

**Universidad de Costa Rica**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Ingeniería de Biosistemas**

**“Análisis y diseño hidráulico para la conducción y el suministro de agua potable en la  
comunidad de El Manzano, Jericó de Desamparados”**

**Trabajo Final de Graduación presentado ante la Escuela de Ingeniería de Biosistemas**

**como requisito para optar por el grado de:**

**Licenciatura en Ingeniería Agrícola y de Biosistemas**

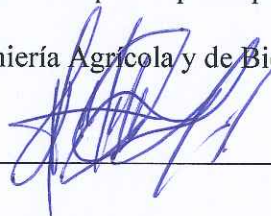
**Ricardo Valverde Jiménez**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Brenes**

**San José, Costa Rica**

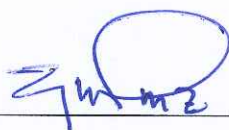
**01 de Julio del 2022.**

Trabajo Final de Graduación sometido a revisión por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Ingeniería de Biosistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agrícola y de Biosistemas.



Ricardo Valverde Jiménez

Estudiante



Ing. Gustavo Díaz Gutiérrez, M.A.E

Director de Tesis



Ing. Marco Hernández Arguedas, Lic.

Miembro, Comité Asesor



Ing. Alejandra Rojas González, Ph.D

Miembro, Comité Asesor



Ing. Felipe Calle Apéstegui, Ph.D.

Miembro, Tribunal Examinador



Ing. Marta Montero Calderón, Ph.D.

Presidente, Tribunal Examinador

## **DEDICATORIA**

A mis padres Isidro Valverde y Vera Jiménez

A mi hermana Andrea Valverde Jiménez.

A mi mejor amiga, novia y futura esposa Amanda Carrillo Hidalgo.

A José Carranza que se convirtió en un hermano más.

Porque en todo momento SIEMPRE me han brindado su apoyo para salir adelante.

A mi abuelo Victor Manuel por la ayuda que me dio realizando este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero a Dios y la Virgen María por permitirme gozar de salud en cada paso dado, brindándome la oportunidad de concluir esta etapa de mi vida.

A la Universidad de Costa Rica en especial al personal administrativo y docente de la Escuela de Ingeniería de Biosistemas por la educación que me brindaron y con la que hicieron posible que concluyera mis estudios.

Al profesor Ing. Gustavo Díaz Gutiérrez por brindarme siempre en todo momento la ayuda, los consejos y la motivación para lograr las metas personales a la hora de trabajar en este mundo tan apasionante de la hidráulica del riego agrícola y del agua potable, así como para la consecución de este proyecto.

Al profesor Ing. Marco Hernández Arguedas por la ayuda que siempre y en todo momento me ha brindado, haciendo posible que tenga mayores y mejores conocimientos a la hora de practicar la profesión.

A la profesora Ing. Alejandra Rojas Gonzáles, por brindarnos sus conocimientos en la academia e inculcarnos cada día ser mejores personas y profesionales.

A todos mis amigos hermanos y colegas, pues sien sin ellos este viaje en la Universidad no hubiera sido tan emocionante como lo fue, siempre les estaré agradecido.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE CUADROS .....	x
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	xv
RESUMEN .....	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1    Justificación.....	3
1.1.1    Descripción del problema. ....	3
1.1.2    Importancia. ....	4
1.2    Objetivos. ....	6
1.2.1    Objetivo General.....	6
1.2.2    Objetivos Específicos. ....	6
1.3    Delimitación del problema.....	7
1.3.1    Alcance del problema. ....	7
1.3.2    Limitaciones.....	9
1.4    Metodología. ....	10
1.4.1    Etapa de revisión bibliográfica. ....	10
1.4.2    Etapa de evaluación de condiciones actuales. ....	10
1.4.3    Etapa de obtención de datos para el diseño. ....	11

1.4.4	Etapa de diseño del acueducto.....	12
1.4.5	Etapa de evaluación de costos.....	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....		15
2.1	Generalidades.....	15
2.2	Elementos constitutivos básicos de un acueducto.....	16
2.2.1	Cuerpos de abastecimiento e infraestructura de toma.....	17
2.2.2	Infraestructura para la conducción.....	20
2.2.3	Infraestructura para tratamiento y desinfección del agua.....	33
2.2.4	Tanques para almacenamiento de agua y compensación.....	43
2.2.5	Infraestructura para la red de distribución.....	51
2.3	Proyección de la población.....	58
2.3.1	Métodos de estimación de la población futura.....	59
2.4	Análisis financiero de un proyecto.....	62
CAPÍTULO 3. ZONA DE ESTUDIO.....		66
3.1	Ubicación geográfica.....	66
3.2	Clima.....	67
3.3	Topografía.....	69
3.4	Tipos de suelos, hidrogeología y zonas de riesgo.....	71
3.5	Características sociales y económicas.....	74
3.6	Descripción estado actual del acueducto.....	75
3.6.1	Obra de tomas de captación.....	75
3.6.2	Obras de tratamiento y purificación.....	77
3.6.3	Obras de almacenamiento.....	78

3.6.4	Red de conducción y distribución.....	79
3.6.5	Calidad del agua.....	82
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....		85
4.1	Parámetros de diseño.....	85
4.1.1	Levantamiento topográfico .....	85
4.1.2	Población de diseño .....	89
4.1.3	Capacidad de producción de agua en las nacientes .....	97
4.1.4	Estimación de la demanda y la dotación.....	99
4.2	Diseño hidráulico .....	105
4.2.1	Sistema de obras de captación. ....	105
4.2.2	Sistema de potabilización del agua.....	106
4.2.3	Sistema para el almacenamiento del agua. ....	108
4.2.4	Análisis del sistema tubería de conducción. ....	112
4.2.5	Análisis de la red de distribución del agua. ....	115
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS FINANCIERO DEL ACUEDUCTO DE EL MANZANO ....		164
5.1	Costos de los materiales y a la instalación del Acueducto.....	164
5.2	Costos asociados al mantenimiento en el tiempo del Acueducto. ....	170
5.3	Ingresos económicos por cobro de tarifas por servicio de agua potable.....	172
5.4	Análisis del Flujo de Efectivo del proyecto. ....	174
5.4.1	Flujo del efectivo para propuestas de diseño con material de tubería PVC. ....	175
5.4.2	Flujo de efectivo para las propuestas de diseño con material de tubería PEAD (PE4710). ....	178
CONCLUSIONES .....		185

RECOMENDACIONES.....	187
REFERENCIAS.....	189
ANEXOS .....	194



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-1.</b> Afloración superficial de un manantial. Tomado de [5].	18
<b>Figura 2-2.</b> Infraestructura utilizada para la captación de agua mediante afloración de un manantial. Tomado de [5].	19
<b>Figura 2-3.</b> Diseño de obra de conducción para evitar sobrepresiones. Tomado de [4].	21
<b>Figura 2-4.</b> Condición de requerimiento de bombeo para transporte de agua. Tomado de [4].	22
<b>Figura 2-5.</b> Condición de tubería con formación de sifón en un tramo. Tomado de [4].	23
<b>Figura 2-6.</b> Diseño de obra ideal de conducción, o conducción forzada. Tomado de [4].	24
<b>Figura 2-7.</b> Ejemplo de curva unitaria de consumo de agua para una población. Tomado de [20].	44
<b>Figura 2-8.</b> Ejemplo de curva integral o de masa para una población. Tomado de [4].	45
<b>Figura 2-9.</b> Curva integral o de masa de tanque regulador con suministro por gravedad. Tomado de [4]. Modificado por el autor, 2020.	46
<b>Figura 2-10.</b> Ejemplo de una red abierta o ramificada. Tomada de [24].	57
<b>Figura 2-11.</b> Línea o conducto de distribución que da servicio. Tomado de [7].	58
<b>Figura 3-1.</b> Ubicación geográfica de la comunidad de El Manzano.	66
<b>Figura 3-2.</b> Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Tomado de [30].	67
<b>Figura 3-3.</b> Distribución de las elevaciones en la comunidad de El Manzano, en msnm.	69
<b>Figura 3-4.</b> Camino y sector del Río Jericó, por el cual debe atravesar un tramo de la tubería principal.	70
<b>Figura 3-5.</b> Órdenes de suelo presentes en el cantón de Desamparados.	71
<b>Figura 3-6.</b> Subórdenes de suelo presentes en el cantón de Desamparados.	72
<b>Figura 3-7.</b> Hidrología que presenta el cantón de Desamparados.	73
<b>Figura 3-8.</b> Mapa de zonas con posible riesgo en las cercanías de la comunidad de El Manzano.	74
<b>Figura 3-9.</b> Tomas de captación de agua, implementadas a la actualidad por la comunidad de El Manzano.	77

<b>Figura 3-10.</b> Tanques para almacenamiento de agua, implementados por la comunidad de El Manzano.....	79
<b>Figura 3-11.</b> Manifold y líneas para la distribución del agua, implementados por la comunidad de El Manzano. ....	80
<b>Figura 3-12.</b> Esquema actual del funcionamiento actual del sistema de distribución de agua en la comunidad de El Manzano.....	81
<b>Figura 4-1.</b> Casas por fuera del área de influencia del acueducto de El Manzano, durante el año 2010.....	91
<b>Figura 4-2.</b> Distribución de las pendientes que presenta la comunidad de El Manzano .....	94
<b>Figura 4-3.</b> Esquema básico de un equipo dosificador de hipoclorito de sodio. ....	108
<b>Figura 4-4.</b> Niveles de altura del agua a lo interior de los tanques de almacenamiento de regulación de la demanda y de reserva por interrupciones.....	110
<b>Figura 4-5.</b> Perfiles de energía y de la tubería de la conducción del acueducto.....	115
<b>Figura 4-6.</b> Calibración del patrón de consumo diario característico de un acueducto sin instrumentos de medición, para el acueducto de El Manzano de las 0:00 a las 24:00 horas. ....	119
<b>Figura 4-7.</b> Coeficientes utilizados para hacer la calibración del patrón de consumo de agua para la modelación en EPANET 2.0 del acueducto de El Manzano.....	120
<b>Figura 4-8.</b> Variables de trabajo del entorno EPANET.....	120
<b>Figura 4-9.</b> Ubicación propuesta para la instalación de la tubería de distribución del acueducto de El Manzano.....	122
<b>Figura 4-10.</b> Caudal en las tuberías del Acueducto a las 0:00 horas.....	123
<b>Figura 4-11.</b> Caudal en las tuberías del Acueducto a las 10:00 horas.....	124
<b>Figura 4-12.</b> Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 0:00 horas.....	125
<b>Figura 4-13.</b> Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 10:00 horas.....	126
<b>Figura 4-14.</b> Presión en los nodos del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 0:00 horas.....	127

<b>Figura 4-15.</b> Presión en los nodos del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 10:00 horas. ....	128
<b>Figura 4-16.</b> Concentración de cloro en mg/l a lo largo de las tuberías del Acueducto. ....	129
<b>Figura 4-17.</b> Presión y velocidad para máxima población en el Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 10:00 horas. ....	131
<b>Figura 4-18.</b> Válvula GAER de compuerta, sugerida para ser implementada en el Acueducto. ....	158
<b>Figura 4-19.</b> Válvula reductora de presión S100. Fuente de datos Dorot, 2022.....	159
<b>Figura 4-20.</b> Datos de disminución de presión con y sin cavitación en la válvula S100 de Dorot. Fuente de datos Dorot, 2022.....	160
<b>Figura 4-21.</b> Sugerencia para la ubicación de válvulas de aire.....	161

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2-1.</b> Materiales utilizados para la construcción de tuberías. Tomado de [6].	25
<b>Cuadro 2-2.</b> Parámetros de control de calidad del agua, nivel de control N1. Adaptado de [18].	40
<b>Cuadro 2-3.</b> Parámetros de control de calidad del agua, nivel de control N2. Adaptado de [18].	41
<b>Cuadro 2-4.</b> Parámetros de control de calidad del agua, nivel de control N3. Adaptado de [18].	42
<b>Cuadro 3-1.</b> Resumen sinóptico-climático de la subregión VC2 del Valle Central. Obtenido de [30].	68
<b>Cuadro 3-2.</b> Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la Naciente Mayor Producción.	82
<b>Cuadro 3-3.</b> Resultados de los parámetros microbiológicos de la Naciente Mayor Producción.	83
<b>Cuadro 3-4.</b> Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la Naciente Menor Producción.	83
<b>Cuadro 3-5.</b> Resultados de los parámetros microbiológicos de la Naciente Menor Producción.	84
<b>Cuadro 4-1.</b> Puntos levantados a lo largo de los trayectos propuestos para instalar la tubería del Acueducto.	88
<b>Cuadro 4-2.</b> Censo de la población de El Manzano, por rango de edades.	89
<b>Cuadro 4-3.</b> Datos de censos de población, realizados por el INEC en la comunidad El Manzano. Fuente: INEC.	90
<b>Cuadro 4-4.</b> Resultados de proyección de población por el método de Proyección Aritmética.	92
<b>Cuadro 4-5.</b> Resultados de proyección de población por el método de Proyección Geométrica o Interés Compuesto.	92

<b>Cuadro 4-6.</b> Cantidad de personas posibles que se podrían sumar a la población actual en la comunidad de El Manzano al llegar al punto de saturación, distribuidas por sectores. ....	95
<b>Cuadro 4-7.</b> Resultados de proyección de población por el método de Proyección Logística. ....	96
<b>Cuadro 4-8.</b> Promedio de población futura de El Manzano, obtenida por tres métodos matemáticos diferentes. ....	96
<b>Cuadro 4-9.</b> Servicios no domiciliarios bajo consumo de agua del acueducto de El Manzano. ....	99
<b>Cuadro 4-10.</b> Valor de servicios equivalentes según el tipo de actividad, para conocer el consumo de agua por parte de servicios no habitacionales. ....	100
<b>Cuadro 4-11.</b> Unidades de servicios habitacionales equivalentes, producto de servicios no habitacionales.....	101
<b>Cuadro 4-12.</b> Cantidad de personas por abastecer en la comunidad de El Manzano, contemplando servicios habitacionales y no habitacionales, en la actualidad.....	102
<b>Cuadro 4-13.</b> Caudal promedio diario requerido para el acueducto de El Manzano al año 2050. ....	103
<b>Cuadro 4-14.</b> Resultados de caudal promedio diario y horario, para el acueducto de El Manzano.....	104
<b>Cuadro 4-15.</b> Capacidad volumétrica por cubrir por el tanque de almacenamiento para regulación de la demanda por parte de la población de El Manzano. ....	109
<b>Cuadro 4-16.</b> Capacidad de almacenamiento de agua a ser cubierta por los tanques del acueducto de El Manzano, por caso de interrupciones.....	110
<b>Cuadro 4-17.</b> Cantidad de tanques de almacenamiento de agua a usar en el acueducto de El Manzano.....	112
<b>Cuadro 4-18.</b> Resultados obtenidos del análisis hidráulico para la tubería de conducción. ....	113
<b>Cuadro 4-19.</b> Resumen de los resultados obtenidos de presión y velocidad para las cuatro propuestas de diseño, mediante Hazen-Williams. ....	130

<b>Cuadro 4-20.</b> Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle Servidumbre.....	133
<b>Cuadro 4-21.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 0:00 horas.....	134
<b>Cuadro 4-22.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 10:00 horas.....	134
<b>Cuadro 4-23.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 0:00 horas. ....	135
<b>Cuadro 4-24.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 10:00 horas. ....	135
<b>Cuadro 4-25.</b> Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle Pública. ....	137
<b>Cuadro 4-26.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector la Calle Pública, a las 0:00 horas. ....	138
<b>Cuadro 4-27.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector la Calle Pública, a las 10:00 horas. ....	138
<b>Cuadro 4-28.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Pública, a las 0:00 horas.....	139
<b>Cuadro 4-29.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Pública, a las 10:00 horas.....	140
<b>Cuadro 4-30.</b> Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle El Hoyo.....	143
<b>Cuadro 4-31.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 0:00 horas. ....	143
<b>Cuadro 4-32.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 10:00 horas. ....	144
<b>Cuadro 4-33.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 0:00 horas.....	144

<b>Cuadro 4-34.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 10:00 horas.....	145
<b>Cuadro 4-35.</b> Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle La Escuela. ....	146
<b>Cuadro 4-36.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 0:00 horas.....	147
<b>Cuadro 4-37.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 10:00 horas.....	147
<b>Cuadro 4-38.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 0:00 horas. ....	148
<b>Cuadro 4-39.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 10:00 horas. ....	149
<b>Cuadro 4-40.</b> Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya. ....	151
<b>Cuadro 4-41.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 0:00 horas.....	152
<b>Cuadro 4-42.</b> Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 10:00 horas.....	153
<b>Cuadro 4-43.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya, a las 0:00 horas. ....	154
<b>Cuadro 4-44.</b> Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya, a las 10:00 horas. ....	154
<b>Cuadro 4-45.</b> Ubicación de las válvulas tipo compuerta con función de corte o purga en el Acueducto. ....	157
<b>Cuadro 4-46.</b> Ubicación de las válvulas reductoras de presión en las tuberías del Acueducto. ....	160
<b>Cuadro 4-47.</b> Estaciones a lo largo de las tuberías de los diferentes sectores en las que se recomienda colocar válvulas de aire tipo combinadas.....	162

<b>Cuadro 5-1.</b> Lista y precio de los posibles materiales a utilizar en la construcción del acueducto de El Manzano. ....	165
<b>Cuadro 5-2.</b> Precio final de la tubería de acuerdo con la propuesta de diámetro de diseño. ....	166
<b>Cuadro 5-3.</b> Precios de los accesorios hidráulicos a instalar en el acueducto de El Manzano. ....	166
<b>Cuadro 5-4.</b> Costo por metro lineal para la instalación de tubería con DN de 75 mm de acuerdo con datos del AyA para el año 2010. Tomado de [36]. ....	167
<b>Cuadro 5-5.</b> Costos finales por concepto de instalación de la tubería para el Acueducto de El Manzano, a fecha del 2022. ....	168
<b>Cuadro 5-6.</b> Costo de termofusión del PE4710. ....	168
<b>Cuadro 5-7.</b> Costos de materiales y construcción de las losas de concreto y malla tipo ciclón para la colocación y el resguardo de los tanques de almacenamiento. ....	169
<b>Cuadro 5-8.</b> Costos por concepto de imprevistos para cada una de las cuatro propuestas de diseño hidráulico. ....	170
<b>Cuadro 5-9.</b> Costos de salario y cargas sociales anualizadas para un fontanero contemplando una inflación de un 2%. ....	171
<b>Cuadro 5-10.</b> Costos anualizados por concepto de cloración del agua con una inflación del 2%. ....	171
<b>Cuadro 5-11.</b> Servicios totales por año que estarán demandando agua del Acueducto. ...	173
<b>Cuadro 5-12.</b> Ingresos anuales debido a los cobros de las tarifas por servicio de agua potable en el Acueducto. ....	174



## **ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS**

$\mu\text{S/cm}$ : Micro siemens por centímetro.

ASADA: Asociación administradora de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

CNE: Comisión Nacional de Emergencias.

hmáx: carga máxima (mca)

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

m: metro.

$\text{m}^3/\text{h}$ : metros cúbicos por hora.

$\text{m}^3$ : metro cúbico.

mca: metros de columna de agua.

mm: milímetro.

msnm: metros sobre el nivel del mar.

NIF: Normas Internacionales Financieras.

ONU: Organización de las Naciones Unidad.

PEAD: Polietileno de alta densidad.

PVC: Policloruro de vinilo.

QMD: Caudal Máximo Diario.

QMH: Caudal Máximo Horario.

QPD: Caudal Promedio Diario.

Re: número de Reynolds (adimensional).

RTK: Real Time Kinematic (Posicionamiento en tiempo real).

STD: Sólidos Totales Disueltos.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

UC: Unidad de cálculo

UGM: Unidades Geoestadísticas Mínimas.

UNT: Unidades nefelométricas de turbiedad.

VAN: Valor Actual Neto.

## **RESUMEN**

La comunidad de El Manzano requiere de la construcción de un acueducto que haga posible el abastecimiento de agua potable para su población, pues a la fecha, éste es inexistente. Por tal motivo, la realización de este proyecto fue llevado a cabo con el objetivo de brindar a la comunidad y al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados una evaluación de las condiciones actuales y previstas a futuro del comportamiento de los recursos hídricos y de la población, con lo cual sea posible llevar a cabo la ejecución del acueducto de forma eficaz y eficiente.

Para llegar a tal propósito fue necesario conocer las variables que atañen al sistema, tales como la topografía del terreno, la capacidad de producción de agua que poseen las nacientes estudiadas, así como la cantidad de servicios actuales por abastecer y los proyectados a futuro. Con respecto al tema del levantamiento topográfico, éste se realizó en su mayor parte a través de rutas nacionales o caminos públicos, dando como resultado que las diferencias de altura entre los puntos de interés son cercanas a los 137 m. Para conocer cuál es el caudal de producción por parte de las nacientes, fueron llevados a cabo estudios de medición del agua a través del método de aforo volumétrico durante un año específicamente entre junio del 2019 y junio del 2020, como resultado se obtuvo que el máximo caudal de producción fue en el mes de octubre con un total de 1,47 l/s, mientras que la menor producción de caudal fue de 0,44 l/s registrada durante el mes de abril. Es importante indicar que el 2019 fue un año seco.

En cuanto a la población, la cantidad de habitantes que hay en el área de interés del proyecto es de 234 personas, esto de acuerdo con un estudio censal de población llevado a cabo durante

el año 2020, y mediante los estudios de crecimiento de poblacional se estima que para el año 2050 puede darse un crecimiento hasta las 341 personas, paralelo a ello se conoció que hay un total equivalente de 32,42 personas por motivo de servicios no domiciliarios, motivo por el cual, la población neta a satisfacer para el 2050 es de 373 personas. A partir de los resultados de población y la dotación de 200 litros/persona/día para las zonas rurales, se determinó un caudal de diseño de 2,33 l/s, correlacionado a ello se concluyó que las nacientes estudiadas no tienen la capacidad de abastecer la demanda hídrica, motivo por el cual se requiere del aporte de una fuente de agua externa.

Obtenidos los datos de la topografía del planiperfil de la tubería, así como los de la demanda de agua de los servicios a satisfacer, se trabajó con el software EPANET 2.0 para realizar la simulación hidráulica y el respectivo análisis para cuatro propuestas diferentes de diseño, variando entre ellas el material de la tubería a utilizar (PVC o PEAD), así como sus diámetros (diámetros sugeridos y diámetros indicados por la Norma del AyA).

Con esta información se realizó un análisis hidráulico y se obtuvo como resultado que es posible implementar el funcionamiento del Acueducto a través de la energía gravitacional, mientras que desde el punto de vista financiero, la propuesta más eficiente para la construcción del Acueducto es implementar material de tubería de PEAD con los diámetros sugeridos, ya que ésta es la que requiere de la menor inversión económica al año cero, además, al comparar con una tasa de descuento del 8,5 % para cada una de las propuestas, ésta fue la que obtuvo un mayor valor de la VAN (C\$ 619 704,27), durante el período del estudio financiero.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Justificación.**

#### **1.1.1 Descripción del problema.**

El pueblo de El Manzano, desde su fundación no cuenta con un adecuado sistema de distribución de agua potable, por tal motivo, sus habitantes constantemente tienen problemas con el suministro del líquido hacia sus hogares, esto dificulta la realización de las labores diarias de cada uno. El transporte del agua se realiza a través de mangueras de poliducto (Polietileno de Baja Densidad con material reciclado), las cuales se ubican a lo largo de las propiedades privadas de los pobladores. Además, no existe, un orden o criterio de diseño hidráulico, ello conlleva a considerables pérdidas del agua debido a los problemas que se desencadenan a lo largo de las líneas de distribución, tales como las fugas ocasionadas por los cortes en las mangueras, situación que provoca la alteración de los suelos producto de los constantes goteos de las mangueras, a ello se le debe sumar el uso desmedido del líquido , por cuanto no se cuenta con un sistema de cierre o regulación del agua (hidrómetro). Otro problema que se suma son los taponamientos ocasionados por la acumulación de sedimentos o del aire a lo interno de las líneas (mangueras), ocasionando la irritabilidad y el malestar de los vecinos.

Por su parte, otro de los principales agravantes de no contar con un acueducto en la comunidad, es la falta de respuesta ante incendios, producto de la escasez de hidrantes y tanques de almacenamiento, situación que a través de los años ha generado gran dificultad al cuerpo de bomberos combatir ante un incendio, en respuesta de que las unidades deben

desplazarse alrededor de tres kilómetros para recargar los camiones cisterna, perdiendo tiempo vital para el combate de la emergencia. Como consecuencia de lo anterior en el período 2015 – 2018 tres familias perdieron su hogar a causa del fuego.

La problemática anteriormente descrita, requiere la puesta en marcha de un sistema de almacenamiento y conducción de agua potable para la comunidad de El Manzano, por tal motivo se propone el diseño hidráulico realizado en el presente trabajo, acompañado de su respectivo análisis financiero, teniendo como finalidad permitirle a los habitantes de la localidad, un suministro de agua adecuado y permanente, que reduzca los problemas que en la actualidad se presentan, y paralelo a ello propiciar un crecimiento social y económico.

### **1.1.2 Importancia.**

La necesidad de la comunidad de El Manzano de tener un sistema de almacenamiento y transporte de agua potable, acorde a los parámetros establecidos por la legislación actual de Costa Rica, es lo que genera el desarrollo de este proyecto, en el cual se busca mitigar el impacto negativo que a la actualidad se presenta. El presente trabajo permitirá tanto a la población y a las instituciones públicas como el AyA conocer cuáles son las condiciones actuales y futuras en las que opera y deberá operar el sistema para que sea garante de abastecer con agua potable a la población hasta el año 2050.

La construcción de un acueducto, con todos los estándares solicitados por parte de las diferentes instituciones a cargo del tema, requiere una importante inversión de recursos económicos, por lo que el diseño para el acueducto va en función de disminuir al máximo los

costos del proyecto, pero sin que sea sacrificado la funcionalidad de éste, con lo que no se afecte ni su eficacia ni su eficiencia.

Con el proyecto se pretende fomentar el crecimiento social y económico de la comunidad, a través del servicio ininterrumpido del agua potable en cualquier instante de tiempo.

## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo General.**

Realizar el diseño hidráulico, del acueducto de agua potable de la comunidad de El Manzano, ubicada en Jericó, San Miguel de Desamparados, de acuerdo con las condiciones y recursos con los que se cuenta en dicho lugar.

### **1.2.2 Objetivos Específicos.**

1. Realizar utilizando topografía, el levantamiento del planiperfil del trazado de la red de conducción y/o distribución, del acueducto de la comunidad de El Manzano.
2. Determinar el caudal disponible del acuífero que dotará de agua a la comunidad de El Manzano, mediante aforos a partir del método volumétrico.
3. Determinar la dotación de agua de consumo necesaria que debe entregar la fuente disponible, en función del crecimiento poblacional estimado de la comunidad de El Manzano.
4. Realizar el diseño hidráulico del sistema de conducción y/o distribución del acueducto mediante software computarizado, utilizando dos materiales de tubería diferentes: Cloruro de Polivinilo (PVC) y Polietileno de Alta Densidad (PEAD).
5. Analizar la viabilidad financiera de la construcción del acueducto de las propuestas del diseño hidráulico para la conducción y el suministro de agua potable con tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) y para la tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).



### **1.3 Delimitación del problema.**

#### **1.3.1 Alcance del problema.**

El éxito de un proyecto depende de tener bien definidas las condiciones en las cuáles se debe trabajar, por lo que a continuación se indican las coberturas tanto físicas y de tiempo, que regirán para evaluar las condiciones de diseño del acueducto de la comunidad de El Manzano.

#### **Geográficas.**

Se establece como beneficiario del sistema a la comunidad de El Manzano, razón por la cual, únicamente se determina la demanda de agua potable para consumo humano requerida por dicha población.

Por las condiciones de topografía presentes en el área de interés, se propone un sistema de abastecimiento por gravedad, por lo tanto, los puntos de elevación con mayor relevancia son: las tomas de agua, la primera ubicada en los puntos 493373,52 latitud y 1085344,65 longitud, la segunda se ubica en las coordenadas 493359,83 latitud y 1085367,85 longitud, el tercer punto con la mayor elevación es el área dispuesta para el almacenamiento del agua, ubicado en 493355,53 latitud, y 1085346,36 longitud, mientras que el punto de menor altura es un nodo final de servicio, el mismo se ubica en 492678,87 latitud y 1084959,03 longitud.

Todas las coordenadas anteriores tienen la proyección oficial de Costa Rica; CRTM05.

#### **Temporales.**

El período establecido para el estudio del consumo de agua potable en la comunidad de El Manzano es de 27 años, iniciando en el 2023 y finalizando en el 2050. Mismo lapso rige para

que el acueducto esté en funcionamiento bajo condiciones óptimas. El estudio para estimar el crecimiento de población se realiza a partir de datos de los censos de 2000 y 2011, realizados y suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), así como un censo propio realizado en la comunidad durante el año 2020.

El análisis financiero tiene un período de estudio a lo largo de 15 años teniendo el 2022 como año cero y el 2037 como año final.

### **Propias.**

El estudio en cuestión se centra en el diseño hidráulico, con el cual se permita conocer y controlar el comportamiento físico que tendrá el agua a través del sistema acueducto.

No se cuenta con un estudio hidrogeológico para la zona de interés, razón por la cual se trabajará con el caudal producido y medido en las nacientes a partir del método de aforo volumétrico en un período de un año (junio 2019 a junio 2020). Se parte del supuesto que las variaciones hidrológicas anuales son mínimas, dando como resultado que la producción de caudal a través de los años se mantendrá constante e igual al medido.

No se realiza estudio de análisis ambiental, por lo que se propone un sistema de desinfección a partir del uso de cloración que permita potabilizar el agua para su consumo, y con ello garantizar el cumplimiento de las normas para la calidad del agua potable, así también como garante de la salud de la población.

### **1.3.2 Limitaciones.**

No se cuenta con datos precisos de la población de El Manzano a lo largo del tiempo. Tal situación imposibilita determinar de forma exacta el cálculo de la demanda de agua potable durante el período de funcionamiento del acueducto. Dentro de las afectaciones causadas por este inconveniente, es la posibilidad de tener menor eficiencia del diseño propuesto para la construcción del proyecto.

Al no tener a disposición un estudio de análisis hidrogeológico correlacionado a un estudio de cambio climático para la zona de abastecimiento, podría suscitarse una menor producción de agua a la establecida como la mínima, en el período que se realizó el aforo (junio 2019 – junio 2020), de presentarse esta situación se debe hacer una revaloración del diseño, con el que se permita asegurar la demanda de agua por parte de la población.

No se realiza un estudio riesgos in situ que permita valorar las condiciones que presentan los terrenos o caminos sobre los cuales se van a colocar las tuberías, para ello se decide trabajar con los estudios de evaluaciones de riesgo a nivel del cantón de Desamparados, obtenidos por parte de la Comisión Nacional de Emergencias.

No se cuenta con la información oficial y legal de quienes son las personas propietarias de los terrenos en los cuales se encuentran ubicadas las nacientes estudiadas, así como el del terreno propuesto para colocar los tanques de almacenamiento, contiguo a dichas nacientes.

## **1.4 Metodología.**

### **1.4.1 Etapa de revisión bibliográfica.**

Desarrollar un acueducto para agua potable implica el conocimiento y evaluación de las normas técnicas de diseño hidráulico, paralelo a ello se deben tener claro cuáles son los alcances permitidos por la legislación vigente en la zona del proyecto, por tal motivo se recopiló toda la información necesaria con el afán de hacer posible el cumplimiento de los criterios y normas establecidos. Así las cosas, se tuvo en cuenta la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial del año 2017. También se hizo revisión de los catálogos que tienen los fabricantes de tuberías con materiales de PVC y PEAD, así como de los diferentes accesorios hidráulicos requeridos por parte de un acueducto, con el objetivo de ver las condiciones de funcionamiento en las que cada uno de ellos puede trabajar.

Además, se contempló la revisión de proyectos afines al tema de diseño y construcción de acueductos, con la finalidad de analizar los datos y/o experiencias que pudieran ser tomadas como referencia para desarrollar de mejor manera el diseño del acueducto de la comunidad de El Manzano.

### **1.4.2 Etapa de evaluación de condiciones actuales.**

Esta etapa consistió en conocer el estado actual de la infraestructura del acueducto que abastece a la comunidad de El Manzano, en los recorridos por la zona de interés se hicieron visitas a cada componente del sistema, tales como nacientes, tomas de captación, tanque de almacenamiento, tubería, y accesorios, mediante la observación se procedió a dictaminar sus

características y capacidades de funcionamiento actuales paralelo a ello, se realizó una evaluación de las características propias de la zona en cuestión, como lo es la topografía, a través de la creación de modelos de elevación digital (DEM), así como mapas de las pendientes de los terrenos.

Con respecto a las características climáticas estas fueron obtenidas a través de los datos públicos del Instituto Meteorológico Nacional, paralelo a ello para tener con mayor exactitud el comportamiento de las precipitaciones en la Zona, se tuvo acceso a Google Earth Engine gracias a la plataforma de Climate Engine con el objetivo de realizar la descarga de los datos históricos de precipitación para posteriormente ser procesados con el programa Microsoft Excel.

#### **1.4.3 Etapa de obtención de datos para el diseño.**

La Escuela de Ingeniería Topográfica de la Universidad de Costa Rica facilitó tanto el personal como el equipo que permitió la realización del levantamiento topográfico del posible trazado del acueducto, tales como: tomas de captación, tanques de almacenamiento y sistema de potabilización, paralelo a ello se llevó a cabo el levantamiento del planiperfil para el alineamiento de la tubería, los equipos utilizados para estas actividades fueron la Estación Total marca Sokkia con el modelo SET650X, y la estación RTK marca TRIMBLE, esta última para georreferenciar el área de trabajo.

La estimación de la producción de agua de las nacientes propuestas en este trabajo para satisfacer la demanda de la población se determinó a partir del método del aforo volumétrico, durante el período de un año, de junio del 2019 a junio del 2020. El método consistió en

muestrear el caudal en tres días diferentes por cada mes, con una separación aproximada de 8 días entre cada visita de registro. Las visitas de registro consistieron en realizar cinco mediciones en cada uno de los puntos de afloramiento del manantial (nacientes).

Con cada una de las mediciones se obtuvo el tiempo necesario para llenar un recipiente de 8 litros en cada una de las nacientes. Los datos obtenidos de los dos puntos de muestreo (nacientes) fueron sumados para obtener el caudal total producido.

La estimación del caudal demandado por parte de la población se estableció a partir de las dotaciones establecidas por el AyA para los casos de consumo en zona rural, siendo el valor de dotación bruta por persona de 200 litros por persona al día, además se agregó un 25 % de ANC por concepto de pérdidas físicas.

Para determinar el crecimiento poblacional, se realizó un estudio de población durante el año 2020, a través de un censo de elaboración propia para la comunidad de El Manzano, paralelamente se solicitó al INEC la información de los censos realizados en los años 2000 y 2011 de la UGM en cuestión, vía comunicación directa con la Institución a través de la dirección de correo electrónico “[informacion@inec.go.cr](mailto:informacion@inec.go.cr)”. Con los datos obtenidos de los censos, se procedió a realizar el cálculo de la proyección de población a través de los siguientes métodos: Proyección Aritmética, Proyección Geométrica y Proyección Logística.

#### **1.4.4 Etapa de diseño del acueducto.**

Una vez obtenidos los datos de las etapas anteriormente descritas, se procedió a realizar el diseño hidráulico del acueducto. Los puntos levantados con los equipos topográficos fueron

ingresados al software AutoCAD-Civil 3D, con el objetivo de realizar el plano con la mejor ubicación posible para cada una de las tuberías, de esta forma conociendo con detalle cuál es la longitud y las elevaciones que éstas tendrían a lo largo del sistema acueducto.

Posterior a ello habiendo detallado el plano en el AutoCAD, se utilizó el software EPANET 2.0 vE, para realizar la simulación hidráulica del comportamiento del agua en el acueducto, permitiendo de esta forma validar o conocer donde hacer ajustes en el diseño para garantizar su eficiencia.

Finalmente, se plantearon cuatro propuestas de diseños de prueba, siendo los siguientes: la primera con PVC y la segunda con PEAD con diámetros menores a los indicados por la normativa de Acueductos y Alcantarillados, mientras que la tercera y la cuarta haciendo uso de tubería PVC y tubería PEAD con los diámetros indicados por la misma normativa.

La simulación de cada una de estas propuestas se hizo en el EPANET 2.0, mismas que pretendían buscar el control del caudal, así como de las presiones, y velocidades del agua como resultado del uso de los tipos de tuberías, tanques de almacenamiento, válvulas y demás accesorios.

En dicho análisis, se tuvo como objetivo ser eficiente en la escogencia de cada uno de los productos (accesorios hidráulicos) a utilizar, con el propósito de que la inversión económica a realizar al momento de la construcción del acueducto sea lo más baja posible sin afectar el adecuado funcionamiento de éste.

#### **1.4.5 Etapa de evaluación de costos.**

Al tener el diseño final de cada una de las propuestas, se procedió a cuantificar los costos de inversión que cada una de ellas demandarían al año cero y los costos relacionados al uso y mantenimiento del sistema en el tiempo.

Los precios de los materiales por utilizar en cada propuesta fueron suministrados por la empresa Regulación y Manejo de Fluidos S.A, mientras que los costos de mano de obra para la instalación de los equipos y/o accesorios hidráulicos fueron obtenidos gracias a los datos históricos del AyA del año 2010, al tener éstos su valor en dólares fueron traídos a valor presente al aplicarse la tasa promedio de inflación entre los años 2010 y 2022, posteriormente fueron convertidos a colones del 2022 utilizando un tipo de cambio de 690 colones por cada dólar a junio del 2022.

Se estableció un período de análisis financiero de 15 años comprendido entre el año 2023 y el año 2037 teniendo como año cero el 2022. Para cada propuesta en análisis se realizó un flujo de caja neto y un flujo de caja acumulado con el objetivo de conocer a través del uso de las metodologías financieras de la VAN y la TIR cuál de las cuatro propuestas de diseño es la más viable desde el punto de vista financiero. Para las cuatro propuestas se utilizó una tasa de descuento de 8,5%, este monto corresponde al valor de la tasa de interés promedio que se cobraba en la Banca para el Desarrollo en junio de 2022.

Es importante indicar que al trabajar tanto con accesorios y/o equipos hidráulicos, así como mano de obra los presupuestos fueron determinados a base de costos unitarios.



## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Generalidades**

La vida de cualquier persona está en correlacionada con el acceso al agua potable, en respuesta a ello los estados miembros de las Naciones Unidas (ONU), establecieron: “todas las personas tienen derecho a acceder al agua potable en las cantidades necesarias y con la calidad adecuada para cubrir sus necesidades básicas” [1]. Así mismo Costa Rica presentó una reforma al Artículo 50 de la Constitución Política, estableciendo que “Toda persona tiene el derecho humano, básico e irrenunciable de acceso al agua potable, como bien esencial para la vida. El agua es un bien de la Nación, indispensable para proteger tal derecho humano. Su uso, protección, sostenibilidad, conservación y explotación se regirá por lo que establezca la ley que se creará para estos efectos, y tendrá prioridad el abastecimiento de agua potable para consumo de las personas y las poblaciones” [2].

Costa Rica como Estado independiente, ha velado por dar acceso a los habitantes de un recurso hídrico de alta calidad tanto para uso agroindustrial como para consumo humano, siendo para esta última labor, que se dio la creación del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), cuya misión es: “asegurar el acceso universal al agua potable y al saneamiento de forma comprometida con la salud, la sostenibilidad del recurso hídrico y el desarrollo económico y social del país” [3].

El acceso al agua potable no debe tener preferencia social o económica alguna, como así lo dice López. R, “Cualquier población, por pequeña que ésta sea, debería contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillado, si se espera de ella un desarrollo social y

económico y, ante todo, la reducción de las altas tasas de morbilidad y mortalidad en especial de la población infantil” [4].

Hacer efectiva la entrega del recurso hídrico a una población determinada, requiere de sistemas de abastecimiento de agua potable (acueducto), compuesto por los siguientes subsistemas: fuente de agua potable, obra de captación, obras de conducción, tratamiento del agua (potabilización, desinfección), almacenamiento y distribución [4].

En la época antigua, los sistemas utilizados para transportar el agua consistían en llevarla por una superficie libre a la atmósfera; canales, su desuso radica en la dificultad que conlleva su construcción, así como la poca seguridad que brinda en cuanto a un servicio salubre, debido a la fácil exposición a contaminación que tiene, tales características generan el descarte de su uso, pues pone en riesgo a la población que abastece.

Hoy en día el transporte de agua desde una fuente de captación, hacia determinada población, es realizado a partir de sistemas de tuberías a presión, las cuales pueden ser de diferentes materiales: policloruro de vinilo, polietileno de alta densidad, cemento entre otras; entre las cuales, las más utilizadas son las de PVC y PEAD.

## **2.2 Elementos constitutivos básicos de un acueducto.**

Para comprender mejor en que consiste un sistema de conducción de agua potable, se presentará un estudio más detallado de cada una de las etapas y obras que contemplan un acueducto, como el que se debe de realizar en la comunidad de El Manzano.

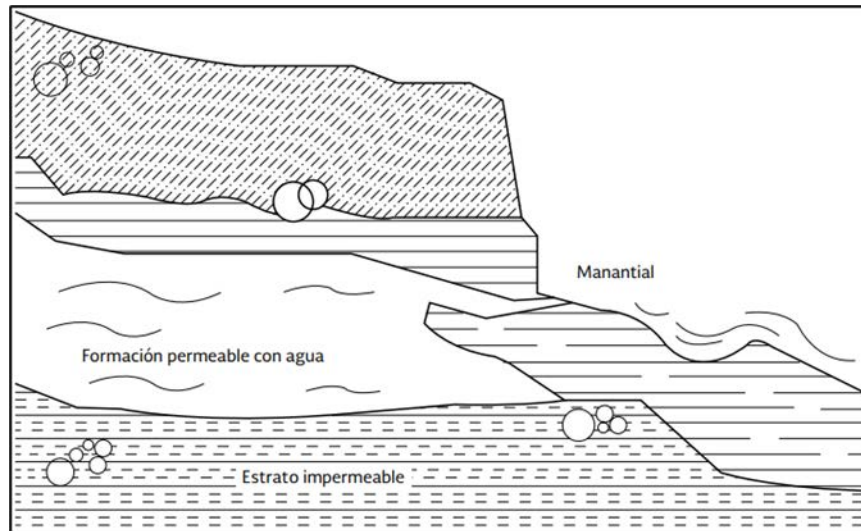
### **2.2.1 Cuerpos de abastecimiento e infraestructura de toma.**

Acorde al origen del agua captada: atmosférica, superficial (ríos, lagos, embalses), subsuperficial y subterránea, se diseña y construyen las obras de toma o captación. Estructuras como los aljibes son utilizados para el almacenamiento de aguas provenientes de lluvias, las aguas superficiales pueden ser transportadas mediante canales hasta llegar a un tanque de acumulación o almacenamiento, así como el uso de tubería instalada en los pozos para la extracción de aguas subterráneas [5].

López R. indica, “la elección del tipo de abastecimiento depende de factores tales como la localización, calidad y cantidad”, así mismo agrega “el tipo de estructura utilizada para la captación del agua depende en primer lugar del tipo de fuente de abastecimiento utilizado. En general en los casos de captación de agua superficial se habla de bocatomas, mientras que la captación de aguas subterráneas se hace por medio de pozos” [4].

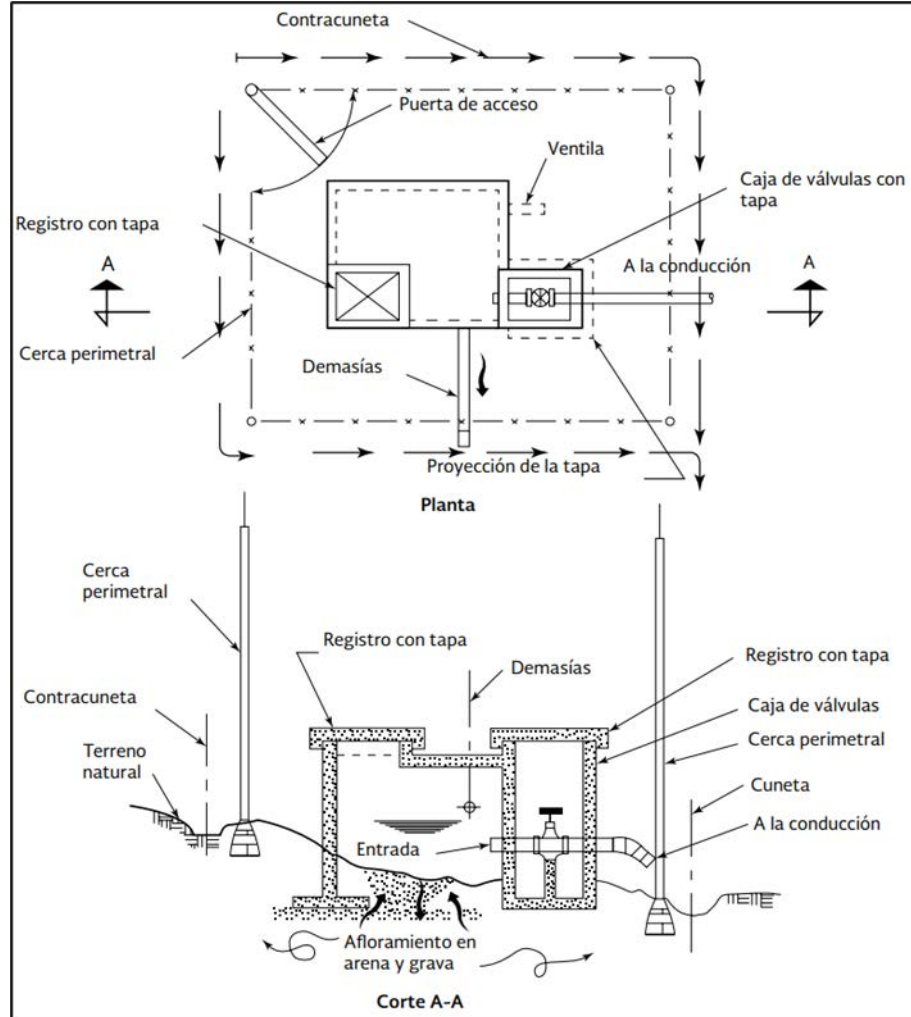
Por características propias de la comunidad de El Manzano el tipo de fuente de abastecimiento a utilizar es mediante la afloración de manantiales, los cuales son el lugar donde el acuífero se manifiesta en la superficie. La Comisión Nacional del Agua de México insta a realizar evaluaciones de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos al agua obtenida de esta manera, antes de ser utilizada para consumo humano, debido a que no siempre la calidad bacteriológica en ella presente, cumpla con los requisitos mínimos de potabilidad, lo anterior es posible ya que en algunos casos el agua procede del estrato de un acuífero ubicado a escasa profundidad, ante ello la limpieza y desinfección del agua no es

llevada a cabo en su totalidad [5]. La **Figura 2-1** muestra como es el afloramiento superficial de un manantial.



**Figura 2-1.** Afloración superficial de un manantial. Tomado de [5].

Como se observa en la **Figura 2-1**, la naturaleza propia del sistema permite que el agua salga hacia la superficie sin necesidad de implementar un dispositivo de elevación como lo es una bomba hidráulica, no obstante, si es requerida la implementación de infraestructura que otorgue protección al manantial, cuyo fin es impedir el ingreso de seres vivos vectores de contaminación, consecuentemente a ello, dicha infraestructura debe permitir la recolección de la máxima cantidad de agua posible, que posteriormente será encausada a través de las tuberías u obras de conducción, hacia el punto del almacenamiento. La **Figura 2-2**, permite visualizar los detalles a diseñar y construir en una captación de agua proveniente de un manantial.



**Figura 2-2.** Infraestructura utilizada para la captación de agua mediante afloración de un manantial. Tomado de [5]

Así las cosas, acorde a las condiciones propias del lugar, es que han de ser tomadas las decisiones con respecto a los materiales por utilizar en la construcción de la obra de toma, con lo que se permita llevar a cabo de forma satisfactoria la ejecución de la infraestructura como la presentada en la **Figura 2-2**.

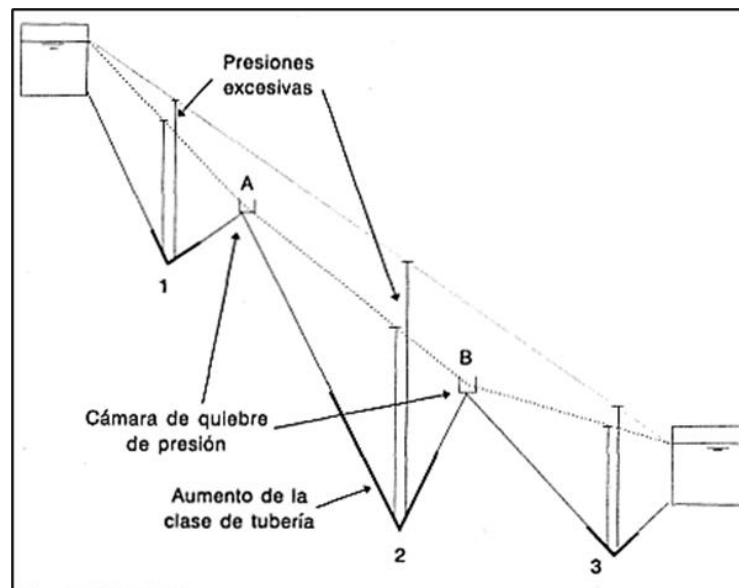
### **2.2.2 Infraestructura para la conducción.**

Se designa conducción, en el diseño de un acueducto, al medio de transporte del caudal máximo diario de la bocatoma al desarenador, de éste al tanque de almacenamiento y posteriormente a la red de distribución [4].

Condiciones de diseño a tener en consideración son: en lo que respecta a la velocidad, deben manejarse velocidades no menores a 0,6 m/s y no mayores a 5,0 m/s [6]. De no cumplir con ello, en el primer caso, podría presentarse la formación de sedimentos, aumentando así la probabilidad de obstrucción de la tubería, mientras que, para el segundo caso, se tiene latencia a la formación de turbulencias y gasificación del agua que posteriormente podrían ocasionar taponamiento en la línea, por lo tal el incumplir dichas consideraciones, aumenta la probabilidad de fallas en la línea de conducción. Por otro lado, la presión es otra de las variables a tener bajo control en el transporte de agua a través de una tubería, ésta debe ser siempre positiva para así evitar la formación de aire; producto de la evaporación del agua a causa de una baja presión, evitar tal fenómeno implica que la tubería de conducción debe estar siempre por debajo de la línea de gradiente hidráulico, también llamada línea piezométrica. Rocha, A., hace la siguiente aclaración: “al hablar de presiones se aclara que estas son presiones relativas. Por lo tanto, presión cero significa presión atmosférica y presión negativa significa presión menor que la atmosférica” [7].

No solo las bajas presiones o presiones negativas generan problemas en las líneas de conducción, las altas presiones también ocasionan problemas, llevando las tuberías a la falla.

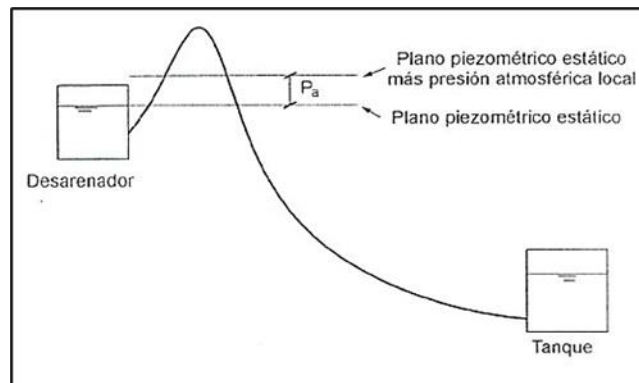
La alta presión se da cuando el desnivel topográfico, existente entre el sitio de partida del flujo y un tramo de la tubería, es capaz de crear presiones superiores a la presión que soportaría una determinada clase de tubería. Tal situación se puede solucionar, rediseñando el trazado de la tubería haciéndola más horizontal, pero ello puede llevar asociado un elevado costo económico por el movimiento de tierras asociado y la respectiva maquinaria que lo ejecute, otra opción es cambiar la clase o cédula de la tubería, que permita tener una mayor resistencia a la falla, como tercera solución construir tanques o cámaras quiebra-gradientes, ya que permiten modificar la línea piezométrica al igualar la presión del sistema a la presión atmosférica local en su punto de construcción, y como cuarta solución, el empleo de válvulas reguladoras de presión en lugar de implementar las cámaras de quiebre de presión, como se observa en la **Figura 2-3**.



**Figura 2-3.** Diseño de obra de conducción para evitar sobrepresiones. Tomado de [4]

Llevar agua de un punto A, hacia un punto B, requiere de una cantidad de energía mínima o necesaria. Los siguientes escenarios pueden presentarse:

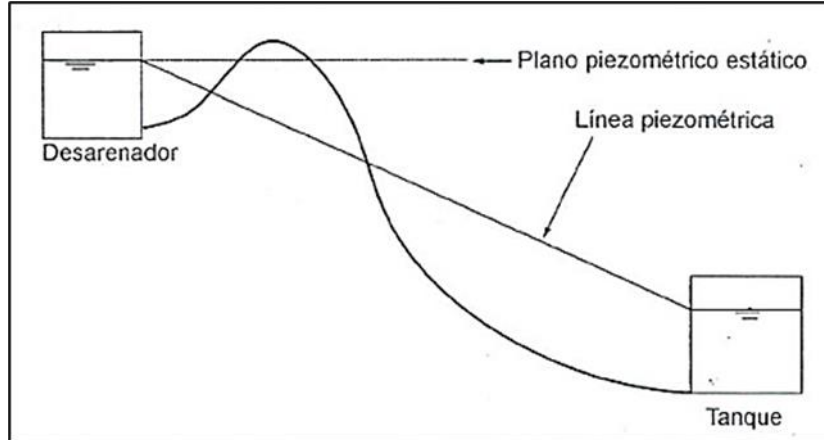
- Si el fluido es transportado partiendo del reposo a través de una tubería colocada sobre un terreno con pendiente positiva (transporte ascendente) es requerido el uso de una bomba hidráulica que permita subir el agua, López, R., indica que el uso de bombeo se lleva a cabo cuando la tubería de conducción está por encima del plano piezométrico estático absoluto “plano piezométrico estático más presión atmosférica local”, ver **Figura 2-4** [4].



**Figura 2-4.** Condición de requerimiento de bombeo para transporte de agua. Tomado de [4]

- Si el fluido líquido tiene la suficiente energía para moverse ascendentemente por la tubería sin requerir bombeo (fluido que inicia ascenso sin partir del reposo), se debe tener cuidado al instalar la tubería por encima de la línea piezométrica, ya que puede presentarse el efecto sifón, ver **Figura 2-5**, por lo cual se tiene la necesidad de instalar equipo para cebar el sifón [4].

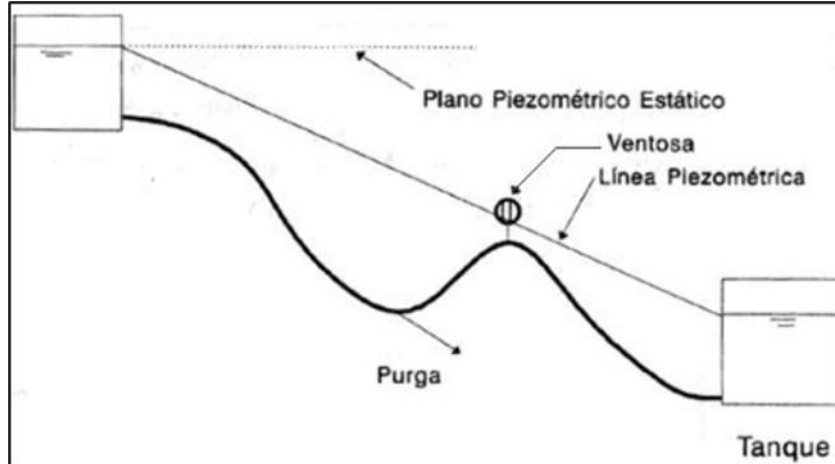




**Figura 2-5.** Condición de tubería con formación de sifón en un tramo. Tomado de [4].

- El fluido es transportado por tubería en sentido descendiente a través de un terreno (pendiente negativa), en este caso la aceleración de la gravedad ejercida sobre la masa de agua es la que hará que el fluido se traslade al punto deseado. La instalación de la tubería por debajo de la línea piezométrica tiene como finalidad evitar la aparición de tramos con presiones negativas., tal situación se muestra en **Figura 2-6**, se recomienda la instalación de válvulas de aire en los tramos altos para la extracción de aire, así como válvulas de purga en las partes bajas para eliminar la acumulación de sedimentos en la línea.

Para lograr condiciones óptimas de instalación de tuberías, es necesario siempre evaluar la zona de construcción, evitando poner en riesgo la infraestructura hidráulica por lo que es de suma importancia hacer el estudio de las áreas con posibilidad de deslizamiento, inundaciones, aquellas con cercanía a líneas de corriente, fallas sísmicas entre otras [8].



**Figura 2-6.** Diseño de obra ideal de conducción, o conducción forzada. Tomado de [4].

### **Componentes de una línea de conducción.**

Por lo general una línea de conducción tiene los siguientes componentes: tuberías, piezas especiales para la unión de las tuberías, válvulas, medios para control de transitorios como válvulas aliviadoras de presión, válvula anticipadora de golpe de ariete, tanque unidireccional, cámara de aire, entre otros.

**Tuberías:** para el transporte de agua potable, se fabrican tuberías de diversos materiales, tales como: acero, fibrocemento, concreto reforzado, cloruro de polivinilo (PVC), hierro dúctil, polietileno de alta densidad (PEAD), poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), entre otros. En el **Cuadro 2-1**, se muestran algunos de los materiales usados y el valor del coeficiente de Hazen-Williams asociado.

**Cuadro 2-1.** Materiales utilizados para la construcción de tuberías. Tomado de [6].

<b>Material</b>	<b>Valor Máximo de C</b>
<b>Polietileno de Alta Densidad (PEAD)</b>	130
<b>Cloruro de Polivinilo (PVC)</b>	130
<b>Concreto</b>	120 - 140
<b>Hierro Galvanizado</b>	120
<b>Hierro dúctil</b>	120
<b>Hierro Fundido (10 años de edad)</b>	107 - 113
<b>Hierro Fundido (20 años de edad)</b>	89 - 100
<b>Hierro Fundido (30 años de edad)</b>	75 - 90
<b>Hierro Fundido (40 años de edad)</b>	64 - 83
<b>Acero</b>	130
<b>Acero rolado</b>	110
<b>Cobre</b>	130 - 140

**Piezas especiales:** dentro de estas se pueden mencionar: juntas, carretes, tees, cruces, codos, reducciones, acoples, cuyas funciones mayoritariamente son el unir los tubos, las necesidades de diseño y construcción, harán que sean implementadas o no. También se tiene los tapones o tapas, las cuales son colocadas al final de los tramos con la finalidad de evitar la salida de flujo [9].

**Válvulas:** son elementos colocados en las tuberías, tienen como finalidad ser un auxiliar que permita dotar de una adecuada operación, mantenimiento y seguridad los sistemas de conducción de fluidos [10], son capaces de aislar o seccionar el flujo del resto del sistema en ciertos tramos de la red. Los principales tipos de válvulas para el control en las líneas de conducción son:

- ***Válvula eliminadora de aire:*** Cumple la función de expulsar el aire que se acumula en la tubería cuando esta se encuentra en operación.
- ***Válvula de admisión y expulsión de aire:*** permite expulsar aire al momento de llenar el conducto, y faculta la entrada de aire al vaciar la tubería, evitando de esta forma la aparición de presiones negativas.
- ***Válvula de no retorno:*** conocida como válvula check, retenedora o de reflujo, ésta permite el flujo únicamente en una dirección.
- ***Válvula de seccionamiento:*** utilizada para permitir o impedir el paso del flujo de agua. En caso de ser usada para reducir el gasto a un valor requerido, se le denomina válvula de control.

**Medios para control de transitorio:** Un flujo se considera transitorio si sus parámetros característicos (presión y velocidad) varían en el tiempo. Hay tres tipos de transitorios hidráulicos: “transitorio muy lento o cuasi-estático” con variaciones muy lentas en períodos de varias horas o días, “transitorio lento u oscilación de masa”, los cambios de las variables no son significativos, ya que su desarrollo tarda períodos de varios minutos a horas, y “transitorio rápido o golpe de ariete”, siendo este generado por cambios bruscos de la velocidad en la tubería producto de maniobras rápidas ligadas al paro repentino de una bomba o el cierre veloz de una válvula, como respuesta a ello se generan cambios fuertes y considerables en la presión [11]. A continuación, se indican medios para el control de estos fenómenos.

- ***Válvula aliviadora de presión:*** dispositivo provisto de un resorte calibrado para abrir una compuerta al momento de que la presión sobrepase un valor determinado.
- ***Válvula anticipadora de golpe de ariete:*** opera con la presión de la línea de conducción, entra en funcionamiento antes de la llegada de la onda de sobrepresión, abre una sección cuando la presión baja hasta un valor preestablecido y evacúa agua a la atmósfera reduciendo el exceso de presión provocado por la onda de sobrepresión.
- ***Tanque unidireccional:*** depósito en contacto con la atmósfera por la parte superior, Para evitar el vaciado del tanque, la elevación de la corona debe ser menor al nivel mínimo del agua en los depósitos conectados a la conducción. Por lo general este tanque se construye sobre una elevación superior a la del terreno natural.
- ***Cámara de aire:*** depósito cerrado normalmente colocado a nivel de la superficie del terreno, en su interior tiene un volumen de agua y otro de aire.

#### **2.2.2.1 Diseño hidráulico de tuberías de conducción.**

Dependiendo de las condiciones propias del sitio (topografía, separación de las fuentes y del tanque de almacenamiento), así como de la cantidad demandada de agua por la población, se procederá a instalar una o más líneas de conducción, esto en caso de tener que incorporar diversas captaciones, ello implica la formación de una red de conducción. Se puede unificar las líneas para reducir costos por material e instalación, pero ello dará lugar a una operación más compleja, por lo que requerirá una revisión con mayor detalle, que permita un óptimo funcionamiento hidráulico [9].

Es fundamental asegurar el control de las presiones en la línea, para así facilitar el flujo de agua a través de la conducción. Para ello se realizan los siguientes cálculos.

### **Cálculo de bajas presiones y sobrepresiones.**

Las presiones negativas en el flujo de agua son posibles hasta un límite, siendo éste igual a la presión absoluta de vapor saturado del agua, por lo que si el valor obtenido es inferior a esa presión el caudal que pasará por la línea será menor al requerido [9].

Conocer la cantidad de presión a la que puede estar sometido un tramo de tubería, es posible a partir de la carga máxima ( $h_{max}$ ) y la topografía que hay entre dos puntos. La pérdida de carga se puede conocer mediante la Ecuación (2-1) de Hazen-Williams.

$$h_f = \frac{10,675 * L}{C^{1,852} * D^{4,87}} * Q^{1,852} \quad (2-1)$$

donde:

- $h_f$  = pérdidas de carga debidas a fricción (metros de columna de agua).
- $L$  = longitud de la tubería (m).
- $C$  = Coeficiente de rugosidad del material de la tubería. Cuadro 1.
- $D$  = diámetro interno de la tubería (m).
- $Q$  = caudal que pasa por la tubería (m<sup>3</sup>/s).

Otra de las ecuaciones utilizadas para conocer la pérdida de carga en un tramo de tubería, es la Ecuación (2-2), de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f * \frac{L * V^2}{D * 2g} \quad (2-2)$$

Donde:

- $f$  = factor de fricción (adimensional).
- $L$  = longitud de la tubería (m).
- $V$  = velocidad del flujo de agua en la tubería (m/s).
- $D$  = diámetro interno de la tubería (m).
- $g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

El factor de fricción  $f$  es determinado experimentalmente, en condiciones de flujo laminar ( $Re < 2000$ ) es función solo del número de Reynolds, mientras que para el flujo turbulento con valores ( $Re > 4000$ ), es también en función de características de la tubería utilizada [12].

Las formas de calcular el factor de fricción son indicadas a continuación.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2-3)$$

La **Ecuación (2-3)**, es utilizada en casos de que el valor del número de Reynolds ( $Re$ ), sea menor a 2000, dicho número es la relación de las fuerzas dinámicas de la masa de fluido, respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad, su cálculo se indica en la **Ecuación (2-4)**.

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu} \quad (2-4)$$

Donde:

- $\rho$  = densidad del flujo ( $kg/m^3$ ).

- $V$  = velocidad de flujo (m/s).
- $D$  = diámetro interno de la tubería (m).
- $\mu$  = viscosidad dinámica del agua ((kg/m) \*s).

Los valores de  $Re$  entre 2000 y 4000 se encuentran en la denominada zona crítica, pudiendo ser laminar, turbulento o de transición, dependiendo de muchas condiciones con posibilidad de variación [12], ante ello se recomienda utilizar la **Ecuación (2-5)** de Colebrook-White, la cual brinda mejores resultados en presencia de flujos turbulentos.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log_{10} \left( \frac{k_s/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right) \quad (2-5)$$

Donde:

- $f$  = factor de fricción (adimensional).
- $k_s$  = rugosidad absoluta (m).
- $D$  = diámetro interno (m).
- $Re$  = número Reynolds (adimensional).

**Golpe de ariete:** según López, R., “se denomina golpe de ariete al efecto de choque violento o sobrepresión súbita producida sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido” [4]. En caso de que la sobrepresión sea mayor a la presión resistida por la tubería, hay posibilidad de falla instantánea, también en el caso de que las sobrepresiones estén cerca del límite de ruptura de la tubería pueden ocasionar daño por fatiga. Evaluar el golpe de ariete se vuelve fundamental en una tubería, dado que es



uno de los indicadores que permite tomar decisiones eficaces en la selección de los componentes de una conducción o red de tuberías. La forma de calcularlo es basada en la velocidad del flujo y el período que tarda la acción de detención del flujo.

La **Ecuación (2-6)**, permite determinar el tiempo necesario que le toma a la onda de presión ir y regresar al punto donde se obstruyó el fluido [8], también llamado Tiempo Crítico, el cual permitirá conocer si el cierre realizado sobre una válvula es lento o es rápido.

$$T_c = \frac{2 * L}{C} \quad (2-6)$$

Donde:

$T_c$  = fase o período de la tubería (s).

L = longitud de la tubería (m).

C = celeridad de la onda (m/s).

En caso de ser un cierre rápido se cumple  $T < (2L/C)$ , mientras que un cierre lento sucede lo contrario  $T > (2L/C)$ , con T como el tiempo de maniobra sobre el actuador de la válvula.

Por lo tanto, en caso de un cierre rápido que detenga el flujo, la máxima sobrepresión se determina a partir de la **Ecuación (2-7)**.

$$h_{m\acute{a}x} = \frac{C * V}{g} \quad (2-7)$$

Donde:

- C = celeridad o velocidad de propagación de la onda (m/s).
- V = velocidad del flujo de agua en la tubería (m/s).

- $g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

La celeridad de acuerdo con [4], se calcula con la Ecuación (2-8).

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \kappa * \frac{D}{e}}} \quad (2-8)$$

Donde:

- $C$  = celeridad de la onda (m/s).
- $D$  = diámetro interno de tubería (m).
- $e$  = espesor de la pared de la tubería (m).
- $\kappa$  = Relación entre módulo de elasticidad del agua y el del material de la tubería (adimensional)

En caso de ser un cierre lento el que comience a detener el flujo la máxima sobrepresión se calcula con la **Ecuación (2-9)**.

$$h_{m\acute{a}x} = \frac{2 * L * V}{g * t} \quad (2-9)$$

Donde:

- $L$  = longitud de la tubería (m).
- $V$  = velocidad del flujo en la tubería (m/s).
- $g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).
- $t$  = tiempo de maniobra de cierre (s).

Por lo tanto el correcto dimensionamiento de la tubería de conducción, debe tomar en cuenta los valores máximos de presión, mismos que son conocidos a partir de la carga hidráulica por topografía, la carga hidráulica perdida por la fricción dada entre el agua y las paredes de la tubería y finalmente la carga hidráulica debida a los golpes de ariete; los valores obtenidos deben ser sumados para conocer la carga total, conocido este dato, la tubería seleccionada estrictamente debe tener la capacidad de soportarlo para no llegar a propiciar la falla de las líneas de conducción.

### **2.2.3 Infraestructura para tratamiento y desinfección del agua.**

Según establece AyA, se considera la entrega de agua potable otorgada por un acueducto, cuando ésta no representa un riesgo para la salud de los consumidores y no sea rechazada por los mismos debido a sus características estéticas (olor, color y sabor). Así mismo indica que es posible el caso en el que se incumpla algún parámetro establecido en el reglamento, pero siempre y cuando no sea un riesgo que implique la afectación de la salud o de las condiciones estéticas del agua, razón por la cual igualmente será catalogada como agua potable [13].

El agua tratada no indica agua desinfectada. “Procesos tales como almacenamiento, sedimentación, coagulación y floculación, y filtración, reducen en grado variable el contenido de agentes patógenos en el agua. Sin embargo, estos procesos no pueden asegurar que el agua que procesen sea bacteriológicamente segura, por lo que necesitará una desinfección final” [14]. El fin buscado al realizar un tratamiento al agua es producir en ella los cambios físicos, químicos y biológicos necesarios que permitan al ser humano consumirla, sin ningún riesgo para su salud.

Mora, S., en su tesis indica que se realizan cinco procesos básicos y unitarios previos a la desinfección del agua: desarenación, coagulación, floculación, sedimentación y filtración; al conjunto de estos se le llama clarificación del agua [14].

**Desarenador:** Obra hidráulica cuya finalidad es la de eliminar las partículas presentes en el agua, tales como arenas y otros sólidos que son arrastrados desde la toma del agua, como lagos o ríos. Para que su funcionamiento sea óptimo se deben evaluar las características propias y de flujo de las partículas a eliminar, así como la concentración de los sólidos de las partículas [15]. En el caso propio del acueducto de la comunidad de El Manzano no se requiere del uso de desarenador, ya que el agua es filtrada de forma natural por el suelo presente en la zona de afloración del manantial.

**Coagulación y floculación:** La coagulación se lleva a cabo al agregar una sustancia química conocida como coagulante al agua cruda, una vez que entran en contacto (agua – coagulante) se da la desestabilización de las partículas suspendidas en el agua, producto de reacciones físicas y químicas que se llevan a cabo. La unión de estas partículas dispersas en el agua; cuyo fin es hacer posible su extracción de dicho fluido, es facilitado por el proceso de floculación, en el cual, mediante fuerzas externas como mezcladores, se genera el choque de las mismas, induciendo a su agrupamiento [14]. Por la naturaleza del sistema que se presenta en la comunidad de El Manzano, no se contempla el uso de coagulación y floculación, esto debido a la no presencia de partículas disueltas en el agua, por fuera de los rangos permisibles.

**Sedimentación:** Proceso posterior a la floculación, se implementa para eliminar al máximo los elementos extraños, en casos donde esto no sea necesario basta con aplicar el tratamiento de desarenación [15].

La sedimentación como lo indica Mora, S., aplica el principio de la fuerza gravitacional que influye sobre las partículas, debido a su acción hace que éstas desciendan a través del volumen en el cual se encuentran, por lo que, para eliminar impurezas precipitadas, hierro, dureza, elementos coagulados, turbiedad entre otros sedimentos, es necesario la implementación de un tanque sedimentador [14].

**Filtración:** Es la última etapa antes del proceso de desinfección, permite eliminar aquellas partículas que quedaron retenidas en los procesos de coagulación y de sedimentación, por tal motivo la eficiencia de un filtro depende en gran medida de haber hecho bien cada una de las etapas de tratamiento previas. El material utilizado por los filtros es mayoritariamente arena, ya que por sus características físicas y químicas que le permiten capturar las partículas en suspensión dentro del agua.

Los métodos anteriormente descritos se fundamentan en separar las partículas físicas y químicas del agua, sin embargo, es necesario aplicar métodos para la desinfección de ésta, cuyo fin es liberarla de organismos patógenos con lo que pueda ser consumida sin peligro de afectar la salud de las personas. Según indica el AyA, el mínimo tratamiento que se le realiza al agua para su potabilización es la desinfección [16].

La desinfección de acuerdo con López, R., puede ser llevada a cabo por alguno de los siguientes métodos: [4]

- ***Desinfección por rayos ultravioleta:*** el agua se hace pasar por capas delgadas debajo de una lámpara de rayos ultravioleta. El agua debe ser de baja turbiedad, caso contrario la desinfección no es efectiva, tal situación es una limitante para su aplicación.
- ***Desinfección por medio de ozono:*** este método consiste básicamente en elevación de voltaje, se producen chispas y al entrar en contacto con el oxígeno, se da la producción de ozono.
- ***Desinfección por medio de cloro:*** se requiere emplear una dosis de 1 mg/L a 2 mg/L, con lo que se obtienen 0,5 mg/L residuales de cloro para prevenir la contaminación posterior en la red de distribución. Para que la desinfección sea efectiva se debe dar un tiempo de contacto agua-cloro de 15 a 20 minutos. Como ventaja ante los otros dos métodos, este es el más económico.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud, para que un desinfectante de agua para consumo humano sea idóneo, debe satisfacer ciertos criterios generales entre los cuales se encuentran los siguientes:[17]

- Debe poder destruir o inactivar, dentro de un tiempo dado, las clases y números de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua que se va a desinfectar.

- El análisis para determinar la concentración de desinfectante en el agua debe ser exacto, sencillo, rápido y apropiado para hacerlo tanto en el terreno como en el laboratorio.
- El desinfectante debe ser fiable para usarse dentro del rango de condiciones que podrían encontrarse en el abastecimiento de agua.
- Debe mantener una concentración residual adecuada en el sistema de distribución de agua, para evitar que vuelva a darse contaminación o que los microorganismos se reproduzcan.
- De ser posible no debe introducir ni producir sustancias tóxicas o éstas deben mantenerse bajo el intervalo de valores permitidos, igualmente no debe cambiar las características del agua de modo que no sea apta para consumo humano.
- El desinfectante debe ser seguro y conveniente de manejar a la hora de las aplicaciones en el sistema.
- Los costos de equipo, instalación, operación, mantenimiento y reparación, así como la adquisición y manejo de los materiales requeridos para permitir una dosificación eficaz, debe ser razonable.

Mora, S., indica en su tesis, “la cloración es un proceso de desinfección que hasta el presente reúne las mayores ventajas en un desinfectante, ya que es eficiente, barato fácil de aplicar y deja un efecto residual que se puede medir por sistemas simples y al alcance de todos”. Sin embargo, también hace mención de que como desventaja el cloro es de acción corrosiva, por

lo que, se debe disponer de materiales resistentes a dicho fenómeno fisicoquímico, otra negativa es la probabilidad de producir un sabor desagradable al agua [14].

La dosificación de cloro al agua, así como el equipo a utilizar, es determinado por el estado físico en que se encuentre dicho químico, pudiendo ser gaseoso, líquido o sólido. A continuación, se muestran las metodologías que se podrían implementar [4].

**Cloro gaseoso en solución acuosa:** Es utilizado en plantas para acueductos de gran tamaño de tipo convencionales, requiere de agua a presión para que el cloro almacenado en cilindros pueda ser pasado a una solución acuosa. Es un proceso complejo y peligroso.

**Aplicación directa del cloro gaseoso:** Se puede utilizar en plantas pequeñas, requiere de operarios entrenados para su aplicación.

**Aplicación de cloro sólido o líquido:** Resulta muy económico de aplicar para poblaciones pequeñas, para llevarlo a cabo se utiliza hipoclorito de calcio en forma granular, o hipoclorito de sodio en forma líquida. La dosificación en hipocloritos líquidos es realizada por un hipoclorador, que son bombas de desplazamiento positivo.

La determinación de la calidad del agua potable en Costa Rica es deber del Estado a través de sus instituciones, ante ello se establece el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, mediante Decreto N° 32327-S, Publicado en La Gaceta No. 84 del 3 de mayo del 2005.

En dicho reglamento se establece que el agua potable es: “agua tratada que cumple con las disposiciones de valores recomendados o máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos, y microbiológicos”, consecuente a ello determina que agua



tratada es “agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento que incluyen como mínimo a la desinfección en el caso de aguas de origen subterráneo”. En cuanto a valor recomendado hace la siguiente aclaración “corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias que implica un riesgo mínimo o aceptable para la salud de los consumidores del agua potable” mientras que por valor máximo “corresponde a aquella concentración de sustancia o de bacterias a partir de la cual existe rechazo del agua por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud”. En caso de sobrepasar tales valores se deben tomar acciones correctivas inmediatas [18].

El artículo 3 del reglamento indica: “para la aplicación de este reglamento, se establece que el nivel de vigilancia de la calidad del agua potable corresponde al Ministerio de Salud y los niveles de administración, control y ejecución a los organismos operadores”. Así mismo en el artículo 6 se establecen cuatro niveles de control para la calidad del agua, son los siguientes:

**Nivel Primero (N1):** corresponde al programa de control básico junto con la inspección sanitaria, evalúa la operación y mantenimiento en la fuente, el almacenamiento y la distribución del agua potable. Los parámetros que este nivel toma en cuenta y sus valores permitidos se muestran en **Cuadro 2-2**.

**Nivel Segundo (N2):** corresponde a un programa ampliado del control básico (N1), consiste en la inspección de tendencias temporales de las variaciones de calidad del agua en las fuentes de abastecimiento y la red de distribución. Los parámetros que este nivel toma en cuenta y

sus valores permitidos son los correspondientes a los del nivel N1 y se deben agregar los parámetros que se muestran en **Cuadro 2-3**.

**Nivel Tercero (N3):** corresponde al programa de control avanzado del agua potable. Los parámetros que este nivel toma en cuenta y sus valores permitidos son los contemplados en el nivel N2, ampliados con los que se muestran en el **Cuadro 2-4**.

**Nivel Cuarto (N4):** corresponde a programas ocasionales ejecutados por situaciones especiales, de emergencia o porque la inspección sanitaria identifica un riesgo inminente de contaminación del agua.

**Cuadro 2-2.** Parámetros de control de calidad del agua, nivel de control N1. Adaptado de [18].

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Recomendado</b>	<b>Valor Máximo Admisible</b>
<b>Coliforme fecal</b>	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
<b>Escherichia coli</b>	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
<b>Color aparente</b>	mg/L (U-Pt-Co)	5	15 <sup>2</sup>
<b>Turbiedad</b>	UNT	<1	5 <sup>2</sup>
<b>Olor</b>	--	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
<b>Sabor</b>	--	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
<b>Temperatura</b>	°C	18	30
<b>pH</b>	Valor pH	6,50	8,50

<b>Conductividad</b>	$\mu\text{S/cm}$	400	-
<b>Cloro residual libre</b>	mg/L	0,3	0,6
<b>Cloro residual combinado</b>	mg/L	1,0	1,8

**Cuadro 2-3.** Parámetros de control de calidad del agua, nivel de control N2. Adaptado de [18].

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Recomendado</b>	<b>Valor Máximo Admisible</b>
<b>Dureza total</b>	mg/L $\text{CaCO}_3$	400	500
<b>Cloruro</b>	mg/L $\text{Cl}^-$	25	250
<b>Fluoruro</b>	mg/L $\text{F}^-$	-	0,70 a 1,50 <sup>a</sup>
<b>Nitrato</b>	mg/L $(\text{NO}_3)^-$	25	50
<b>Sulfato</b>	mg/L $\text{SO}_4$	25	250
<b>Aluminio</b>	mg/L $\text{Al}^{3+}$	0,2	-
<b>Calcio</b>	mg/L $\text{Ca}^{2+}$	100	-
<b>Magnesio</b>	mg/L $\text{Mg}^{2+}$	30	50
<b>Sodio</b>	mg/L $\text{Na}^{1+}$	25	200
<b>Potasio</b>	mg/L $\text{K}^{1+}$	-	10
<b>Hierro</b>	mg/L Fe	-	0,30
<b>Manganeso</b>	mg/L Mn	0,10	0,50
<b>Zinc</b>	mg/L Zn	-	3,00
<b>Cobre</b>	mg/L Cu	1,00	2,00
<b>Plomo</b>	mg/L Pb	-	0,01

a) 1,5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C

**Cuadro 2-4.** Parámetros de control de calidad del agua, nivel de control N3. Adaptado de [18].

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
<b>Nitrito</b>	mg/L (NO <sub>2</sub> ) <sup>1-</sup>	-	0,10 o 3,00 <sup>a</sup>
<b>Amonio</b>	mg/L (NH <sub>4</sub> ) <sup>1+</sup>	0,500	0,500
<b>Arsénico</b>	mg/L As	-	0,010
<b>Cadmio</b>	mg/L Cd	-	0,003
<b>Cromo</b>	mg/L Cr	-	0,5
<b>Mercurio</b>	mg/L Hg	-	0,001
<b>Níquel</b>	mg/L Ni	-	0,02
<b>Antimonio</b>	mg/L Sb	-	0,005
<b>Selenio</b>	mg/L Se	-	0,010

a) VMA de 0,1 si el nitrito se evalúa en forma independiente del nitrato, y de 3,0 cuando el nitrito se evalúa en conjunto con el nitrato. En este caso, la suma de la razón de concentración de cada uno respecto a su VMA no debe ser superior a 1,0.

El artículo 7 del reglamento hace constar que las entidades públicas y privadas que funjan como operadores de servicios públicos deben tomar las acciones para que se cumple lo siguiente:

- El programa de control N1, se debe dar en todos los acueductos del país.
- El programa de control N2, se debe dar en todos los acueductos con población abastecida superior a los 10 000 habitantes.
- El programa de control N3, se debe dar en todos los acueductos con población abastecida superior a 50 000 habitantes.

#### **2.2.4 Tanques para almacenamiento de agua y compensación.**

El consumo de agua por parte de una población no es constante en el tiempo, por lo contrario, es cambiante a lo largo del día, tal motivo genera períodos de bajo y alto consumo, siendo más críticos los picos de alto consumo, ya que debe haber agua disponible para satisfacer tal demanda al momento de que éstos se presenten. Hacerlo posible, requiere de la implementación de un tanque regulador, cuya finalidad como indica López, R., debe tener la capacidad de [4].

- Compensar las variaciones en el consumo de agua durante el día.
- Tener una reserva de agua para atender los casos de incendios.
- Disponer de un volumen adicional para casos de emergencia, accidentes, reparaciones o cortes de energía eléctrica (en caso de implementar un sistema de bombeo).
- Dar una presión adecuada a la red de distribución en la población.

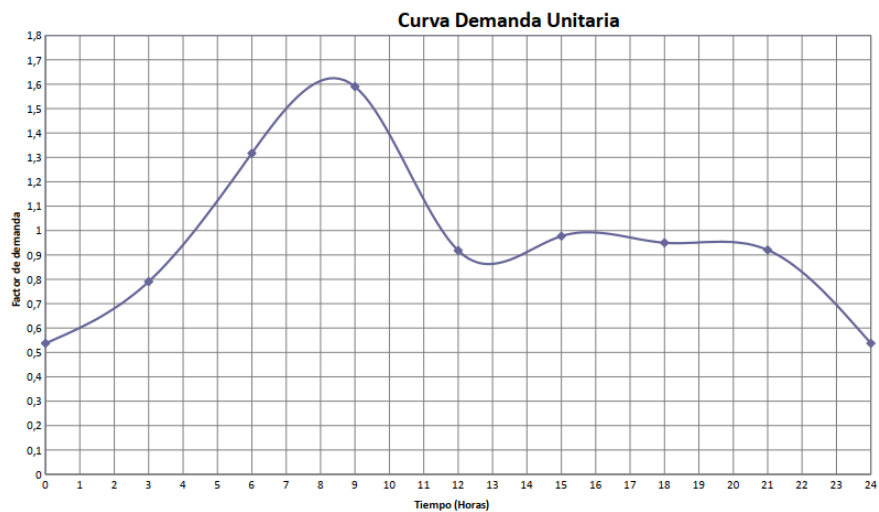
Poder cumplir las condiciones anteriores, hace importante conocer las características propias de la población en cuanto a la demanda de agua durante el día. Salazar, K., indica que los patrones de consumo pueden representarse de manera continua o discontinua generando curvas de consumo o hidrogramas, a su vez hace mención, en cuanto a que los patrones de consumo están relacionados al uso del agua con la hora del día, y da a conocer que las demandas industriales o domésticas suelen comportarse de manera constante a lo largo de un año [19].

De acuerdo a la normativa indicada por el AyA un tanque para almacenamiento de agua está compuesto por los siguientes volúmenes [6].

- Volumen de regulación.
- Volumen para incendio.
- Volumen de reserva para interrupciones.

### Volumen de regulación.

Es posible determinarlo mediante gráficos, utilizando una curva de distribución de consumo de población, ver **Figura 2-7**.

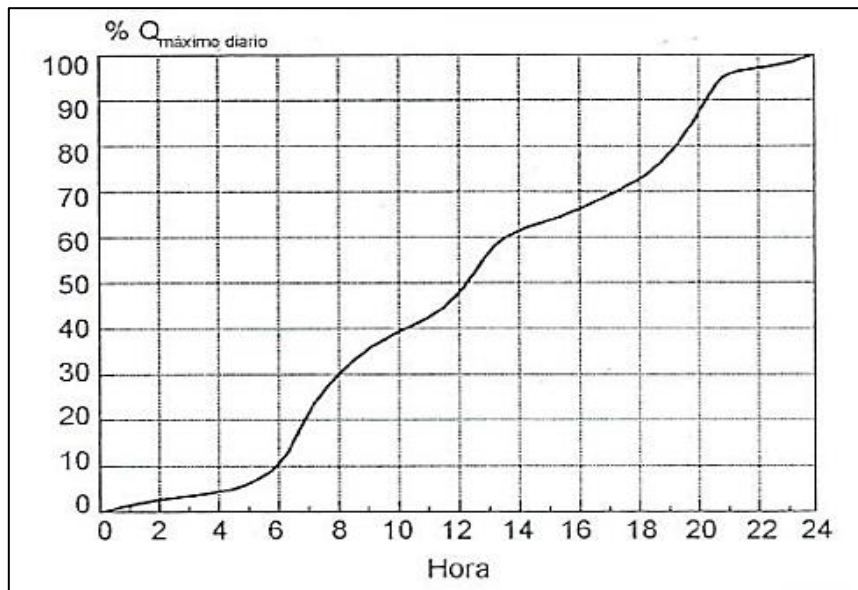


**Figura 2-7.** Ejemplo de curva unitaria de consumo de agua para una población. Tomado de [20]

La obtención de la curva de consumo, **Figura 2-7**, es a partir del estudio del comportamiento de la demanda diaria de agua potable consumida por parte de una población determinada.

Una vez obtenida la curva de distribución de consumo, es posible generar la curva integral o curva de masa, un ejemplo de ésta es la que se observa en la **Figura 2-8**, para generarla es

necesario tomar los valores de consumo acumulado por la población del área en estudio durante un período de 24 horas.



**Figura 2-8.** Ejemplo de curva integral o de masa para una población. Tomado de [4].

De acuerdo con López, R., la curva integral tiene las siguientes características:

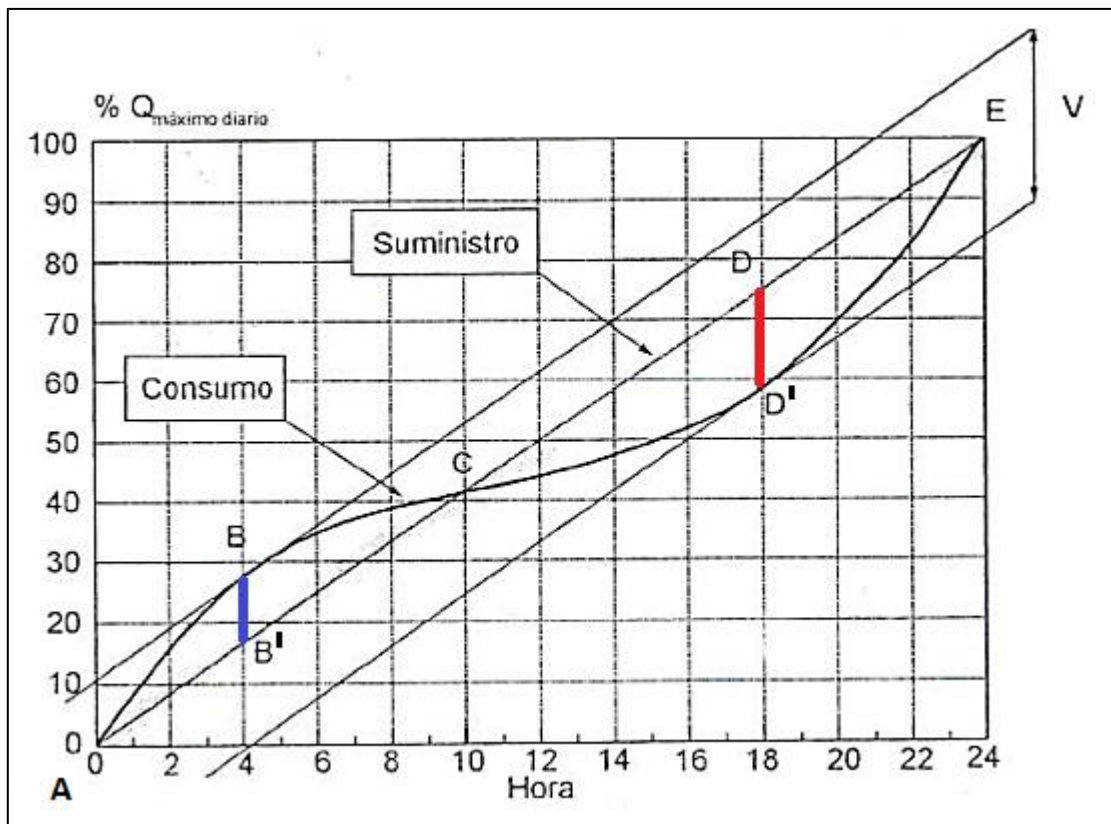
- La curva es siempre ascendente.
- El eje de las ordenadas, en cualquier punto representa el consumo total hasta ese instante.
- La pendiente en cualquier punto representa el consumo instantáneo.

Determinada la curva de consumo, es posible obtener la curva de suministro del sistema.

López, R., especifica que hay dos posibles curvas de suministro, dependientes de la forma con que se de suministro de agua al tanque de almacenamiento, ya sea por gravedad o por

bombeo, esta curva como característica posee pendiente uniforme entre intervalos de tiempo característicos, queriendo decir que el suministro es constante [4].

La curva de suministro junto con la de demanda se trazan en el mismo gráfico con finalidad de poder observar y comparar las fluctuaciones de faltantes o excedentes respecto a la demanda, permitiendo así, determinar el volumen del tanque de almacenamiento de agua para regular la cantidad demandada por la población, ver **Figura 2-9**.



**Figura 2-9.** Curva integral o de masa de tanque regulador con suministro por gravedad. Tomado de [4]. Modificado por el autor, 2020.



La curva (A-B-C-D'-E) en la **Figura 2-9**, representa la curva integral de consumo, mientras que la recta (A-E) es la representación de la curva integral de suministro por gravedad, para un período constante de 24 horas. La pendiente del segmento (A-B) es mayor que la pendiente del segmento (A-B'), tal resultado denota que el consumo de la población es mayor al suministro de la fuente, dando como resultado déficit de agua, el tramo (B-C-D') de la curva consumo, tiene pendiente menor al segmento (B-C-D) de la recta de suministro, tal situación genera que el suministro sea mayor al consumo, generando excedente de agua. Finalmente el segmento (D'-E) de la curva de consumo, presenta una pendiente mayor a la de la recta (D-E) de suministro, obteniendo nuevamente un déficit que se mantiene hasta el día siguiente, punto B [4].

La recta (B'-B) indicada por la línea color azul en **Figura 2-9**, es el volumen del máximo déficit, mientras que la línea color verde (D-D') corresponde al volumen de máximo sobrante. La suma de estos dos volúmenes, **Ecuación (2-10)**, es equivalente al volumen total del tanque a diseñar.

$$Volumen_{Tanque} = Volumen_{B'-B} + Volumen_{D-D'} \quad (2-10)$$

Por otro lado, en caso de no tener la información de consumo real, el AyA establece que la determinación del volumen del tanque regulador ha de ser equivalente al 14 % del volumen promedio diario, siempre y cuando el caudal que alimenta al tanque sea constante e igual al caudal promedio diario requerido [6]. Por tal razón, es preciso conocer los caudales de diseño, siendo estos: caudal promedio diario (QPD), caudal máximo diario (QMD) y el caudal

máximo horario (QMH); los que, a su vez para poder ser determinados, ha de ser necesario tener los datos de población del año de diseño y futura, así como también la demanda futura [21].

El AyA establece las siguientes dotaciones, para aquellas poblaciones que no cuenten con patrones de registro de consumo:

- *Poblaciones rurales*: 200 l/p/d.
- *Poblaciones urbanas*: 300 l/p/d.
- *Poblaciones costeras*: 375 l/p/d.
- *Área metropolitana*: 375 l/p/d.

A continuación se presenta la metodología para el cálculo de los caudales y volumen del tanque propuesta por el AyA [6].

#### **Volumen de reserva.**

**Caudal Promedio Diario (QPD):** López, R., indica que es el caudal promedio obtenido a partir de un año de registros de consumo, es la base que permite calcular el QMD y el QMH. Se determina según la Ecuación (2-11).

$$QPD_{l/s} = \frac{Población_{(Habitantes)} * Dotación_{(lpd)}}{86400} \quad (2-11)$$

**Caudal Máximo Diario (QMD):** Es la máxima demanda que se presenta en un día del año, o su similar, el día de mayor consumo en un período de un año. Es conocido mediante la Ecuación (2-12).

$$QMD_{l/s} = 1,2 * QPD_{l/s} \quad (2-12)$$

**Caudal Máximo Horario (QMH):** Es el mayor consumo de agua presentada en una hora en un año completo de registro. Se determina con la Ecuación (2-13)

$$QMH_{l/s} = 1,8 * QMD_{l/s} \quad (2-13)$$

Finalmente, el volumen de reserva por esta metodología propuesta por el AyA, se conoce a partir de la Ecuación (2-14).

$$Volumen Reserva Tanque_{m^3} = QPD_{m^3/h} * 24_h * 14 \% \quad (2-14)$$

#### **Volumen para incendio.**

Según establece el AyA, el caudal para incendio, volúmenes de reserva, así como la ubicación y tipo de hidrantes requeridos para un proyecto determinado, será definido por el Benemérito Cuerpo de Bomberos, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 8641 y sus reformas en el Reglamento a la Ley N° 8641 vigente y en la Ley N° 8228 y sus reformas y en el Reglamento a la Ley N° 8228 vigente [6].

En lo que respecta a infraestructura, la Ley N° 8641 indica que, para la instalación de hidrantes, estos se ubicarán a una distancia lineal de 180 metros en zona urbana, mientras que en zona rural el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica será el encargado de determinar la mejor ubicación, los hidrantes deben tener una presión residual cada uno de 1,41 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a 14,1 mca.

A su vez la normativa indica que los diámetros nominales de las tuberías donde se realice la conexión de los hidrantes a la red de abastecimiento deben ser igual o mayor a los 100 milímetros. Caso contrario, de no existir tuberías que cumplan los diámetros establecidos, el Artículo 5 de la Ley N° 8641, especifica que los hidrantes deben ser conectados directamente al tanque de almacenamiento de la localidad, en caso de ser así, la Ley hace dos especificaciones.

- Reserva adicional para incendio de 15 m<sup>3</sup> de agua para conjuntos habitacionales con separación de casas. (No se especifica distanciamiento entre casas)
- Reserva adicional de 22 m<sup>3</sup> de agua para conjuntos habitacionales cuyas casas sean contiguas.

#### **Volumen de reserva por interrupciones.**

El AyA establece que es la cantidad de agua que debe estar disponible en el momento que se realice una interrupción en la prestación del servicio, dicho volumen como mínimo debe ser al correspondiente a un período de cuatro horas del caudal promedio diario, Ecuación (2-15).

$$Volumen Interrupciones_{m^3} = QPD_{m^3/h} * 4h \quad (2-15)$$

Determinado el volumen del tanque de almacenamiento, Ecuación (2-16), su ubicación en la zona de interés es muy importante, ya que es a partir de este, que se definirán las presiones a lo largo de la red de distribución. De acuerdo López, R., aquellas poblaciones que presenten grandes desniveles altimétricos; la red debe ser subdividida en varias zonas de presión, de tal

manera que en cada una de las zonas se pueda cumplir con las exigencias de presión mínima y máxima, dando como resultado que en los puntos bajos las presiones no sean exageradamente altas y que en los puntos altos las presiones no sean muy bajas [4].

$$\text{Volumen Almacenamiento}_{m^3} = \text{Volumen 1} + \text{Volumen 2} + \text{Volumen 3} \quad (2-16)$$

Donde:

- Volumen 1 = volumen de reserva ( $m^3$ ).
- Volumen 2 = volumen incendio ( $m^3$ ).
- Volumen 3 = volumen interrupciones ( $m^3$ ).

Al volumen de almacenamiento se le debe agregar, la cantidad de agua que no llega a los usuarios finales, producto de las fugas a lo largo de la red, ocasionadas por fallas en tuberías a la hora de éstas ser conectadas, también por lecturas incorrectas de los medidores, falta de concientización de los usuarios que dejan sus grifos abiertos, entre otras. De acuerdo con el AyA, un sistema eficiente tiene un porcentaje del 15 – 25 % de ANC.

Al contemplar el ANC por pérdidas reales (físicas), el sistema de almacenamiento debe aumentar su capacidad de forma que albergue un 25 % más del agua que se requiere para abastecer una población.

### **2.2.5 Infraestructura para la red de distribución.**

“Una red de distribución es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público,

comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios”. Los usuarios de un acueducto tienen el derecho a recibir el agua en condiciones aptas para sus diferentes usos, ante ello la red de distribución debe tener la capacidad de brindar el servicio en todo momento, la cantidad suficiente demandada, así como a una presión adecuada [22].

Según lo indicado por la normativa del AyA, la red distribución se va a diseñar para el caudal mayor entre los caudales máximo horario y coincidente, donde el caudal coincidente es la suma del caudal máximo diario y el caudal de incendio [6].

La misma normativa hace indicación de que el caudal máximo horario (QMH) se debe distribuir entre todos los nodos de demanda de la red, y ante ello en todo punto o nodo, la presión de servicio debe ser igual o mayor a 15 mca (1,5 kg/cm<sup>2</sup>), con velocidades máximas del flujo de 3,0 m/s y mínimas establecidas en función del diseño [6].

Las condiciones propias del lugar: topografía, riesgos o peligros para construcción y distribución de los puntos de consumo, hará posible determinar el trazado de la red distribución. Se tienen tres configuraciones o esquemas básicos para abastecer de agua potable a una población: red cerrada, red abierta y red combinada [22].

**Red cerrada:** la configuración de tubería tiene forma de circuito “conjunto de tubos conectados en forma de polígono”. Como ventaja de ésta, el agua puede tomar diferentes trayectorias para abastecer una misma zona, pero a su vez como desventaja, no es fácil localizar daños por fugas.

**Red abierta:** la composición de esta red es un conjunto de tubos que se ramifican, pero sin formar un circuito (tiene forma de árbol), por lo general se utilizan cuando la topografía del lugar es irregular, o porque el poblado es pequeño o muy disperso, tales situaciones dificultan la formación de circuitos. Como desventajas tiene, probabilidad de formación de sedimentos y crecimientos bacterianos en los extremos muertos, así como interrupción del servicio aguas debajo de un punto de reparación, otra deficiencia es la posibilidad de presiones bajas en los extremos.

**Red combinada:** es la implementación en conjunto de una red cerrada y una red abierta en el mismo sistema.

Las configuraciones de redes anterior descritas estarán diseñadas con tramos de tubería denominados “*tubería o red principal*” o “*tubería o red de relleno*” [4].

**Tubería principal:** encargada de distribuir el agua en las diferentes zonas de la población, el diámetro nominal de las tuberías por lo general no es menor a los 300 mm, en grandes urbes puede llegar a tener diámetros de hasta 500 mm.

**Tubería de relleno:** se divide en dos, siendo la primera de ellas la tubería secundaria; con diámetros que van de los 100 mm a los 300 mm, esta alimenta a redes menores y por lo general no se hace conexiones domiciliarias a excepción de que sean conexiones de consumidores mayores a 75 mm, y la tubería terciaria, la cual es alimentada por la red secundaria, se compone de diámetros menores a los 75 mm y ésta la encargada de hacer las conexiones hasta las tomas domiciliarias.

López, R., indica que para que poblaciones menores a los 60 000 habitantes, no existe red primaria, ante ello la red secundaria tiene funciones de red primaria.

Respecto al diámetro mínimo la Norma del AyA, es clara al decir que en caso de conexión con hidrantes el diámetro nominal es mínimo de 100 mm o 150 mm en caso de que la red esté diseñada a un diámetro nominal mayor de 150 mm. Mientras que para las líneas de conducción y aducción el diámetro nominal mínimo está determinado por el que indique el cálculo hidráulico.

### **Componentes de una línea de distribución.**

Los componentes de una red de distribución son prácticamente los mismos que los de una red de conducción, difieren prácticamente en las dimensiones por lo general son más pequeñas, debido a las diferencias en las cantidades de caudal a trasegar. De forma general se tienen los siguientes componentes: tubería, piezas especiales, válvulas de seccionamiento y de control, hidrantes, tomas domiciliarias, rebombeos, cajas rompedoras de presión, cajas de registro, hidrómetros, entre otros [22].

Los hidrantes son componentes que no se encuentran en las líneas de conducción, hay dos tipos: públicos y de incendio. Los primeros consisten en llaves comunes colocadas sobre pedestales de concreto a disposición de la comunidad bajo circunstancias especiales, mientras que los hidrantes de incendio son tomas especiales con el fin de conectar mangueras por parte del cuerpo de bomberos a la hora de luchar contra un incendio [22].



Las cajas de registro es aquella infraestructura colocada sobre la superficie, que permite tener acceso a diferentes accesorios o piezas especiales de la red, sin necesidad de tener que hacer excavación en caso de necesitar manipularlas.

Un accesorio fundamental en la red de servicio es el hidrómetro: dispositivo capaz de realizar la medición de la cantidad de volumen de agua consumido por un usuario.

Un término común en las redes de distribución es el nudo o nodo, refiriéndose este como a un punto de conexión de tuberías, en él se tiene la práctica de medir datos característicos del flujo de agua como lo es la presión, la velocidad y el caudal.

#### **2.2.5.1 Criterios hidráulicos de redes abiertas de distribución.**

López, R., indica “el trazado de la red debe obedecer a la conformación física de la población y por tanto no existe una forma definida” [4].

El principio de continuidad establece que en un nodo la suma de sus gastos debe ser igual a la suma de sus entradas, **Ecuación (2-17)**. Aplicar este principio en cada nodo de la red, establece una ecuación lineal en términos de los gastos [22].

$$\sum \text{Caudal Entrada} = \sum \text{Caudal Salida} \quad (2-17)$$

En cualquier red se establece un sistema de ecuaciones, mostrado en la Ecuación **(2-18)**, mismo que establece la suma de todos los caudales por cada una de las tuberías que conectan con el nodo U [23].

$$\sum_{i=1}^{NT} Q_{iu} - Q_{Lu} = 0 \quad (2-18)$$

Donde:

- $Q_{iu}$  = caudal en la tubería  $iu$  (positivo si es entrada, negativo si es salida del nodo).
- $NT$  = número de tuberías que llegan al nodo  $U$ .
- $Q_{Lu}$  = caudal consumido en la unión (puede ser cero).

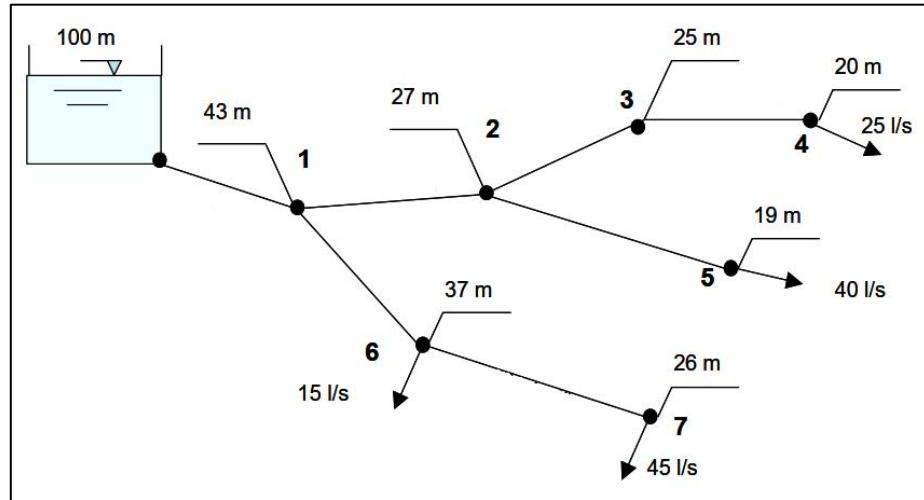
En el caso de una red abierta, ver **Figura 2-10**, es posible observar que cada tubería tiene conexión a únicamente dos nodos: uno por el cual ingresa el flujo de agua, y el otro por el cual éste tiene su salida. Esto de forma alguna facilita su cálculo y diseño hidráulico, ya que el flujo viaja en una sola dirección. [24]. De acuerdo con [8], el método de cálculo comúnmente utilizado para redes abiertas es el “método de nodo crítico”, éste permite analizar y verificar cada nodo de la red de manera que cada uno, cumpla con las condiciones de presiones mínimas y que no excedan las presiones máximas.

Para determinar el nodo crítico (nodo con menor gradiente hidráulico), se utiliza la Ecuación (2-19).

$$i = \frac{\Delta H}{L} \quad (2-19)$$

Donde:

- $i$  = gradiente hidráulico.
- $\Delta H$  = diferencia de carga por elevación (m).
- $L$  = longitud de recorrido entre nodos (m).



**Figura 2-10.** Ejemplo de una red abierta o ramificada. Tomada de [24].

Una vez determinado el nodo crítico, se le debe asignar la presión mínima dinámica, equivalente a 15 mca, según lo establece [6], con base al nodo crítico, el caudal de diseño, y el planiperfil de la red (distancias y elevaciones), es posible hacer la distribución de caudales que fluyen por cada una de las tuberías conectadas a la red [8].

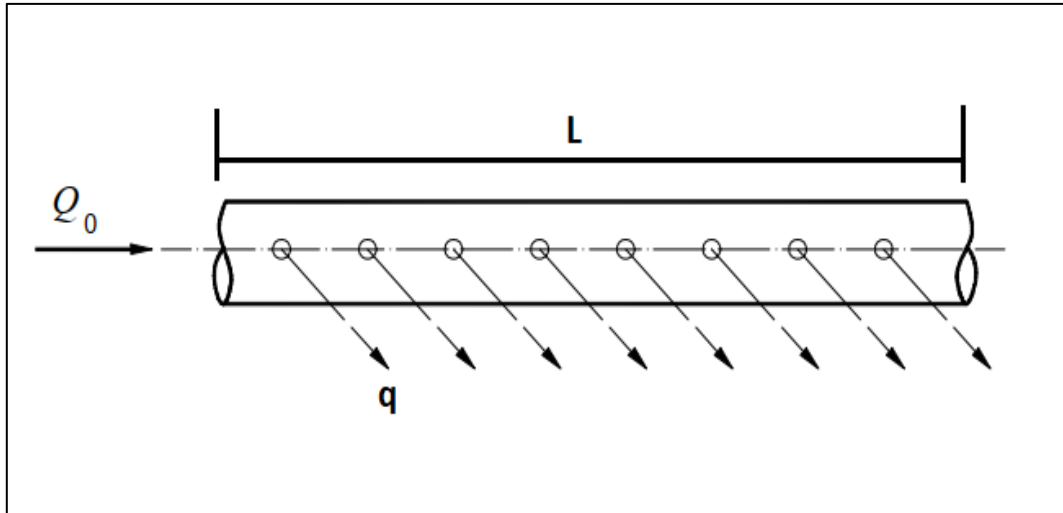
El criterio del caudal unitario, **Ecuación (2-20)**, permite realizar una división teórica de los flujos de agua a través de las líneas de distribución, una implicación que éste tiene, es asumir que a lo largo de la tubería el consumo es distribuido de manera uniforme, ver **Figura 2-11**.

$$q = \frac{Q_o}{L} \quad (2-20)$$

Donde:

- $q$  = caudal unitario ( $m^2/s$ ).
- $Q_o$  = Caudal Máximo Horario ( $m^3/s$ ).

- $L$  = longitud de tubería con consumos (m).



**Figura 2-11.** Línea o conducto de distribución que da servicio. Tomado de [7].

Adaptado por el autor 2020.

El cálculo de las pérdidas de energía, por cada tramo con salida de caudal, se obtiene a partir de la Ecuación (2-1) de Hazen-Williams.

### 2.3 Proyección de la población.

El buen funcionamiento a futuro de un acueducto se basa en conocer la demanda de agua que tendrá por abastecer, ante ello es imprescindible determinar la población que habitará la zona de convergencia de este, a lo largo del período que estará éste en operación.

López, R., indica que la base de cualquier tipo de proyección de población son los censos [4], en Costa Rica el INEC es el encargado de elaborarlos.

### 2.3.1 Métodos de estimación de la población futura.

#### *Proyección aritmética*

Este método asume que la tasa de crecimiento de la población en un intervalo de tiempo es invariante e independiente de la población, ésta se realiza mediante la **Ecuación (2-21)**, es importante mencionar que López, R., indica que este método es completamente teórico y que es difícil que una población real tenga dicho comportamiento, por tal motivo, en algunos casos ésta podría no utilizarse si presentase variaciones con respecto a las otras metodologías para el cálculo de proyecciones de población [4].

$$P_f = P_{uc} + TC * (T_f - T_{uc}) \quad (2-21)$$

Donde:

- $P_f$  = población proyectada.
- $P_{uc}$  = población de último censo.
- $TC$  = tasa de crecimiento.
- $T_f$  = año de la proyección.
- $T_{uc}$  = año del último censo.

Obtener la pendiente de la recta o tasa de crecimiento (TC), es a partir de la Ecuación (2-22).

$$TC = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad (2-22)$$

Donde:

- $P_{uc}$  = población de último censo.
- $P_{ci}$  = población del censo inicial.

- $T_{uc}$  = Año del último censo.
- $T_{ci}$  = Año del censo inicial.

### ***Proyección Geométrica***

El crecimiento será geométrico, cuando el aumento de la población es proporcional al tamaño de ésta [4]. Este método puede producir resultados elevados, en especial cuando las poblaciones comienzan a desarrollarse, ya que en un principio tienden a crecer rápidamente hasta que alcanzan su estabilización. Se calcula a partir de la **Ecuación (2-23)**.

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad (2-23)$$

Donde:

- $P_f$  = población proyectada.
- $P_{uc}$  = población de último censo.
- $r$  = tasa de crecimiento anual.
- $T_f$  = año de la proyección.
- $T_{uc}$  = Año del último censo.

La **Ecuación (2-24)**, indica el cálculo de la tasa de crecimiento anual “r”.

$$r = e^{\left( \frac{\left( \ln \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)}{T_{uc} - T_{ci}} \right)} - 1 \quad (2-24)$$

### ***Proyección logística***

Esta supone que la velocidad de crecimiento de una población disminuye conforme ésta aumenta, hasta alcanzar su valor de saturación. Se tiene una estimación de que la población

tenga un valor de saturación con el equivalente a 1,5 o 2 veces más el valor de la población actual. La metodología para tal cálculo se indica a continuación. **Ecuación (2-25)**, [25].

$$P_f = \frac{P_s}{1 + m * e^{u*t}} \quad (2-25)$$

Donde:

- $P_f$  = población proyectada.
- $P_s$  = población saturación.
- $m$  = pendiente acorde con las proyecciones de la población.
- $u$  = pendiente logarítmica de la curva de saturación.
- $t$  = diferencia entre año proyectado y año primer censo.

El cálculo de la pendiente “m” es a partir de la **Ecuación (2-26)** , y de u con la **Ecuación (2-27)**.

$$m = \frac{P_s - P_o}{P_o} \quad (2-26)$$

$$u = \frac{1}{\Delta T} * \ln \left( \frac{P_o * (P_s - P_1)}{P_1 * (P_s - P_o)} \right) \quad (2-27)$$

Donde:

- $P_s$  = población saturación.
- $P_o$  = población primer censo.
- $P_1$  = población segundo censo.
- $\Delta T$  = período intercensal.

El valor de la proyección final se obtiene de la media ponderada de las tres metodologías anterior descritas, en caso de que una de las tres de un resultado muy diferente a las otras dos, esta se descartará para realizar el cálculo de dicho promedio.

#### **2.4 Análisis financiero de un proyecto.**

En palabras de [26], “el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, son los instrumentos más importantes para medir la rentabilidad de una inversión”. Poder obtener el valor del VAN y la TIR, es posible una vez que se realice el cálculo del flujo de efectivo, previsto para poner el proyecto en marcha.

#### **Valor Actual Neto**

De acuerdo con Mete, M., el Valor Actual Neto (VAN), de un proyecto es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, y se debe entender por flujos de efectivo netos como la diferencia entre los ingresos y egresos periódicos [27]. El cálculo de la VAN, puede obtenerse con la **Ecuación (2-28)**.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Flujo\ Efectivo_{año\ t}}{(1+i)^t} \quad (2-28)$$

Donde:

- $i$  = la tasa de descuento, también llamada tasa de expectativa o de oportunidad.
- $t$  = es el período en análisis.
- $n$  = número de períodos.

En cuanto al VAN se tienen los siguientes criterios: [27]



- $(VAN \geq 0)$ : el proyecto puede ser aceptado ya que tiene las características para satisfacer las expectativas.
- $(VAN < 0)$ : el proyecto no debe ser aceptado, esto resultado no necesariamente indica que no vayan a haber beneficios, sino que también puede ser que no se están alcanzando las expectativas del proyecto, solo que el criterio del VAN no permite diferenciarlas.

### Tasa Interna de Retorno

Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos; en otras palabras, es la tasa de descuento que iguala al flujo de efectivo de acuerdo con el período de análisis. Por tal motivo, es la tasa de interés que, al utilizarla para hacer el cálculo del VAN, hace que éste sea cero. La TIR, no depende de las condiciones que se tengan en el mercado financiero, siendo ésta por lo tanto intrínseca al proyecto y no depende de otra cosa que no sean los flujos de efectivo que en él se presenten [27]. El cálculo de la TIR se hace con la **Ecuación (2-29)**.

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Flujo Efectivo}_{\text{año } t}}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (2-29)$$

Donde:

- $t$  = período en análisis.
- $n$  = número de períodos.

En cuanto a la TIR, se tienen los siguientes criterios: [27]

- ***(TIR > tasa de expectativa)***: el proyecto es financieramente atractivo, esto es debido a que los ingresos cubren o satisfacen los egresos, paralelamente se dan beneficios por encima de los proyectados o esperados.
- ***(TIR < tasa de expectativa)***: el proyecto no debe ser llevado, debido a que no es financieramente atractivo, debido a ello, hay otras alternativas de inversión que pueden generar mejores resultados.
- ***(0 < TIR < tasa de expectativa)***: significa que los ingresos apenas cubren los egresos y no se dan beneficios adicionales.
- ***(TIR < 0)***: los ingresos no alcanzan a cubrir los egresos, como resultado un proyecto que va a dejar gastos.
- ***(TIR = tasa de expectativa)***: es indiferente realizar el proyecto o escoger otra alternativa, ya que generan igual beneficio. Se puede escoger el proyecto en caso de que no haya otras alternativas, por motivo de que los ingresos cubren los egresos.

### **Flujo de efectivo**

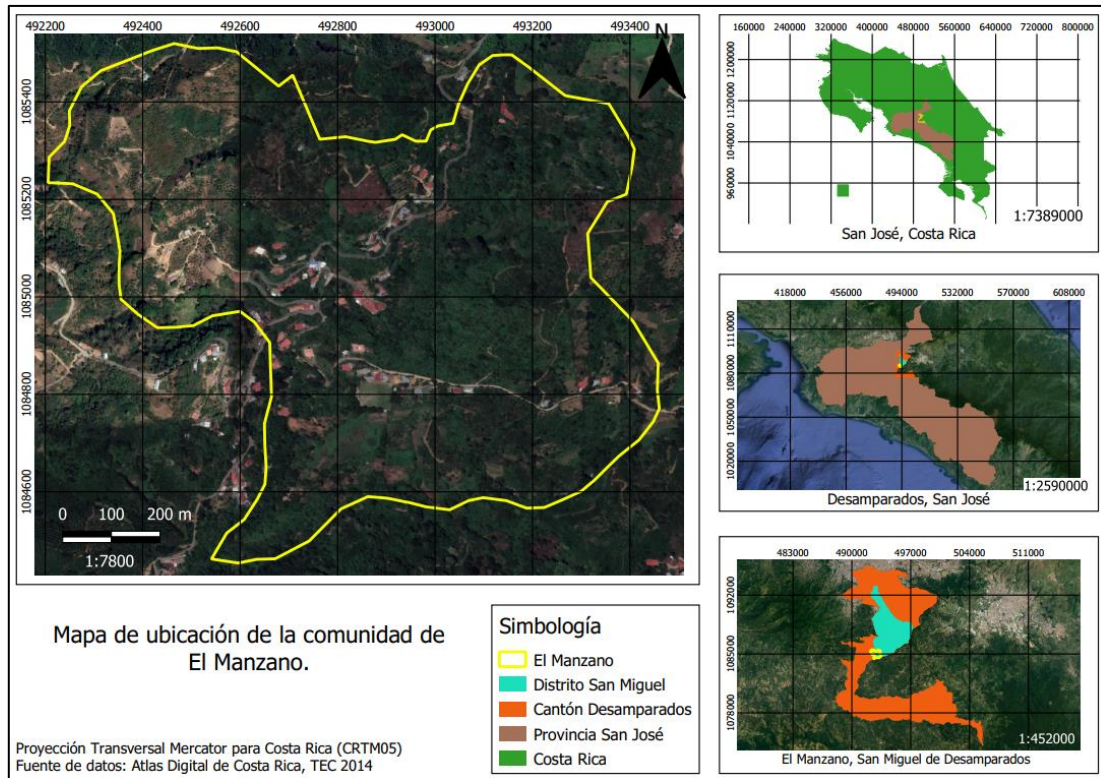
Cualquier empresa que implemente una estrategia, en la que se trabaje de forma ordenada y controlada, permite hacer posible un manejo eficaz y eficiente de las finanzas. Hay empresas con diferentes misiones y visiones, algunas se dedican al bienestar social, a como otras la generación de capital; sin embargo, todas en común necesita de una liquidez que les permita llevar a cabo sus actividades. Por tal motivo, la administración del efectivo resulta fundamental para su sobrevivencia. El flujo de efectivo está diseñado para hacer visible que tan bien está la empresa administrando su dinero [28].

Según las Normas Internacionales Financieras, el estado de flujo de efectivo se usa como indicador de los movimientos financieros que tiene una entidad o empresa en cuanto a los activos, pasivos y sus gastos, por lo que muestra las fuentes y aplicaciones del efectivo en un período dado de las actividades realizadas de operación, inversión y financiamiento. [29].

## CAPÍTULO 3. ZONA DE ESTUDIO

### 3.1 Ubicación geográfica

La comunidad de El Manzano se ubica en la provincia de San José, en el cantón de Desamparados, y distrito San Miguel. Utilizando coordenadas de proyección CRTM05 la zona se encuentra latitud entre 1084400 y 108560 mientras que longitud entre 492200 y 493600. El detalle de la ubicación se muestra en el mapa adjunto en la **Figura 3-1**.

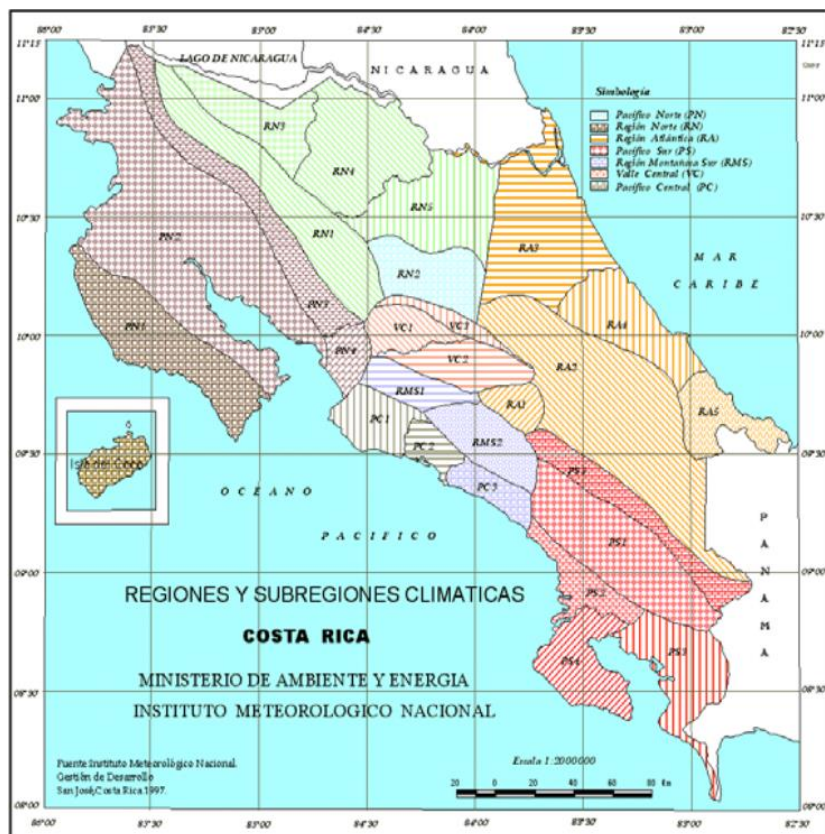


**Figura 3-1.** Ubicación geográfica de la comunidad de El Manzano.

La zona de El Manzano limita al noroeste con la comunidad de Llano Bonito, al noreste con la de Jericó, al sur con el poblado de Guadarrama, mientras que al este colinda con La Pacaya.

### 3.2 Clima

Por la ubicación geográfica en la que se encuentra la comunidad, ésta pertenece a la región climática Región Central, específicamente la Región Valle Intermontano Central [30], a su vez dicha Región es dividida en las subregiones VC1, VC2 y VC3, siendo la VC2, donde se localiza El Manzano , ver **Figura 3-2**.



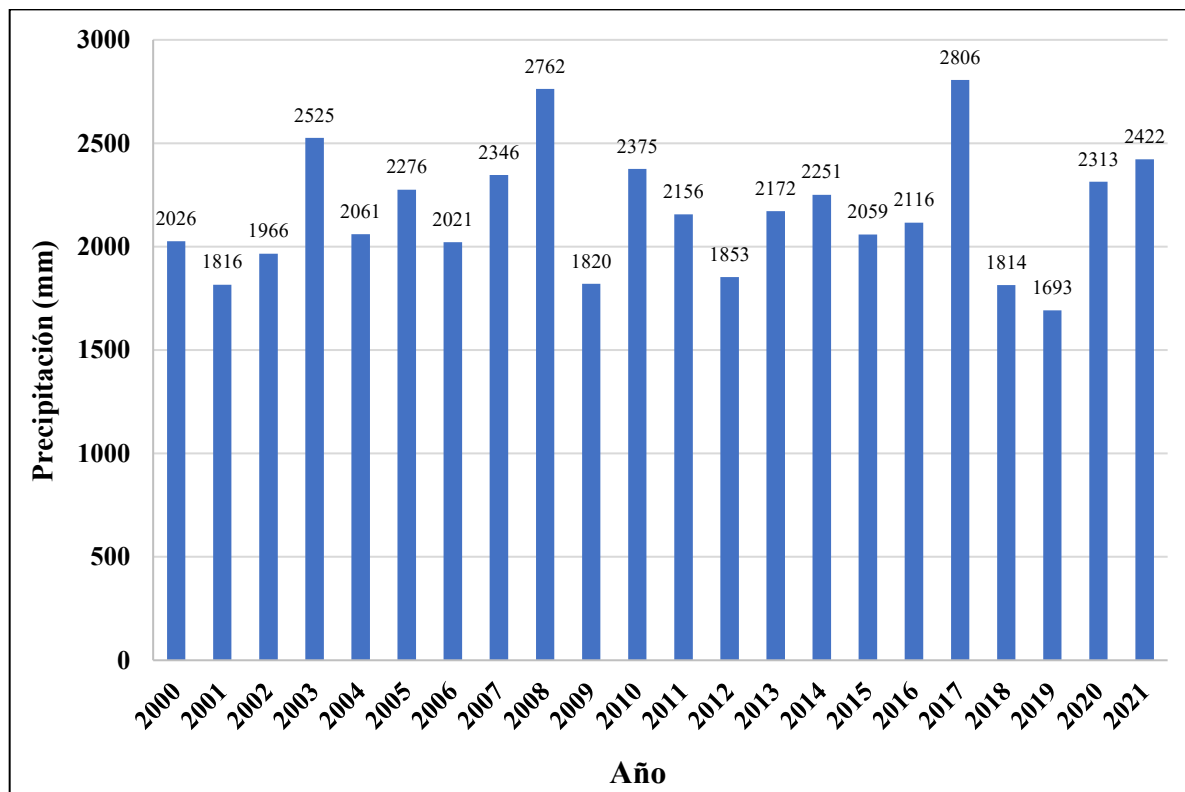
**Figura 3-2.** Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Tomado de [30].

La subregión VC2, presenta un tipo de clima de meseta central, sus características correspondientes se muestran en el **Cuadro 3-1**.

**Cuadro 3-1.** Resumen sinóptico-climático de la subregión VC2 del Valle Central. Obtenido de [30].

Subregión	Lluvia Media Anual (mm)	T. Máxima Media Anual (° C)	T. Mínima Media Anual (° C)	T. Media Anual (° C)	Promedio de días con lluvia	Duración del período seco (meses)
VC2	2016	26	15	20	128	1

El **Gráfico 3-1**, muestra cual ha sido el comportamiento de las precipitaciones en la zona de incidencia del acueducto desde el año 2000 al año 2021 [31].

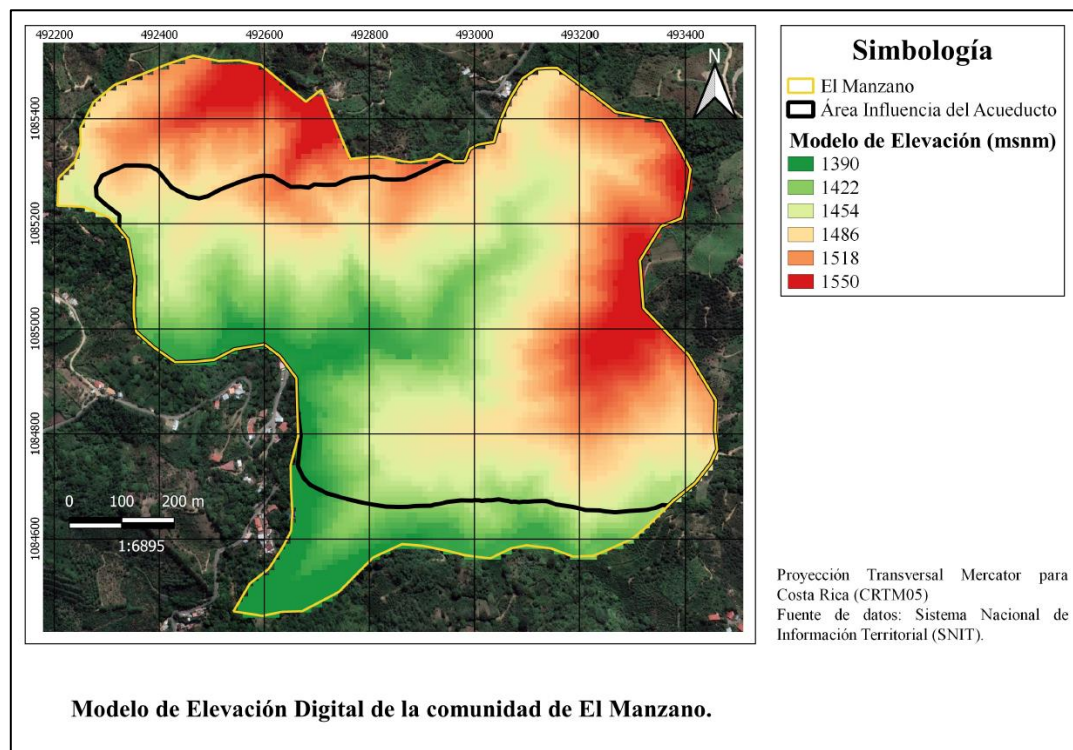


**Gráfico 3-1.** Historial de precipitación anual en la zona de influencia del acueducto El Manzano.

El historial de precipitación para la Zona, el cual se indica en el **Gráfico 3-1**, da a conocer que el año 2019, año en que se inició la medición de producción de agua fue un año seco.

### 3.3 Topografía

La comunidad de El Manzano presenta zonas con diferencias de elevación entre los 1390 msnm y 1550 msnm, ver **Figura 3-3**.



**Figura 3-3.** Distribución de las elevaciones en la comunidad de El Manzano, en msnm.

De acuerdo con la imagen del modelo de elevación digital, las zonas con tonalidad verde son las que presentan las alturas más bajas cerca de los 1390 msnm en el área de influencia del acueducto, mientras que las de color rojo poseen las mayores elevaciones, mismas que rondan



los 1550 msnm. Debido a la presencia de servicios habitacionales tanto en zonas altas, como las bajas el alineamiento proyectado para hacer la instalación de la tubería de conducción estaría recorriendo tanto las zonas bajas como las zonas altas.

En la comunidad hay presencia de cuerpos de agua superficiales como ríos o arroyos, ante lo cual es importante mencionar que un tramo de la tubería principal, debe pasar a través del Río Jericó, este río a lo largo de todo el año mantiene su cauce, sin embargo, en la época de invierno es frecuente que se presenten grandes crecidas, en la **Figura 3-4**, se muestra una sección de camino de lastre, así como la sección del Río Jericó, por el cual se prevé colocar el tramo de la tubería, ante tal situación es imprescindible construir una obra hidráulica que tenga como funciones el aseguramiento de la tubería, así como también la continuidad del flujo de agua en el cauce del río.

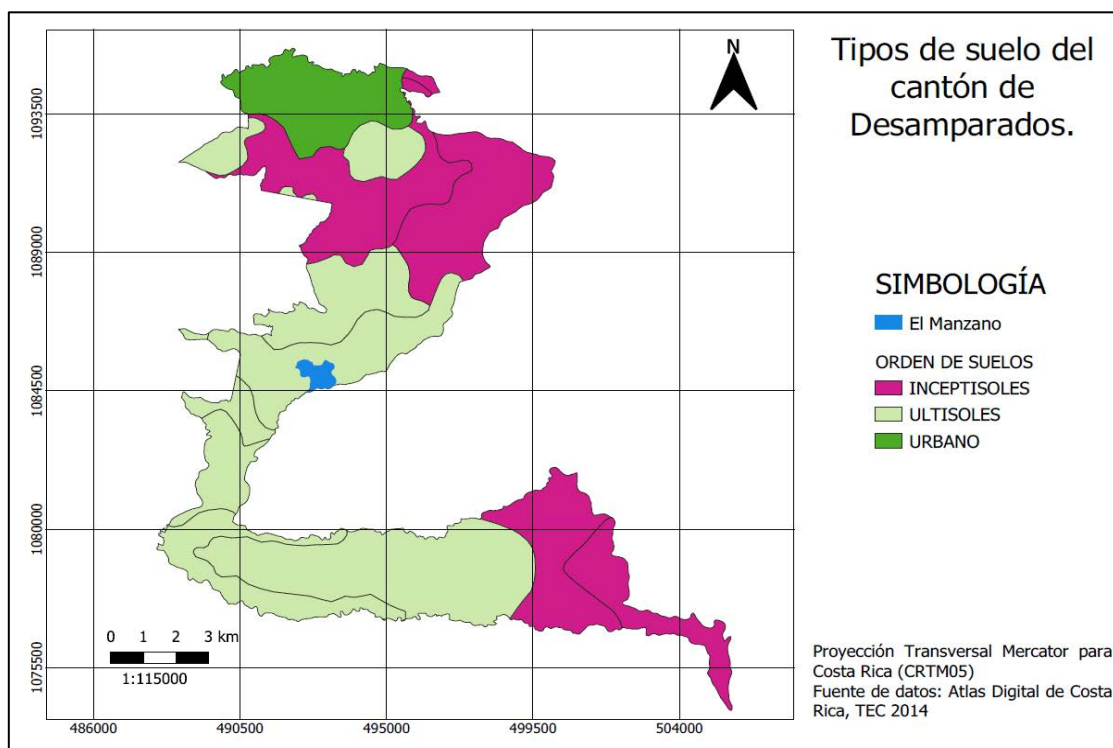


**Figura 3-4.** Camino y sector del Río Jericó, por el cual debe atravesar un tramo de la tubería principal.

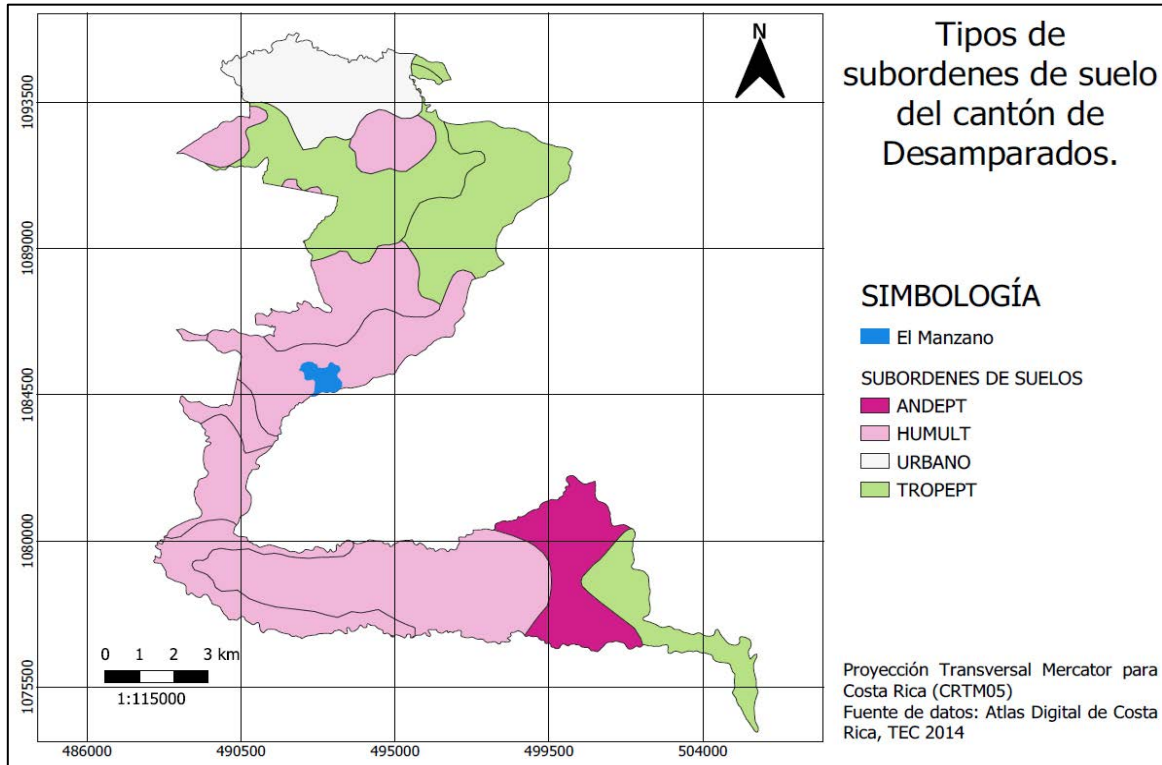


### 3.4 Tipos de suelos, hidrogeología y zonas de riesgo.

Como es posible observar en la **Figura 3-5**, el orden de suelo que se presenta en la comunidad es del tipo Ultisol, mismos que se asocian a climas húmedos, además de ser los más viejos que pueden encontrarse en el país como características físicas, se tiene que presentan texturas de finas a muy finas como es el caso de las arcillas y poseen un buen drenaje interno, ya que su estructura es buena [32], además como suborden está el tipo Humult, ver la **Figura 3-6**, estos como característica tienen la alta presencia de materia orgánica, “estos por lo general se encuentran en zonas montañosas con pendientes elevadas y con alta tasa de precipitación, aunque con períodos de baja humedad durante algunas estaciones” [33].

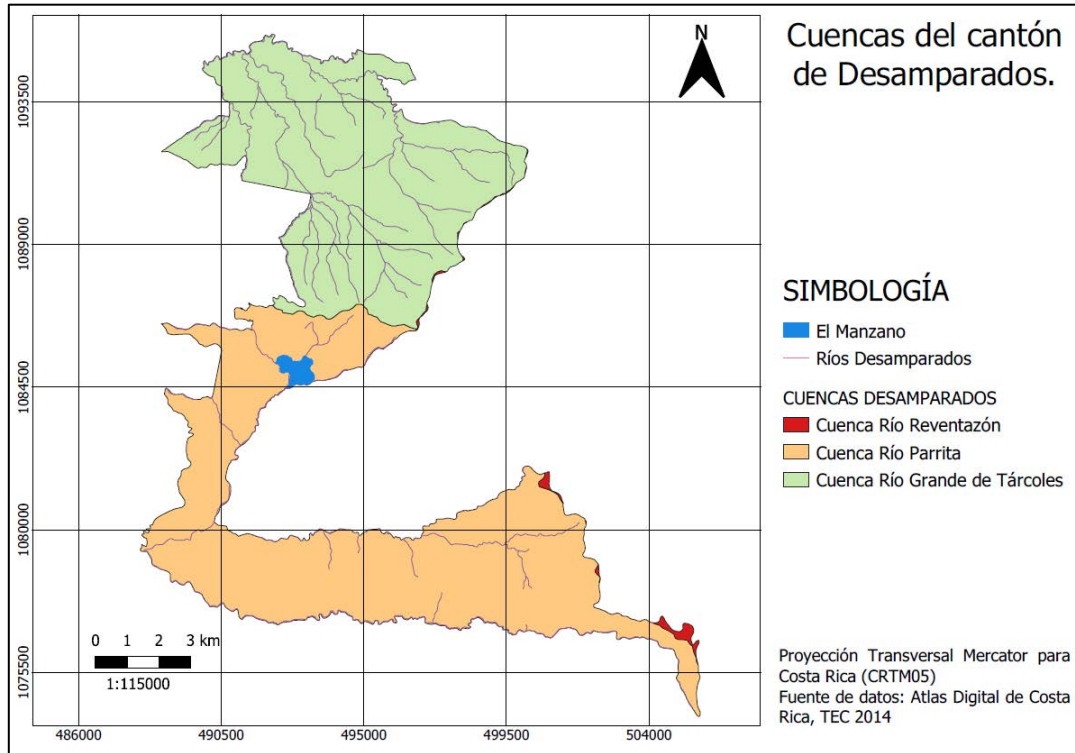


**Figura 3-5.** Órdenes de suelo presentes en el cantón de Desamparados.



**Figura 3-6.** Subórdenes de suelo presentes en el cantón de Desamparados.

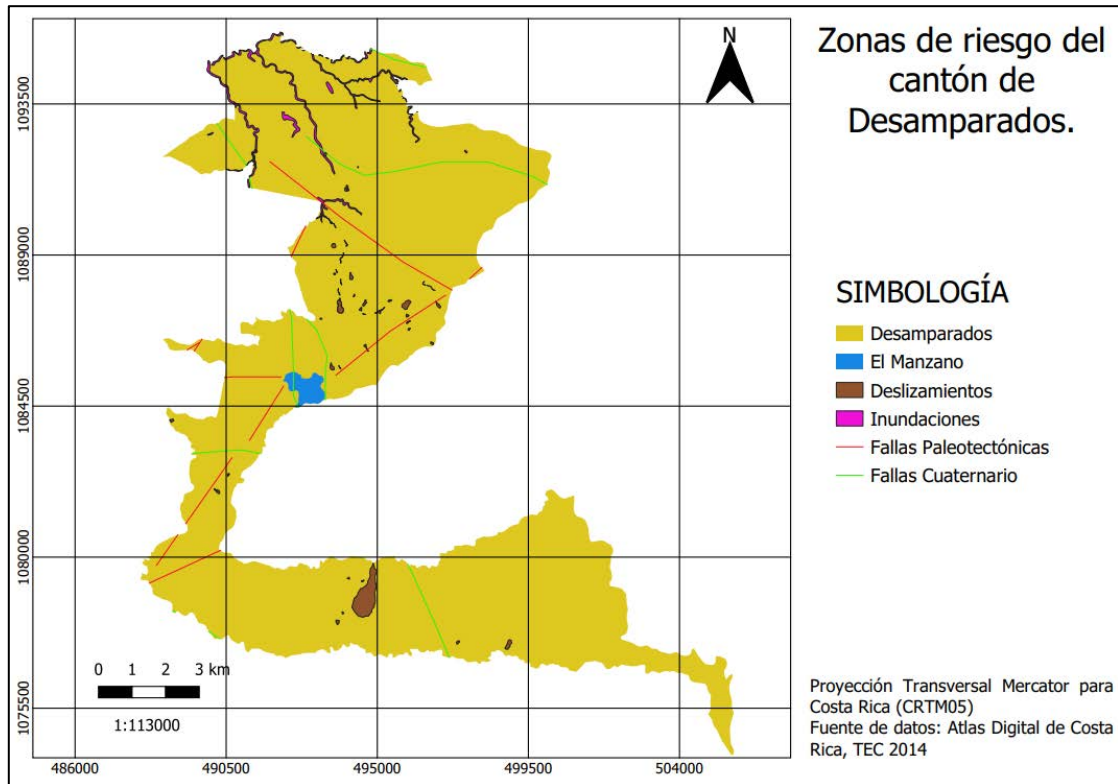
La comunidad, como anteriormente ya se indicó, es atravesada por el río Jericó, el cual tiene su origen en el cerro El Tablazo, cuyo cauce es asumido por el río Grande de Candelaria de la cuenca Río Parrita, para ello se puede observar la **Figura 3-7**, donde se muestra hacia donde confluyen los cauces de las aguas de la comunidad. A su vez el área de este proyecto en cuestión presenta otras de afloraciones de agua, mismas que los vecinos aprovechan tanto para la ingesta como para el uso agrícola.



**Figura 3-7.** Hidrología que presenta el cantón de Desamparados.

Por otro lado, la zona se encuentra en medio de fallas tectónicas, razón por la cual es susceptible a sufrir daños producto de la actividad sísmica. De acuerdo con información proporcionada por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), las fuertes pendientes, en conjunto con el tipo de rocas areniscas y volcánicas, hacen latente la formación de deslizamientos de tierras, poniendo en peligro las vías terrestres de comunicación e inclusive la misma población. Otros factores que ayudan a la formación de los derrumbes de tierra es la deforestación y las fuertes lluvias. En la zona de estudio no se tiene la problemática en lo que respecta a eventos de inundación producto de las fuertes pendientes de los terrenos. En

la figura **Figura 3-8**, se muestra un mapa con las zonas de mayor probabilidad a sufrir desastres de origen natural.



**Figura 3-8.** Mapa de zonas con posible riesgo en las cercanías de la comunidad de El Manzano.

### 3.5 Características sociales y económicas

La comunidad de El Manzano, a partir del estudio de la información obtenida en el censo realizado, tiene un total de 83 casas habitadas por 234 personas, además cuenta con un salón comunal, iglesia católica, escuela primaria, local comercial, un minisuper (pulpería), y plaza de deportes. m<sup>3</sup>

La principal fuente de trabajo en la zona es la agricultura, en su mayoría por dos tipos diferentes de cultivo: mismos que son el café y el aguacate, el primero de ellos en disminución y el segundo en aumento, esto con lo que respecta al área efectiva de siembra. La recolección del café se da en durante los meses de noviembre a febrero, sin embargo, cabe resaltar que no se presenta un aumento de personas en la comunidad, ya que tal fruto, es cosechado por los mismos propietarios de las fincas, en el caso del aguacate se tienen dos cosechas anuales la primera de ellas en los meses de abril a mayo, la segunda de octubre a noviembre, para estas épocas mencionadas de recolección tampoco se da aumento de la población.

## **Educación**

La comunidad de El Manzano cuenta con un centro de enseñanza de educación primaria, mismo que es llamado Escuela El Manzano. La matrícula del centro educativo al 2021 es de 60 estudiantes en transición, esto de acuerdo con los informes dados por personal administrativo de la institución, a su vez indican que el máximo de capacidad de niños por matricular, basados en la infraestructura del centro educativo es de 100 estudiantes.

### **3.6 Descripción estado actual del acueducto**

#### **3.6.1 Obra de tomas de captación**

Se tienen tres tomas de captación en el área de afloración de las nacientes, éstas son cercanas entre sí, ubicadas adentro de un área con diámetro aproximado de 50 m, dos de éstas son captadas en el punto llamado Naciente Mayor Producción con las coordenadas latitud 1085367,82 y longitud 493359,83; la tercera afloración de agua es captada en el punto con

latitud 1085344,65 y longitud 493373,52 cuyo nombre asignado es Naciente Menor Producción, las coordenadas proporcionadas tienen la proyección CRTM05.

Con respecto a la información registral de las propiedades en las cuales se ubican las nacientes, no se tienen documentos oficiales que constaten quién o quiénes son las personas propietarias de estos terrenos, por tal motivo se insta a las autoridades pertinentes a investigar sobre ello con motivo de llevar a cabo la remodelación o construcción de las obras sin ningún inconveniente desde el punto de vista legal.

El caudal captado por parte de Naciente Mayor Producción es conducido a un tanque plástico de almacenamiento con capacidad para 2,5 m<sup>3</sup>, mientras que el caudal de la afloración Naciente Menor Producción, es dirigido a un segundo tanque construido en concreto-mampostería con capacidad para aproximadamente 3,0 m<sup>3</sup>.

Las tomas de captación deben ser reestructuradas, de acuerdo a informes remitidos por los habitantes de la comunidad, dichas obras de captación tienen más de 40 años de haber sido construidas, y no cuentan con ningún criterio técnico de construcción, dentro de las características propias donde éstas se ubican, se tiene que no cuentan con ninguna cerca perimetral de seguridad que prevenga el ingreso de seres vivos vectores de contaminación, no presentan sistemas de desagües que detengan el ingreso de aguas causantes de contaminación difusa, las que a su vez aumentan la probabilidad de posible erosión del suelo a causa del lavado realizado por el paso del agua cerca de las tomas del agua, no cuentan con sistema de registro de medición que brinden la información de la cantidad de agua que en ellas se produce, en conjunto a ello tampoco tienen cámara de excedencia ni de limpieza. En

la **Figura 3-9**, se muestra cual es la condición a la fecha actual del estado que presentan las tomas de captación del agua previstas a utilizar para dotar el agua de la comunidad.



**Figura 3-9.** Tomas de captación de agua, implementadas a la actualidad por la comunidad de El Manzano.

### **3.6.2 Obras de tratamiento y purificación**

Solo posee un sistema de filtración, éste se compone de rocas (su tamaño se desconoce) colocadas ahí por los habitantes al momento de su construcción, las mismas fueron ubicadas por debajo de la superficie del suelo de, esto de acuerdo con la información brindada por los pobladores actuales de la comunidad. La estructura actual no tiene ningún sistema químico o biológico para la potabilización del agua, en consecuencia, los habitantes consumen el agua a como ésta es naturalmente obtenida, razón por la cual se ve aumentando el riesgo de afectación a la salud a causa de diferentes organismos patógenos o de sustancias químicas,

pues donde se ubican las tomas de captación hay cercanía con terrenos en producción agrícola.

### **3.6.3 Obras de almacenamiento**

El sistema actual posee dos tanques, uno de ellos de material plástico con capacidad para almacenar 2,5 m<sup>3</sup>, mismo que desde el punto de vista hidráulico, no tiene función de almacenamiento, debido a que opera como un sistema de flujo continuo, su ubicación es contigua a la zona de afloración de los manantiales, tiene las coordenadas: latitud 1085350,27 y longitud 493352,63. El otro tanque utilizado, presenta condiciones inadecuadas para estar en funcionamiento, debido a la presencia de grietas por las cuales se fuga el agua, su construcción data aproximadamente de 35 años atrás y está hecho en materiales de concreto y mampostería, con capacidad para almacenar 3,0 m<sup>3</sup>, su ubicación es en las coordenadas latitud 1085131,05 y longitud 4928254,80.

Para la futura construcción del acueducto, en lo que respecta al diseño hidráulico no se contempla el uso de los tanques de almacenamiento actuales, ya que no cumplen con los requisitos de capacidad de almacenamiento y su mal estado físico, razón por la cual podría verse afectado el normal funcionamiento del acueducto. La **Figura 3-10**, muestra los tanques anteriormente descritos.

De acuerdo con la posible ubicación de los tanques para almacenamiento, misma que sería contigua a las nacientes de agua, es necesario tramitar la información que haga posible conocer cuál es la persona propietaria de los terrenos, para así no tener ninguna implicación legal a la hora de realizar la construcción del sistema de almacenamiento.





**Figura 3-10.** Tanques para almacenamiento de agua, implementados por la comunidad de El Manzano.

#### **3.6.4 Red de conducción y distribución**

La forma actual en la que se distribuye el agua en El Manzano no tiene un criterio técnico hidráulico de diseño ni de construcción, motivo por el cual no posee las obras ni los accesorios requeridos para un buen manejo del agua. La conducción *Naciente Producción Mayor – tanque plástico*, tiene una longitud cercana a 30 m, con tubería PVC de 25 mm. Una vez que el agua pasa a través del tanque azul recorre una distancia aproximada de 500 m en tubería de 25 mm de diámetro con dirección hacia un múltiple de distribución ubicado en las coordenadas latitud 1085073,94 y longitud 492887,68, cuya tarea es realizar la distribución del agua hacia los diferentes servicios requeridos por los usuarios. La conducción para el sistema *Naciente Producción Menor - tanque concreto y mampostería*, es con manguera de

poliducto (Polietileno de Baja Densidad con material reciclado) con diámetro de 18 mm y longitud de 575 m aproximadamente. La **Figura 3-11**, a la izquierda muestra el múltiple de distribución utilizado, y a la derecha, identifica el tipo de distribución de líneas usada por el total de habitantes de la comunidad.

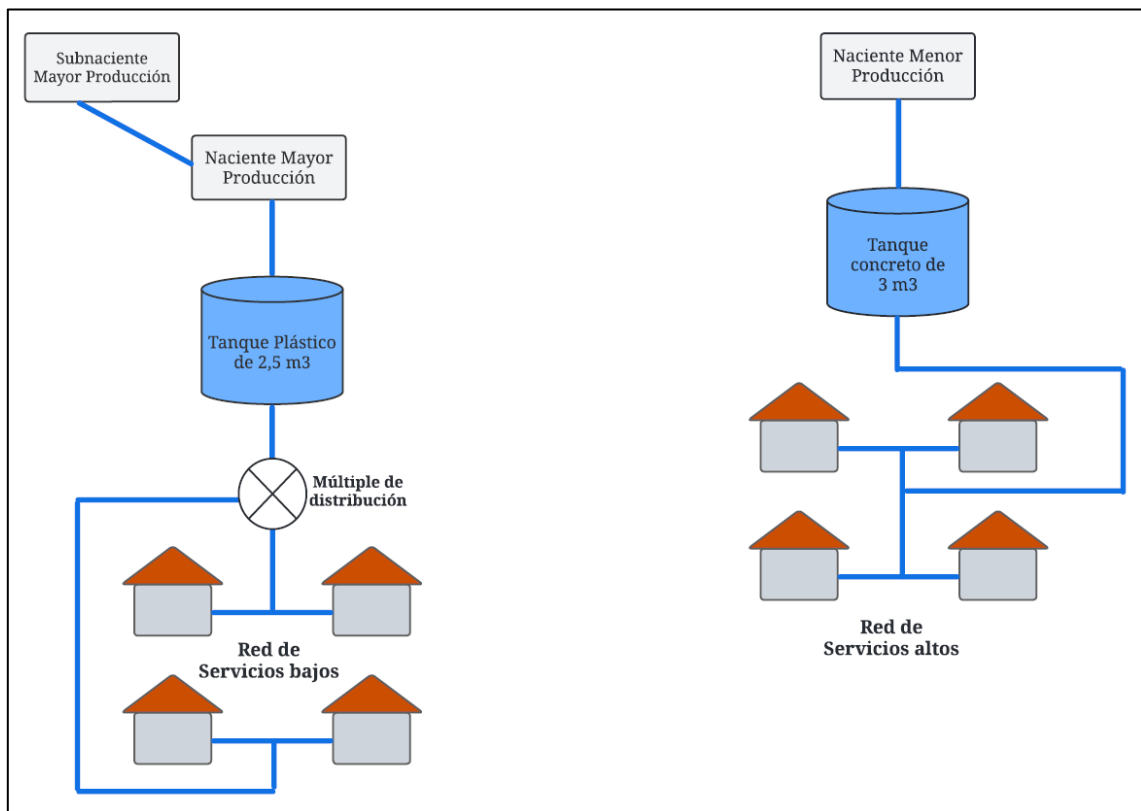


**Figura 3-11.** Manifold y líneas para la distribución del agua, implementados por la comunidad de El Manzano.

Como se observa en la **Figura 3-11**, la red de distribución no posee criterio alguno de diseño, por lo tanto, sus características, su instalación y ubicación son inadecuadas para dar un buen servicio. Las longitudes de las tuberías (mangueras) del múltiple a los puntos finales (casas de habitación de los usuarios), son desconocidas.

El sistema utilizado en El Manzano no posee sistemas de medición de volumen acumulado de agua, lo cual hace complicado estimar el consumo de agua por parte de cada uno de los servicios a los que se les da abastecimiento, además tampoco posee implementos o accesorios de control como válvulas, manómetros, entre otros.

La **Figura 3-12** pretende mostrar cómo están conectados cada uno de los componentes que a la actualidad forman parte del sistema de distribución de agua en la comunidad, contemplando desde las nacientes hasta los nodos de servicio final.



**Figura 3-12.** Esquema actual del funcionamiento actual del sistema de distribución de agua en la comunidad de El Manzano.

### 3.6.5 Calidad del agua

Para valorar las condiciones de potabilidad que presenta el agua de las dos nacientes, se realizó la toma de muestras durante la época de invierno (octubre 2020), para posteriormente llevarlas a ser procesadas en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Escuela Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica. Los resultados obtenidos en el laboratorio se muestran separados por parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

**Cuadro 3-2.** Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la Naciente Mayor Producción.

<b>Naciente Mayor Producción (UNO)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Alerta</b>	<b>Valor Máximo Admisible</b>	<b>Resultado</b>	<b>Cumple Parámetros</b>
<i>Turbiedad</i>	UNT	1,00	5,00	4,18	SI
<i>Conductividad</i>	μS/cm	400,00	--	247,00	SI
<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	mg/L	--	1000,00	121,76	SI
<i>Cobre</i>	mg/L	1,00	2,00	0,03	SI
<i>Hierro</i>	mg/L	--	0,30	0,60	NO
<i>Dureza Total</i>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300,00	400,00	115,00	SI
<i>Nitrato</i>	mg/L	25,00	50,00	0,06	SI
<i>Nitrito</i>	mg/L	--	0,10	0,01	SI

**Cuadro 3-3.** Resultados de los parámetros microbiológicos de la Naciente Mayor Producción.

<b>Naciente Mayor Producción (UNO)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Alerta</b>	<b>Valor Máximo Admisible</b>	<b>Resultado</b>	<b>Cumple Parámetros</b>
<i>Coliformes Totales</i>	NMP /100 ml	Ausencia	Ausencia	Presencia	NO
<i>Coliformes Fecales</i>	NMP /100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	SI
<i>E. coli</i>	NMP /100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	SI

**Cuadro 3-4.** Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la Naciente Menor Producción.

<b>Naciente Menor Producción (Dos)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Alerta</b>	<b>Valor Máximo Admisible</b>	<b>Resultado</b>	<b>Cumple Parámetros</b>
<i>Turbiedad</i>	NTU	1,00	5,00	0,81	SI
<i>Conductividad</i>	μS/cm	400,00	--	241,00	SI
<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	mg/L	--	1000,00	121,27	SI
<i>Cobre</i>	mg/L	1,00	2,00	0,02	SI
<i>Hierro</i>	mg/L	--	0,30	0,15	SI
<i>Dureza Total</i>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300,00	400,00	98,00	SI
<i>Nitrato</i>	mg/L	25,00	50,00	0,90	SI
<i>Nitrito</i>	mg/L	--	0,10	0,01	SI

**Cuadro 3-5.** Resultados de los parámetros microbiológicos de la Naciente Menor Producción.

<b>Naciente Menor Producción (Dos)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Alerta</b>	<b>Valor Máximo Admisible</b>	<b>Resultado</b>	<b>Cumple Parámetros</b>
<i>Coliformes Totales</i>	NMP /100 ml	Ausencia	Ausencia	Presencia	NO
<i>Coliformes Fecales</i>	NMP /100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	SI
<i>E. coli</i>	NMP /100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	SI

Además de las pruebas realizadas en el laboratorio de la Universidad de Costa Rica, se tiene un segundo análisis llevado a cabo por el Laboratorio Nacional de Aguas, teniendo como fecha de muestreo el día 16 de octubre del 2020. Los resultados de este análisis se muestran en el ANEXO 2.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### 4.1 Parámetros de diseño

#### 4.1.1 Levantamiento topográfico

La escogencia de la ruta para el alineamiento de la tubería, obedece a ubicar la mayor parte de ésta sobre terrenos públicos, con el propósito de facilitar el planeamiento logístico de construcción y posterior mantenimiento de la obra, así mismo, se parte del hecho de que la disponibilidad de agua debe estar por igual a cada uno de los pobladores de la comunidad, por tal motivo se vuelve indispensable realizar un trazado de tubería que rodee todos los sectores actuales y futuros donde haya demanda de agua potable.

El levantamiento que se llevó a cabo fue el planiperfil del posible trazado de la tubería para el acueducto de El Manzano, éste fue a través de rutas nacionales y locales, así como caminos de servidumbre, mismos que a la fecha de elaboración del proyecto son utilizados por los vecinos para conducir el agua hacia la comunidad. A continuación, se indican los cinco tramos de tuberías proyectados o considerados a construir para el transporte del agua a los usuarios del área de interés. Estos son mostrados más adelante en la **Figura 4-9**.

- **Tramo Uno: Sector Calle Servidumbre.**

El tramo de tubería Calle Servidumbre inicia en el punto de almacenamiento del agua, coordenadas 1085350,30 latitud y 493352,63 longitud, su finalización se da en el punto de unión con la ruta nacional 304 cuyas coordenadas son 1085383,84 latitud y 493077,35 longitud y, posee una longitud de 480 m. El punto más alto de este tramo tiene una elevación

de 1536 msnm, mientras que el de menor es 1501 msnm, tales puntos son el de inicio y fin de la línea de distribución respectivamente.

- **Tramo Dos: Sector Calle Pública.**

Sobre la carretera principal, ruta nacional 304, se localiza un segundo tramo de tubería con una distancia aproximada de 1030 m, con punto inicial en 1085383,84 latitud y 493077,35 longitud, tal punto contaría con la mayor elevación 1501 msnm; dicho punto corresponde al final del tramo Sector Calle Servidumbre, la línea Sector Calle Pública finaliza en el nodo con la elevación más baja del Sector y del sistema completo 1399 msnm, ubicado en 1084959,02 latitud y 492678,87 longitud.

- **Tramo Tres: Sector Calle El Hoyo.**

Una tercera línea de tubería es propuesta para el Sector Calle El Hoyo con inicio en el punto; 1085111,10 latitud y 492899,88 longitud, y a su vez es el de menor elevación 1462,5 msnm, el tercer tramo finaliza en el punto con las coordenadas 1085281,48 latitud y 492966,38 longitud, cuya elevación es la más alta de este Sector 1514,5 msnm, la distancia que recorre este tramo es de 280 m.

- **Tramo Cuatro: Sector Escuela.**

El cuarto sector propuesto es Sector Escuela, comparte el mismo inicio de Calle El Hoyo 1085111,10 latitud y 492898,88 longitud; siendo este el punto de mayor altura 1462,5 msnm, el nodo final es a la vez el nodo más bajo del Sector 1409,30 msnm, ubicado en 1084989,92



latitud y 492754,87 longitud, la distancia recorrida por este tramo sería aproximadamente de 390 m.

- **Tramo Cinco: Sector Calle a La Pacaya.**

El quinto y último tramo para colocar una línea de tubería es el Sector Calle a La Pacaya con origen en 1084973,03 latitud y 492756,66 longitud, siendo éste el punto más bajo del tramo con 1406,00 msnm, el tramo concluye en el punto con las coordenadas nodo 1084816,25 latitud y 493371,22 longitud, dando como resultado cerca de 1250 m de extensión de tubería. El punto más alto de este Sector se encuentra ubicado a 165 m antes del nodo final y tiene una elevación de 1516,00 msnm, como particularidad de este sector, al inicio de la tubería, ésta debe atravesar el Río Jericó mediante un puente elevado ya construido en el sitio.

De igual forma se hizo el levantamiento de los puntos donde se ubican las afloraciones del agua, tanques de almacenamiento, ríos y múltiple de distribución. Como ya fue indicado, al no contar con un acueducto correctamente establecido, no hubo levantamiento puntual de accesorios que conforman un sistema de distribución de agua, tales como: válvulas de control, tanques quiebra gradiente, equipo de bombeo, entre otros.

En el **Cuadro 4-1**, se muestran las coordenadas y alturas de cada uno de los puntos tomados como posible ruta para el diseño e instalación de la tubería que permitirá transportar el agua para cada uno de los usuarios de la comunidad.

**Cuadro 4-1.** Puntos levantados a lo largo de los trayectos propuestos para instalar la tubería del Acueducto.

<b>SECTOR</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>COTA (msnm)</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>
Calle Servidumbre	Tanque Almacenamiento	1536,13	1085350,30	493352,63
Calle Servidumbre	Control 2	1531,82	1085385,34	493265,13
Calle Servidumbre	Primer Servicio	1510,95	1085439,56	493153,33
Calle Servidumbre	Puente Calle Servidumbre	1491,92	1085485,91	493132,49
Calle Servidumbre	Control 3	1495,42	1085419,52	493079,93
Calle Servidumbre- Calle Pública	Fin Calle Servidumbre – Inicio Calle Pública	1501,19	1085383,84	493077,35
Calle Pública	Control 2	1482,09	1085240,03	493003,76
Calle Pública	Válvula 3.2-División de Sectores	1462,52	1085112,50	492902,25
Calle Pública	Control 4-Hidrante	1439,90	1085070,01	492743,85
Calle Pública	Válvula Reductora Presión	1420,79	1085025,33	492640,71
Calle Pública	Control 6 -Hidrante	1411,11	1084993,33	492721,20
Calle Pública	Puente Calle Pública	1407,54	1084986,50	492770,59
Calle Pública	Servicio más bajo	1399,23	1084959,02	492678,87
Calle El Hoyo	Válvula Reductora Presión	1481,56	1085211,40	492922,73
Calle El Hoyo	Control 3	1490,99	1085217,76	492981,25
Calle El Hoyo	Control 4	1513,11	1085281,48	492966,38
Calle La Escuela	Válvula Reductora Presión	1428,73	1085036,52	492874,85
Calle La Escuela	Control 4	1416,89	1085037,74	492841,42
Calle La Escuela	Control 5	1417,63	1085055,55	492786,22
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Control 1	1428,73	1085018,75	492900,90
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Control 2	1405,90	1084961,86	492788,74
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Válvula Reductora Presión 1-2	1427,80	1084892,66	492733,89
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Control 4	1436,80	1084840,59	492775,34
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Control 5	1460,39	1084874,80	492812,99
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Válvula Reductora Presión 2-2	1480,58	1084855,09	492919,70
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Nodo Mayor Altura	1515,98	1084784,35	493211,53
Calle La Escuela- Calle La Pacaya	Control 7	1502,66	1084835,45	493362,97

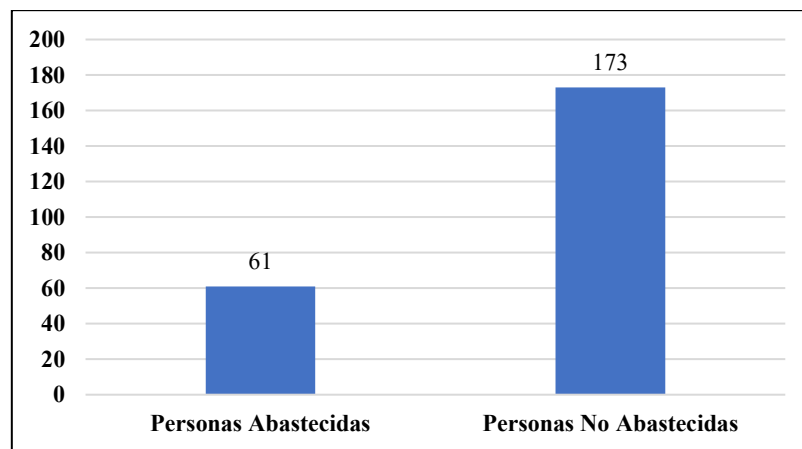
#### 4.1.2 Población de diseño

Según el censo realizado a la población en agosto de 2020, El Manzano cuenta con un total de 234 personas distribuidas en 83 casas de habitación, lo que implica un hacinamiento (personas/hogar) de 2,82. La distribución por rango de edades se muestra en el **Cuadro 4-2**.

**Cuadro 4-2.** Censo de la población de El Manzano, por rango de edades.

Total de Personas	Edades				
	0 - 19	20 - 39	40 - 59	60 - 79	80 - 99
234	49	77	69	31	8

De la población actual, solo 61 personas, equivalente al 26,0 %, hacen uso del agua proveniente de las nacientes que abastecerían el acueducto por construir, mientras que el restante 74,0 % correspondiente a 173 personas, hacen uso de otras fuentes de abastecimiento de agua, propias de cada familia, ello se muestra en el **Gráfico 4-1**.



**Gráfico 4-1.** Población abastecida y no abastecida actualmente por las fuentes de agua a utilizar por el acueducto.

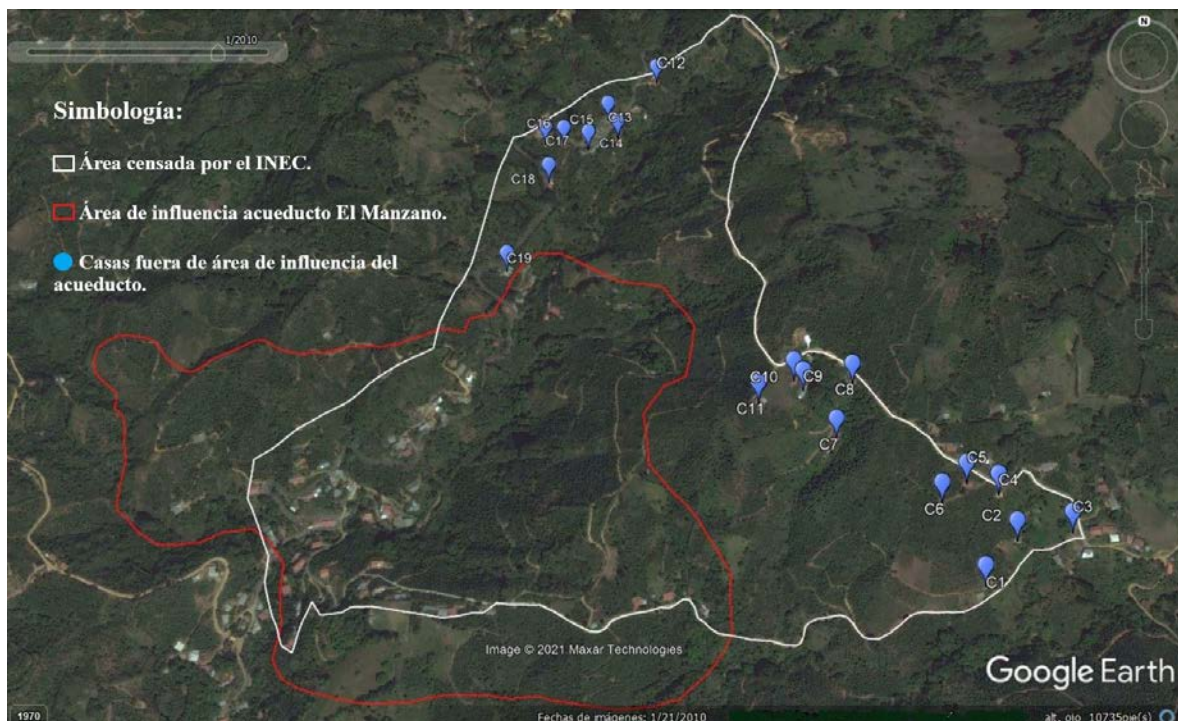
En el **Cuadro 4-3**, se muestra la información de los censos realizados por el INEC de la UGM a la cual pertenece el área de interés, los cuales en conjunto con los del censo de la comunidad **Cuadro 4-2**, hacen posible proyectar la población futura del área de interés, dicha información da paso a determinar la demanda de agua generada por los integrantes de la comunidad.

**Cuadro 4-3.** Datos de censos de población, realizados por el INEC en la comunidad El Manzano. Fuente: INEC.

<b>Año Censo de población</b>	<b>Código Área Empadronamiento</b>	<b>Total de población</b>	<b>Total viviendas ocupadas</b>
<i>2000</i>	111	179	50
<i>2011</i>	163	259	90

#### **4.1.2.1 Población proyectada a partir de métodos matemáticos**

Al observar **Cuadro 4-2** y **Cuadro 4-3**, es notorio la reducción de población en el período comprendido entre 2011 – 2020. Sin embargo, tal afirmación no es completamente cierta, ya que los censos realizados por el INEC, contemplan mayor área de cobertura que el área de interés (área influencia del acueducto) cubierta por el censo de agosto 2020. La **Figura 4-1**, data del año 2010, obtenida a partir de Google Earth Pro, en ella se observa la contabilización de 19 casas demarcadas con la figura de una gota color celeste, que están por fuera del área de influencia del acueducto de El Manzano demarcada por el polígono de color rojo, por lo tanto, estas no fueron incluidas en el censo realizado en el año 2020. El polígono de color blanco es la UGM censada por los personeros del INEC, durante el 2011.



**Figura 4-1.** Casas por fuera del área de influencia del acueducto de El Manzano, durante el año 2010.

El censo del INEC, realizado durante el 2011, ver en **Cuadro 4-3**, reportó una población de 259 personas distribuidas en 90 casas en la comunidad de El Manzano, lo cual representa un promedio de 2,88 personas por casa, tomando como referencia la imagen de Google Eart Pro, **Figura 4-1**, se tienen 19 casas por fuera del área de influencia, lo cual implicaría un total de 54,53 personas menos, para el censo realizado en el 2011. Lo anterior se debe tomar en cuenta para tener un valor más cercano a la realidad a la hora de hacer la proyección de crecimiento poblacional, por lo que, para efectos de este trabajo, se contempla una población censada durante el 2011 de 204 personas en lugar de las 259 indicadas por el INEC.

A continuación, los resultados de las proyecciones de población para la comunidad.

**Proyección Aritmética.**

**Cuadro 4-4.** Resultados de proyección de población por el método de Proyección Aritmética.

Censos para Tasa Crecimiento			Año Base		Año Proyección	
<i>Años Censados</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa Crecimiento</i>	<i>Año</i>	<i>Población</i>	<i>Año</i>	<i>Población</i>
2000 - 2011	179 - 204	2,27	2020	234	2050	302,18
2000 - 2020	179 - 234	2,75	2020	234	2050	316,50
2011 - 2020	204 - 234	3,34	2020	234	2050	334,00

Los resultados observados en el **Cuadro 4-4**, obedecen al seguimiento de los pasos de la **Ecuación (2-21)**, en el mismo se puede apreciar que la máxima cantidad de población, viviendo en la zona de influencia del acueducto de El Manzano sería de 334 personas, esto a partir de los datos de los censos de 2011 y 2020, mientras que la mínima población sería de 302 personas, producto de analizar los censos llevados a cabo en 2000 y 2011.

**Proyección Geométrica o de Interés Compuesto.**

**Cuadro 4-5.** Resultados de proyección de población por el método de Proyección Geométrica o Interés Compuesto.

Censos para Tasa Crecimiento			Año Base		Año Proyección	
<i>Años Censados</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa Crecimiento</i>	<i>Año</i>	<i>Población</i>	<i>Año</i>	<i>Población</i>
2000 - 2011	179 - 204	0,012	2020	234	2050	334,24
2000 - 2020	179 - 234	0,013	2020	234	2050	349,75
2011 - 2020	204 - 234	0,015	2020	234	2050	369,68

El **Cuadro 4-5**, muestra los resultados de la proyección por el método de interés compuesto para la población del año 2050 en El Manzano, como resultado de seguir la metodología de la Ecuación (2-23). Al igual que en el caso de la proyección aritmética, la mayor población es de 370 personas, la cual se alcanza con los datos de los censos del 2011 y 2020, mientras que la menor población, 334 personas, se obtiene durante los análisis de censos de 2000 y 2011.

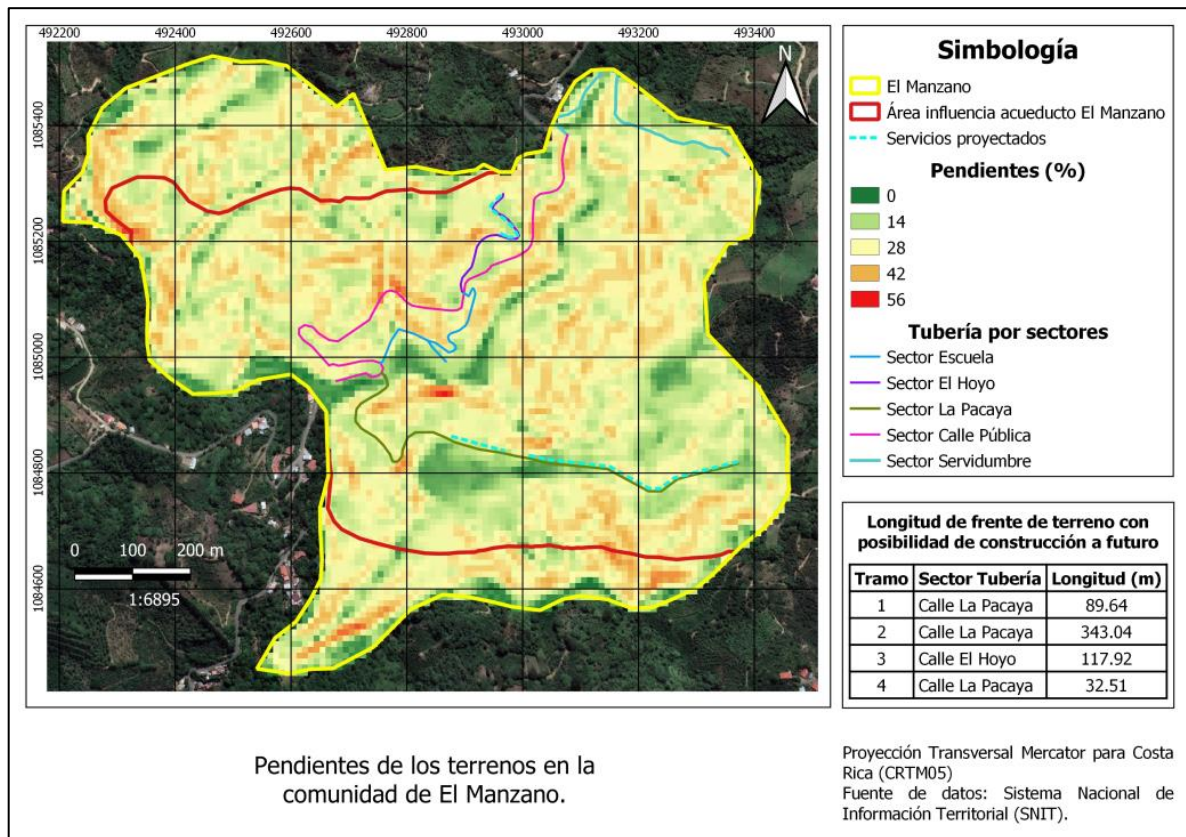
### **Proyección Logística.**

Para hacer uso de esta metodología, es necesario el conocimiento del valor de saturación de la población del área de El Manzano, por lo tanto, se debe saber cuál es la capacidad habitacional de la comunidad, para ello es necesario conocer lo indicado en el Plan de Ordenamiento Territorial de la Municipalidad de Desamparados, encontrándose El Manzano dentro de la zona llamada Zona de Protección Especial (ZEP-GAM) y por lo tanto los siguientes requisitos generales deben ser cumplidos, en lo que a fraccionamiento de un terreno respecta para construcción de viviendas:

- Superficie mínima de lote de 200 m<sup>2</sup>.
- Frente mínimo de lote de 10 m.
- Retiro frontal y posterior de 3 m.

Paralelo a ello, La Municipalidad en su Plan recomienda evitar la construcción de edificaciones en terrenos que presenten pendientes mayores al 30 %, sin embargo, en caso de hacerlo, indica que es necesario implementar estudios avanzados que permitan la

aprobación o no de dicha construcción, para efectos del presente trabajo se partió del hecho de no proyectar construcciones en terrenos que superen las pendientes de 30 %.



**Figura 4-2.** Distribución de las pendientes que presenta la comunidad de El Manzano

En la **Figura 4-2**, se muestran las pendientes en porcentaje que presentan los terrenos de la comunidad de El Manzano, mismas que van desde 0 % color verde a 56 % color rojo. Partiendo de lo recomendado por la Municipalidad de Desamparados en su plan de ordenamiento territorial, es posible la construcción de viviendas solo en aquellos lugares con tonalidad verde y/o anaranjado claro, en la **Figura 4-2**, éstos son los demarcados con la línea



punteada de color cian. Los sectores que permiten tal crecimiento a futuro bajo el criterio de las pendientes del terreno son: Sector Calle El Hoyo y Sector Calle La Pacaya. En el Sector Calle El Hoyo la longitud de terreno frente a calle pública tiene 117,92 m, mientras que en el Sector Calle La Pacaya es de 465,19 m, acatando la norma del Plan de Ordenamiento Territorial; el cual establece que el lote de menor área es 200 m<sup>2</sup> y con frente a calle pública de 10 m, se tendría la capacidad de construir 46,52 casas, teniendo como valor final a utilizar 47 casas en el sector La Pacaya, y 11,8 equivalente a 12 casas en el sector Calle El Hoyo. En el **Cuadro 4-6**, se indica la población requerida para llegar al punto de saturación, en la comunidad, así como los sectores posibles donde se ubicarían.

**Cuadro 4-6.** Cantidad de personas posibles que se podrían sumar a la población actual en la comunidad de El Manzano al llegar al punto de saturación, distribuidas por sectores.

<b>Sector</b>	<b>Tipo Servicio</b>	<b>Cantidad de servicios habitacionales.</b>	<b>Total de personas</b>
Servidumbre	Habitacional	0,00	0
Calle Pública	Habitacional	0,00	0
Calle El Hoyo	Habitacional	12,00	33,83
Calle Escuela	Habitacional	0,00	0
Calle La Pacaya	Habitacional	47,00	132,50
<b><i>Total de servicios</i></b>		<b><i>59,00</i></b>	<b><i>166,33</i></b>

A partir de cálculos realizados, se encontró que el hacinamiento en El Manzano es 2,82, con ello al contemplar la población futura; la población de saturación de El Manzano se alcanzaría al momento de haber un total de 400 personas distribuidas en 130 casas. Los

resultados mostrados en el **Cuadro 4-7**, se obtuvieron con el método de Proyección Logística, mediante el uso de la **Ecuación (2-25)**.

**Cuadro 4-7.** Resultados de proyección de población por el método de Proyección Logística.

Censos para Tasa Crecimiento			Año Base		Año Proyección	
<i>Años Censados</i>	<i>Población</i>	<i>Factor de Saturación</i>	<i>Año</i>	<i>Población</i>	<i>Año</i>	<i>Población</i>
2000 - 2011	179 - 204	1,96	2020	234	2050	286,74
2000 - 2020	179 - 234	1,71	2020	234	2050	305,61
2011 - 2020	204 - 234	1,71	2020	234	2050	317,97

Para lograr una mejor aproximación con respecto al cálculo de la población futura, es necesario promediar los valores obtenidos de cada una de las metodologías seguidas. Los resultados obtenidos se muestran en el **Cuadro 4-8**.

**Cuadro 4-8.** Promedio de población futura de El Manzano, obtenida por tres métodos matemáticos diferentes.

<b>Año Censado</b>	<b>Proyección Aritmética</b>	<b>Proyección Geométrica</b>	<b>Proyección Logística</b>	<b>Promedio</b>
2000 - 2011	302,18	334,24	286,74	307,72
2000 - 2020	316,50	349,75	305,61	323,95
2011 - 2020	334,00	369,68	317,97	<b><u>340,55</u></b>

Teniendo en cuenta que la máxima población capaz de habitar en El Manzano es de 400 personas, las poblaciones futuras obtenidas a partir de las tres metodologías pueden ser

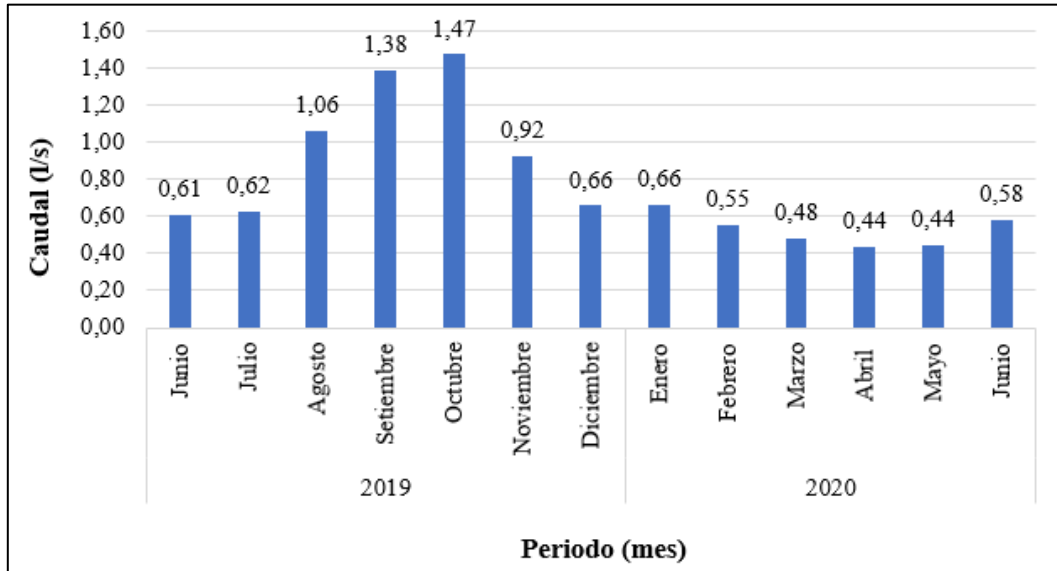
utilizadas ya que no superan este valor máximo, sin embargo, se tomas las siguientes consideraciones para tomar la población futura de 340,55 personas, obtenida con los cálculos de los censos del 2011 y 2020, para diseñar el acueducto.

- Posee el censo más reciente, por lo que sus valores son los más reales.
- Se decide tomarlo ya que es el valor más crítico entre los tres resultados, debido a que contempla mayor cantidad de población.

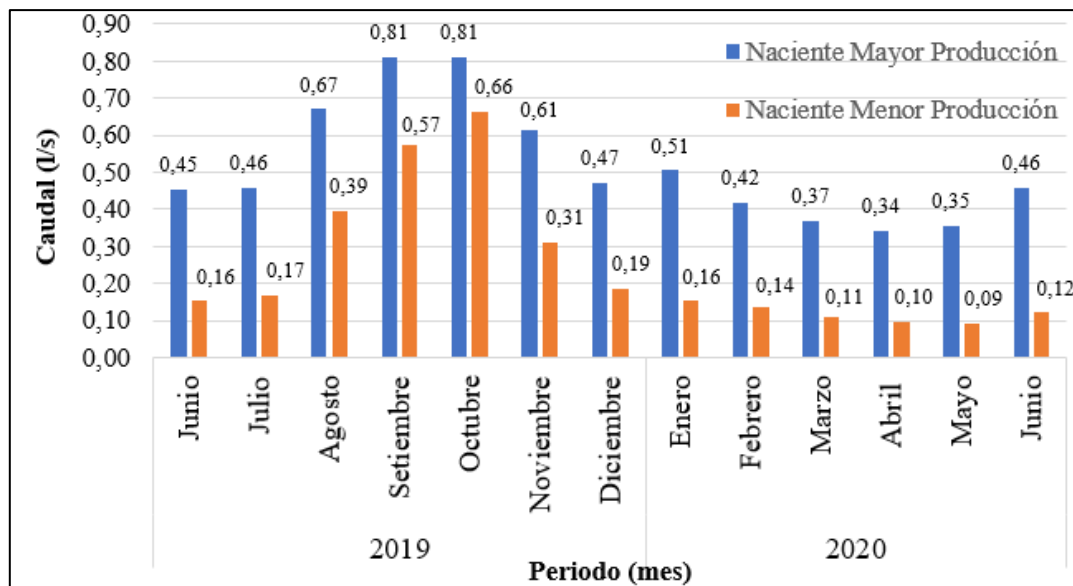
#### **4.1.3 Capacidad de producción de agua en las nacientes**

La medición del caudal realizado durante el período de junio de 2019 a junio de 2020 se llevó a cabo siguiendo el proceso del método volumétrico. En el **Gráfico 4-2**, se muestra la cantidad total del agua cosechada por las nacientes, en el mismo gráfico se indica que el estiaje se produjo en el mes de abril del 2020 con un valor de 0,44 l/s, mientras que la mayor producción de caudal fue para el mes de octubre del 2019 con un valor de 1,47 l/s. Los resultados anteriores son esperados ya que el estiaje coincide con la época seca del año, mientras que para la época lluviosa se evidencia un aumento del caudal.

La producción de caudal de cada una de las nacientes por separado es posible observarlo en el **Gráfico 4-3**.



**Gráfico 4-2.** Caudal en litros/segundo, producido en conjunto por las nacientes analizadas en la comunidad de El Manzano.



**Gráfico 4-3.** Producción de caudal en litros/segundo, por cada una de las nacientes analizadas en la comunidad de El Manzano.

Durante la época lluviosa más fuerte (agosto – setiembre – octubre), la infraestructura actual construida para la captación del agua no permite almacenar toda la producción, por lo que se presenta mucha pérdida de líquido por los alrededores de las tomas. Por tal motivo se hace la aclaración que los resultados de los aforos en estos meses, pudo haber sido mayor en caso de haber tenido una mejor infraestructura.

#### 4.1.4 Estimación de la demanda y la dotación.

El mayor consumo de agua en El Manzano es por parte de usuarios domiciliarios, en la actualidad se tienen 83 servicios totales posibles, sin embargo, como se mencionó en la **Sección 4.1.2** , se proyecta al 2050 un total de 130 viviendas. Además, existen seis servicios no domiciliarios, cinco de ellos, al año 2021, se abastecen del agua proveniente de las nacientes en estudio de este proyecto, los cuales son mostrados en el **Cuadro 4-9**, y deben ser contemplados en el cálculo de la demanda de agua potable para el acueducto.

**Cuadro 4-9.** Servicios no domiciliarios bajo consumo de agua del acueducto de El Manzano.

Servicio	Cantidad de servicios
Local comercial	1,00
Pulpería	1,00
Centro educativo (Escuela)	1,00
Iglesia	1,00
Salón comunal	1,00
(**) Plaza de deportes	1,00

(\*\*) Actualmente no tiene abastecimiento propio de agua.

Como la dotación de agua establecida por el AyA, está basada en el consumo por persona, hace necesario conocer la equivalencia del consumo que tendría un servicio no habitacional como si sí lo fuese, para ello se tiene el **Cuadro 4-10** [6], el cual muestra las equivalencias en cantidad de servicios habitacionales, de un servicio que es no habitacional.

**Cuadro 4-10.** Valor de servicios equivalentes según el tipo de actividad, para conocer el consumo de agua por parte de servicios no habitacionales.

<b>Tipo de actividad</b>	<b>Unidad de Calculo (UC)</b>	<b>Unidad de consumo equivalente</b>
Centro de educación	Estudiante	Un servicio equivalente por cada 25 unidades de cálculo (UC).
Locales comerciales	Metro cuadrado de área	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo (UC).
Centro de recreación	Metro cuadrado de área	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo (UC).

La Escuela El Manzano tiene capacidad máxima de 100 estudiantes, por lo que basados con el **Cuadro 4-10**, ésta tendría un total de cuatro servicios equivalentes.

Los locales comerciales presentes en El Manzano son de pequeñas dimensiones, en el caso de la pulpería su área tiene un valor cercano 100 m<sup>2</sup>, mientras que el otro local tiene 200 m<sup>2</sup> aproximadamente. Por lo tanto, entre los dos locales comerciales se tienen 300 m<sup>2</sup>, tal resultado implica 1,5 servicios equivalentes a tener en cuenta para la demanda de agua potable.

Por su parte las unidades de cálculo para la plaza de deportes y el salón comunal respectivamente son las siguientes: plaza deportes cuenta con 3500 m<sup>2</sup>, hace que tenga 17,5 servicios equivalentes, por su lado el salón comunal tiene 350 m<sup>2</sup> de área, dando como resultado 1,75 servicios equivalentes. Sin embargo, para la plaza de deportes, se decide hacer una corrección, implementar únicamente 3 servicios equivalentes, éstos dirigidos a las áreas de comida (soda), baños y camerinos, en lugar del total obtenido de 17,5.

La norma de diseño del AyA, no especifica la unidad de cálculo de servicios equivalentes para centros religiosos, sin embargo se decide utilizar la UC respectiva a centros de recreación, pues la dinámica de la ermita de El Manzano es congregar una vez a la semana, durante una hora a la población para celebrar sus actividades religiosas. El área de la iglesia es 250 m<sup>2</sup>, por lo que implica un servicio equivalente a 1,25 unidades habitacionales.

**Cuadro 4-11.** Unidades de servicios habitacionales equivalentes, producto de servicios no habitacionales.

<b>Tipo de actividad.</b>	<b>Unidades de cálculo totales.</b>	<b>Unidades equivalentes de consumo.</b>	<b>Unidades de servicio equivalentes.</b>
Centros de educación	100	25	4,00
Local comercial	200	200	1,00
Pulpería	100	200	0,50
Plaza deportes	3500	200	(**) 3,00
Salón comunal	350	200	1,75
Iglesia	250	200	1,25
<b>Total</b>			<b>11,50</b>

(\*\*) Corregido por condiciones de diseño.

En el **Cuadro 4-11** se muestra el total de servicios no domiciliarios que deben ser agregados a los domiciliarios, para de esta forma conocer cuál es la totalidad de la demanda de agua por parte de la población. En el **Cuadro 4-12**, se indica la cantidad y el sector de todos los servicios a ser cubiertos por el acueducto.

**Cuadro 4-12.** Cantidad de personas por abastecer en la comunidad de El Manzano, contemplando servicios habitacionales y no habitacionales, en la actualidad.

<b>Sector</b>	<b>Tipo Servicio</b>	<b>Cantidad de servicios por abastecer</b>	<b>Total de servicios</b>	<b>Total de personas</b>
<i>Servidumbre</i>	Habitacional	6,00	6,00	16,91
	No Habitacional	0,00		
<i>Calle Pública</i>	Habitacional	30,00	31,50	88,81
	No Habitacional	1,50		
<i>Calle El Hoyo</i>	Habitacional	11,00	11,00	31,01
	No Habitacional	0,00		
<i>Calle Escuela</i>	Habitacional	4,00	11,00	31,01
	No Habitacional	7,00		
<i>Calle La Pacaya</i>	Habitacional	32,00	35,00	98,67
	No Habitacional	3,00		
<b><i>Total de Servicios</i></b>		<b>94,50</b>		<b>266,41</b>

Con los resultados de las proyecciones de población, ver **Cuadro 4-8**, para el 2050, se espera tener en la comunidad de El Manzano un total de 340,55 personas. A la fecha de 2021, la población total equivalente a ser abastecida es de 266,41 personas, ver **Cuadro 4-12**. Sin embargo, en la población futura no están contemplados los servicios no domiciliarios, mismos



que equivalen a 32,42 personas; resultado de multiplicar el hacinamiento equivalente a 2,82 personas en cada casa por la equivalencia del total de servicios no habitacionales, ver en **Cuadro 4-11**.

De acuerdo con lo ya indicado, la demanda provista para el año 2050 a satisfacer con el acueducto de El Manzano, es de 340,55 personas previstas a habitar la zona, más 32,42 personas correspondientes a los servicios no domiciliarios, teniendo así un total de 372,98 personas por abastecer.

El **Cuadro 4-13**, muestra el caudal promedio diario (QPD), que va a ser solicitado por parte de la población, mismo que el acueducto deberá tener la capacidad de abastecer. Su obtención se lleva a cabo, siguiendo la metodología descrita por la **Ecuación (2-11)**, explicada en la sección de marco teórico de este proyecto.

**Cuadro 4-13.** Caudal promedio diario requerido para el acueducto de El Manzano al año 2050.

<b>Tipo de Personas</b>	<b>Personas Totales</b>	<b>Año</b>	<b>Dotación (200 l/p/d)</b>	<b>Total (l/s)</b>
<i>Domiciliares</i>	340,55	2050	200	0,86
<i>No Domiciliares</i>	32,42			
<b><i>TOTAL</i></b>	372,97			

En relación con lo indicado en las normas de AyA, para hacer un correcto dimensionamiento de las líneas de distribución del acueducto, y obtener así un óptimo funcionamiento de éste,

es necesario conocer el caudal pico que deberá ser transportado por el sistema de tuberías del acueducto, el **Cuadro 4-14**, muestra los valores obtenidos de Caudal Máximo Diario y Caudal Máximo Horario.

**Cuadro 4-14.** Resultados de caudal promedio diario y horario, para el acueducto de El Manzano.

<b>Año</b>	<b>Tipo de caudal</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
2050	Caudal Promedio Diario (QPD)	0,86
	Caudal Máximo Diario (QMD)	1,29
	Caudal Máximo Horario (QMH)	2,33

Como se indicó en la sección de marco teórico con la **Ecuación (2-12)** y la **Ecuación (2-13)**, se obtienen los valores de los caudales máximos diarios (QMD) y máximos horarios (QMH).

Al caudal obtenido debe sumarse el porcentaje de agua no contabilizada (ANC), mismo que se establece con un escenario negativo de un 25 % de la demanda final de agua.

Con base a los resultados de los caudales de diseño obtenidos y al observar el **Gráfico 4-2**, es posible notar que solo cuatro meses (agosto, setiembre, octubre y noviembre), producen un caudal diario mayor al QPD requerido por la población de El Manzano, mientras que solo en los meses de setiembre y octubre se da una producción diaria mayor al QMD.

Amparándose en la norma del AyA, el caudal afluente para un acueducto debe ser igual o mayor al caudal máximo diario, por lo tanto, y de acuerdo con el **Gráfico 4-2**, del total de los 12 meses del año, durante 10 meses se va a requerir un aporte externo de agua, con el fin de satisfacer la demanda de la comunidad.

## **4.2 Diseño hidráulico**

Esta sección busca mostrar las condiciones hidráulicas y de infraestructura, necesarias a ser implementadas, para garantizar el correcto funcionamiento del acueducto de la comunidad, permitiendo de esta manera a sus pobladores actuales y futuros, ser abastecidos con agua potable, por un período de 25 años.

### **4.2.1 Sistema de obras de captación.**

El sistema actual, como se mencionó en la **Sección 3.6.1** no posee la infraestructura óptima para seguir operando, por tal razón se recomienda que dicha infraestructura sea intervenida. En primera instancia es necesario que el diseño obedezca las normas actuales, ya que las actuales se construyeron sin criterio alguno, en consecuencia, hay presencia de fugas, rebalse de aguas en época lluviosa, por lo que una parte del líquido no es aprovechado por la población. Además, el agua que se desborda tiene la capacidad de falsear los terrenos vecinos, haciendo probable la aparición de deslizamientos en un futuro que pongan en riesgo el buen funcionamiento del acueducto.

Por su parte, en las obras de captación es necesario construir una infraestructura de aislamiento, pues a la fecha la misma es inexistente, generando una alta probabilidad de que cualquier agente externo tenga acceso a las tomas y ocasione contaminación al agua.

Tampoco hay zanjeado que separe las aguas superficiales, por la que estas tienen facilidad de ingresar a las captaciones, aumentando con ello la probabilidad de tener contaminación difusa por el arrastre de partículas indeseadas.

Para efectos de este trabajo, el análisis de la obra civil a realizar en este sector queda excluido, pues asociado a ello se debe buscar el aporte externo de otra fuente de agua para que aporte el faltante, en consecuencia a ello el AyA, indica una alta probabilidad que ésta provenga de un pozo que se encuentra a la espera de ser construido, mismo que estaría ubicado en un terreno perteneciente al acueducto de la comunidad de Jericó; se parte del hecho que esta agua no afectaría el desempeño del acueducto de la comunidad de El Manzano, pues la misma estaría siendo depositada en los tanques de almacenamiento.

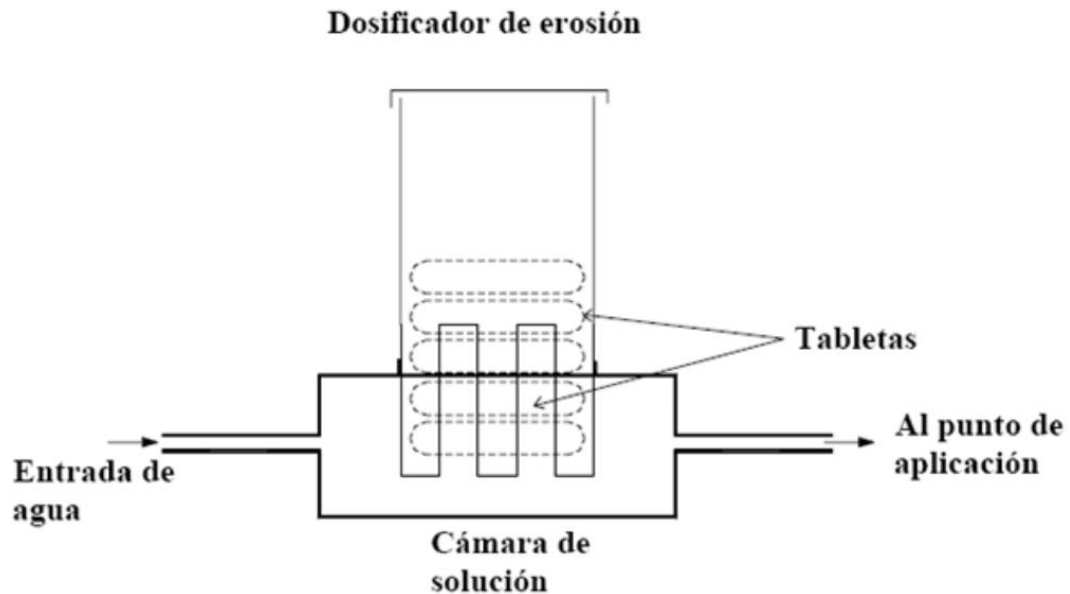
#### **4.2.2 Sistema de potabilización del agua.**

El sistema de purificación y potabilización del agua, únicamente se enfocará en realizar tratamiento microbiológico, esto como respuesta a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio hechos por el AyA en el Laboratorio Nacional de Aguas, ver **ANEXO 2**, así como los realizados en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Costa Rica, ver de **Cuadro 3-2** al **Cuadro 3-5**, ya que para la mayoría de las pruebas los resultados indican la baja presencia de sustancias químicas nocivas a la salud humana, pues están por debajo de los Valores Máximos Admisibles, excepto para el caso del hierro analizado en la muestra de la Naciente Mayor Producción; ya que su resultado si estuvo por encima de los valores máximos en las pruebas llevadas a cabo en los laboratorios de la Universidad de Costa Rica, pero por debajo en los análisis hechos por el AyA en el Laboratorio Nacional de

Aguas, en respuesta a ello se recomienda analizar nuevamente los contenidos de hierro para validar la hipótesis de que los resultados obtenidos en los laboratorios de la Universidad de Costa Rica son un falso positivo.

Debido a la presencia de coliformes totales, si es necesario adaptar un sistema de cloración que haga posible la eliminación de tales coliformes.

En la **Sección 2.2.3** se habló acerca de las técnicas o métodos que en la actualidad existen, para potabilizar el agua, de las indicadas, la más utilizada en acueductos de pequeña a mediana escala, es realizar cloración mediante pastillas de hipoclorito de calcio. Como ventajas de este método, se tienen: facilidad de uso y mantenimiento, sistema económico, duradero y además seguro en su uso para la población. El procedimiento para mezclar el cloro con el agua es el siguiente: en un recipiente llamado clorador se insertan las pastillas de cloro (tabletas Accu-Tab), éste tiene dos orificios en su parte baja (base del recipiente); uno de entrada y otro de salida para el paso del agua, una vez que el agua entra en contacto con las tabletas, éstas se “erosionan”, ocasionando la dilución del cloro en el agua. El sistema funciona por gravedad, haciendo posible cargar el clorador con pastillas por la parte superior, las tabletas que están en contacto con el agua se van disolviendo, teniendo como resultado que las que están encima de ellas vayan bajando. Cuando las tabletas de hipoclorito de calcio no están en contacto con el agua, la reacción no se desencadena, situación que hace que se mantengan en su estado sólido. En la **Figura 4-3**, se muestra un prototipo dosificador de tabletas de hipoclorito de sodio a implementar en un sistema de potabilización de agua para un acueducto.



**Figura 4-3.** Esquema básico de un equipo dosificador de hipoclorito de sodio.

Tomado de [14].

Los resultados indican que no hay problemas en la proporción de partículas sólidas disueltas en el agua, esto muy probablemente se deba a que el agua proviene de un afloramiento de manantial, con lo que ya trae un proceso de filtración natural, además se parte de la suposición que la fuente externa de agua va a llegar con las condiciones óptimas a los tanques de almacenamiento, razón por la cual no va a ser necesario hacer uso de filtración física.

#### **4.2.3 Sistema para el almacenamiento del agua.**

Como se indicó en la **Sección 2.2.4** , la necesidad de hacer uso de los tanques de almacenamiento radica en tres puntos: compensar la demanda por parte de los usuarios, tener reserva de agua para afrontar un incendio, disponer de un volumen extra que haga frente a

reparaciones en algún sector del acueducto. A continuación, se muestran los resultados del porqué de las decisiones tomadas en cuanto a las necesidades de volumen de almacenamiento y las cantidades de tanques requeridas para tal fin en el acueducto de El Manzano.

**Tanque para regulación de la demanda.**

Debido que a la fecha de elaboración del presente proyecto, El Manzano no cuenta con un sistema que permita contabilizar el consumo de agua por parte de su población, se decide utilizar la metodología propuesta por el AyA, donde establece que el volumen de reserva para un tanque de regulación es el equivalente al 14 % del total de la cantidad de agua producida en un período de 24 horas por el QPD dicho caudal debe contemplar el ANC, usando la **Ecuación (2-14)**, se obtiene el resultado mostrado en el **Cuadro 4-15**, por lo tanto, para albergar este volumen se decide utilizar un tanque de 15000 L. Para su instalación se propone el área cercana a la afloración de las nacientes, con las coordenadas CRTM05: 1085346,36 latitud y longitud 493355,83 la decisión es basada en que este es el punto más alto, lo cual dará la energía necesaria al agua para llegar a todas las áreas requeridas por parte de los usuarios.

**Cuadro 4-15.** Capacidad volumétrica por cubrir por el tanque de almacenamiento para regulación de la demanda por parte de la población de El Manzano.

QPD (l/s)	Volumen obtenido en un día (m <sup>3</sup> )	ANC (%)	Volumen para regulación de la demanda (m <sup>3</sup> )
0,86	74,30	25	13,00

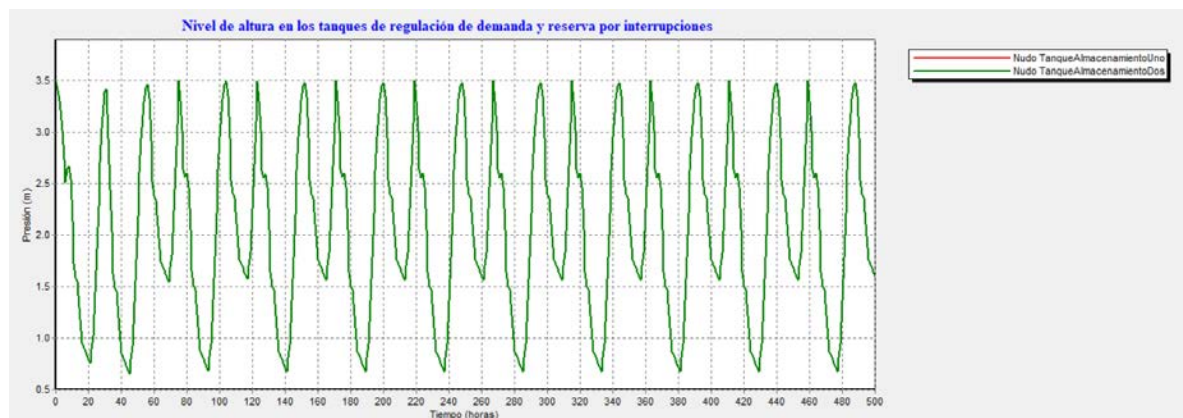
### Tanque para reserva por interrupciones.

Siguiendo la normativa del AyA [6], el volumen necesario para reserva por interrupciones es el equivalente a la producción de agua en un período de 4 horas del QPD, haciendo uso de la **Ecuación (2-15)** el resultado es el mostrado en el **Cuadro 4-16**.

**Cuadro 4-16.** Capacidad de almacenamiento de agua a ser cubierta por los tanques del acueducto de El Manzano, por caso de interrupciones.

QPD (l/s)	Volumen obtenido en 4 horas (m <sup>3</sup> )	ANC (%)	Volumen para regulación por interrupciones (m <sup>3</sup> )
0,86	12,38	25	15,48

La ubicación propuesta para el tanque de reserva por interrupciones es el mismo sitio que el del tanque de regulación de la demanda. En la **Figura 4-4**, se muestra cual va a ser el comportamiento del nivel del agua en estos tanques durante su operación diaria.



**Figura 4-4.** Niveles de altura del agua a lo interior de los tanques de almacenamiento de regulación de la demanda y de reserva por interrupciones.



Se decide implementar estos dos tanques como una instalación en paralelo, la cual les permita a estos recargarse durante la noche, ya que es el momento de menor consumo por parte de la población, esto tiene como finalidad hacer una solicitud de menor caudal de ingreso al acueducto por parte de las nacientes tanto las actuales propuestas como la externa futura por utilizar, ya que bajo esta configuración se requiere de 1,30 l/s de ingreso a dichos tanques, para evitar que el nivel de los tanques baje 0,65 m con respecto a su superficie, evitando de esta forma la formación de presiones negativas en la tubería de distribución.

#### **Tanque para reserva de incendio.**

La red de distribución propuesta tiene diámetros nominales menores a 100 mm, y en conjunto con los lugares donde el Cuerpo de Bomberos de Costa Rica decide ubicar los hidrantes, hace que los hidrantes deban ser conectados de forma directa a un tanque de almacenamiento de agua, además y sumado a ello la zona del proyecto es rural, por lo tanto, el Artículo 5 de la Ley N° 8641, establece que dicho tanque debe tener una capacidad volumétrica de 15 m<sup>3</sup>. Por recomendación de Bomberos de acuerdo con las condiciones propias del sitio, se recomienda instalar dos hidrantes, ubicados en los puntos con coordenadas CRTM05 1085061,37 latitud y longitud 492740,10 el primero de ellos, y el segundo en latitud 1084994,12 y longitud 492754,87, en respuesta a ello, el volumen total disponible para atender una emergencia de incendio es de 30 m<sup>3</sup> de volumen, distribuidos en dos tanques diferentes de 15 m<sup>3</sup>.

Basado en los resultados obtenidos, el sistema propuesto para el almacenamiento de agua va a contener un total de cuatro tanques, cada uno con capacidad para almacenar 15 000 litros, razón por la cual, el sistema contará con un volumen total de 60 000 litros, su distribución es posible observarla en el **Cuadro 4-17**.

**Cuadro 4-17.** Cantidad de tanques de almacenamiento de agua a usar en el acueducto de El Manzano

<b>Cantidad de tanques</b>	<b>Función del almacenamiento</b>	<b>Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)</b>
1	Regulación de la demanda	15
1	Reserva por interrupciones	15
2	Reserva para caudal incendio	15

#### **4.2.4 Análisis del sistema tubería de conducción.**

Es importante mencionar que en esta sección solo se hará énfasis a la tubería de conducción entre las nacientes propuestas a utilizar y la ubicación de los tanques de almacenamiento para regulación de la demanda y de reserva por interrupciones, por lo tanto, no contempla la tubería de conducción para la conexión futura de la fuente externa. El material de tubería analizada corresponde solo a PVC, con diámetro nominal propuesto de 50 mm y SDR 32.5. Se utilizó el software EPANET 2.0 vE para realizar la simulación del trayecto indicado.

Se utilizaron los siguientes criterios de diseño:

- Coeficiente C de Hazen-Williams para PVC de 130 y un factor de fricción  $f$  de 0,0015 para Darcy-Weisbach.

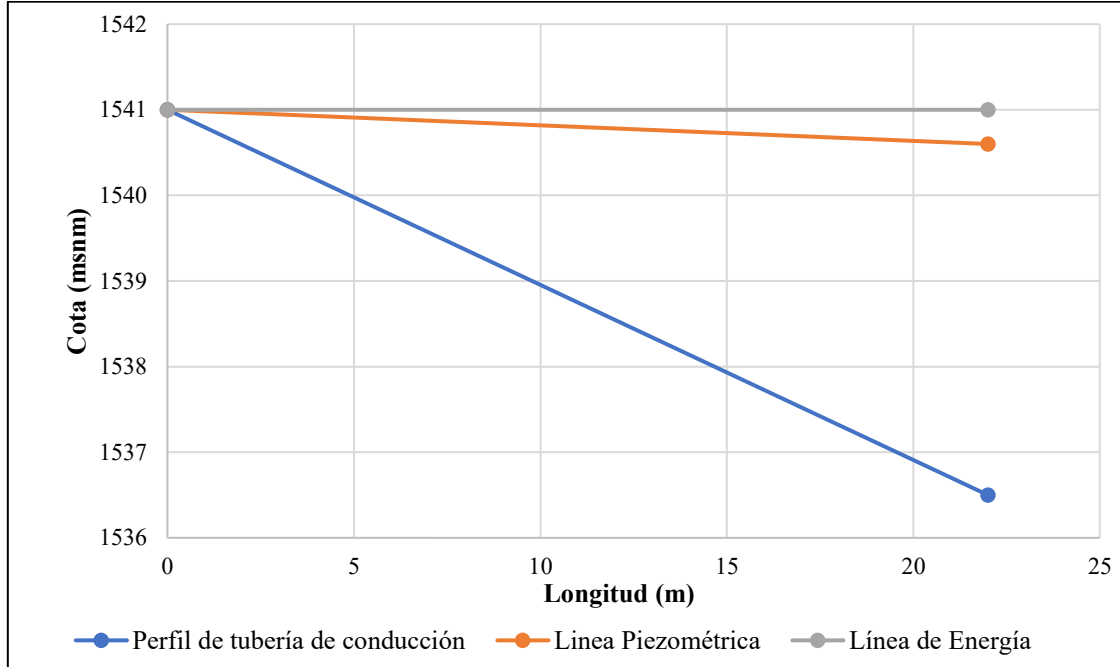
- Presión mínima de diseño de 3,45 mca.
- Velocidad mínima de 0,6 m /s y máxima de 5,0 m/s.
- Caudal de diseño 1,3 l/s, o lo que es igual a 0,0013 m<sup>3</sup>/s.

La distancia entre las nacientes y la ubicación de los tanques de almacenamiento es de 22 m, por lo cual las pérdidas cinéticas por la fricción producidas entre el agua y las paredes del tubo son bajas. Las cotas de altura entre los puntos de inicio y fin de la tubería respectivamente son los siguientes: 1541,44 msnm y 1536,50 msnm, por lo que la diferencia de elevación entre ambos puntos es de 4,95 m, razón por la cual, las cargas de presión estática a lo largo de la tubería son bajas. En el **Cuadro 4-18**, se muestran los principales resultados en cuanto al diseño de la tubería de conducción.

**Cuadro 4-18.** Resultados obtenidos del análisis hidráulico para la tubería de conducción.

	Valor Hazen-Williams	Valor Darcy-Weisbach
Cota inicial (msnm)	1541,44	1541,44
Cota final (msnm)	1536,50	1536,50
Longitud (m)	22	22
Diámetro interno (mm)	56,60	56,60
Caudal (l/s)	1,30	1,30
Velocidad (m/s)	0,52	0,52
Perdida Unitaria (m/km)	6,97	5,70
Energía final (mca)	4,71	4,74
Carga golpe de ariete (mca)	16,05	16,05
Carga total (mca)	20,75	20,80

De acuerdo con la normativa del AyA, se debe cumplir un mínimo de velocidad de 0,5 m/s en tubería de conducción, al observar el **Cuadro 4-18**, se puede notar que la velocidad de diseño es de 0,52 m/s, es menor a la de 0,6 m/s indicado por la Norma, sin embargo se decide dejarlo así esperando mejorar las tomas de las captaciones con lo que se obtenga mayor caudal, en respuesta a ello la velocidad estaría aumentando, el SDR escogido es de 32,5 ya que no puede ser mayor a éste según la misma normativa, esta tubería tiene una resistencia de trabajo de 88 mca, por lo que en caso de presentarse un cierre rápido en la válvula tipo compuerta a la llegada en los tanques no va a haber problema por falla de tubería. En el mismo cuadro se muestra la energía a la llegada de esta válvula, siendo 4,71 mca, este resultado es positivo ya que permite que el agua pueda llenar por completo a los tanques, pues éstos tienen una altura de 3,5 m. Para este tramo no existe depresiones a causa de la topografía que puedan ser causantes de presiones negativas o acumulaciones de aire en la tubería, esto último también a causa de que el trayecto a recorrer es de una distancia corta con una pendiente negativa constante de un 18 %. Ver **Figura 4-5**.



**Figura 4-5.** Perfiles de energía y de la tubería de la conducción del acueducto.

Al hacer una comparación de los resultados de las pérdidas energéticas obtenidas por cada una de las metodologías de diseño hidráulico (Hazen-Williams y de Darcy -Weisbach), indicadas en la **Sección 2.2.2.1** las diferencias obtenidas entre éstas son despreciables, esto debido a estar transportando el agua a velocidades relativamente bajas.

#### **4.2.5 Análisis de la red de distribución del agua.**

Los resultados a mostrar en esta sección consisten en la simulación de los dos escenarios planteados para la construcción del acueducto de El Manzano, el primero de ellos es haciendo uso de material PVC para la tubería de distribución y en una segunda opción en lugar del PVC implementar PEAD (PE4710). La simulación se llevó a cabo mediante el software

EPANET 2.0, los criterios utilizados para el diseño de la red de tuberías de distribución son los siguientes:

- Coeficiente de Hazen-Williams para PVC y PEAD de 130.
- Presión máxima de diseño estática de 70 mca.
- Presión mínima de diseño dinámica de 15 mca.
- Velocidad máxima de 3,0 m/s.
- Caudal de diseño (QMH) de 2,33 l/s, o lo que es igual a 0,0023 m<sup>3</sup>/s.

Paralelo a ello se propone analizar cuáles son las posibles variaciones que tiene la velocidad y la presión del agua al implementar tuberías con diámetros diferentes, teniendo como objetivo ver las diferencias tanto de funcionamiento como de inversión económica. Tal situación se realiza debido a que la norma de construcción del AyA establece que el diámetro nominal mínimo a instalar en la construcción de un acueducto es de 75 mm, sin embargo, cuando la población por abastecer es pequeña, sus necesidades de consumo también lo son, por lo tanto, los caudales a través de las líneas, así como las velocidades son muy bajas, lo cual estaría permitiendo desde el punto de vista hidráulico, el uso posible de diámetros menores para la tubería con respecto a los indicados por la Norma.

Es necesario indicar que, para realizar el análisis del comportamiento hidráulico de la red de distribución, tanto los usuarios actuales y posibles futuros fueron agrupados de acuerdo con la cercanía entre ellos, debido a que conforman sectores o áreas en común, lo anterior por el

motivo de que no se tienen las distancias de separación exactas entre cada uno de los servicios.

Por otra parte, en la simulación de EPANET se contempló realizar las metodologías de cálculo hidráulico de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach, para conocer si estas presentan o no diferencias en sus resultados.

#### **4.2.5.1 Generalidades y calibración del software EPANET 2.0**

EPANET es un software de optimización de redes hidráulicas, mediante el cual es posible modelar el comportamiento y la calidad del agua a través de las diferentes redes de tuberías, así como también por los accesorios que formen parte del sistema, tales como, válvulas, bombas, tanques de almacenamiento, nodos de control, entre otros. El software ofrece tanto análisis tanto estáticos como dinámicos, siendo estos últimos los de mayor importancia en un estudio del comportamiento del agua en un acueducto, debido en principal razón a la variabilidad que se presenta en el consumo del líquido a lo largo del día.

Dentro de las ventajas principales que ofrece el software están:[34]

- Cálculo de las pérdidas energéticas a través de las tuberías utilizando la metodología de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach y de Chezy-Manning.
- No existe límite en cuanto al tamaño de la red a procesarse.
- Contempla pérdidas menores en los accesorios implementados en la red.
- Permite considerar varios tipos de válvulas.
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos de control.

- Hace posible conocer el comportamiento del llenado y vaciado de los tanques de almacenamiento.
- Permite hacer uso de sistemas de bombas tanto en velocidad variable, y velocidad constante.
- Determina el consumo energético y sus costos.

Para llevar a cabo la modelación, únicamente se tomó el escenario futuro (al año 2050), por lo tanto, se contempla una población de 373 personas por abastecer. Como se mostró en el **Cuadro 4-14**, se obtuvo un QMH de 2,33 l/s, siendo este el caudal a utilizar para hacer el diseño de la red de distribución. [6]

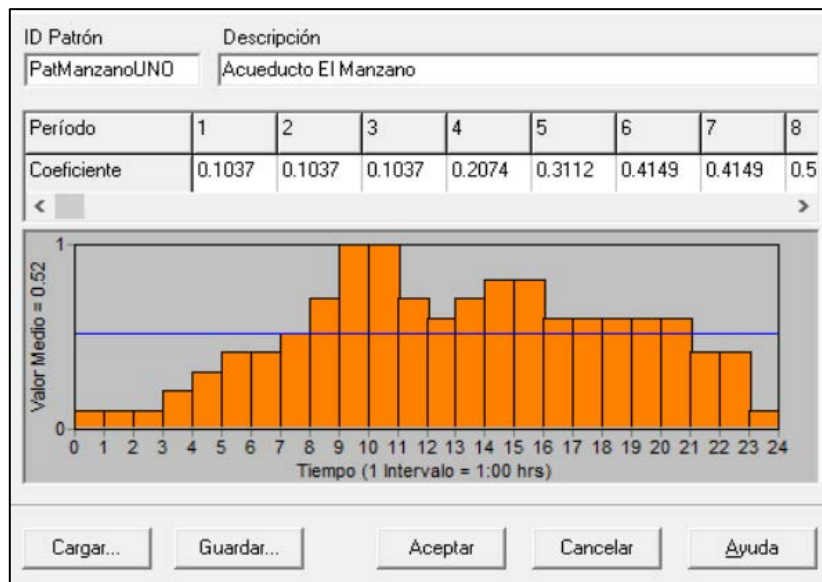
La población abastecida por un acueducto tiene un tipo de consumo variable de agua en el tiempo, siendo menor en las noches y mayor durante el día, abonado a esto durante el día también hay presencia de lapsos de mayor consumo, siendo este el momento donde se presenta el QMH.

Como se indicó en la **Sección 3.6** El Manzano no cuenta con un sistema que permita medir el consumo de agua por parte de los usuarios, se propone utilizar una curva unitaria con un comportamiento similar al mostrado en la **Figura 2-7**, donde el pico de consumo es el QMH.

EPANET permite insertar un patrón de control y así realizar una simulación que contemple los cambios en los consumos y por ende el cambio del caudal a lo largo de las líneas de tubería, en la **Figura 4-6**, se muestra el cuadro de calibración de los coeficientes, mismos que se muestran en la **Figura 4-7**. El coeficiente con el valor de 0,1037 es el equivalente al



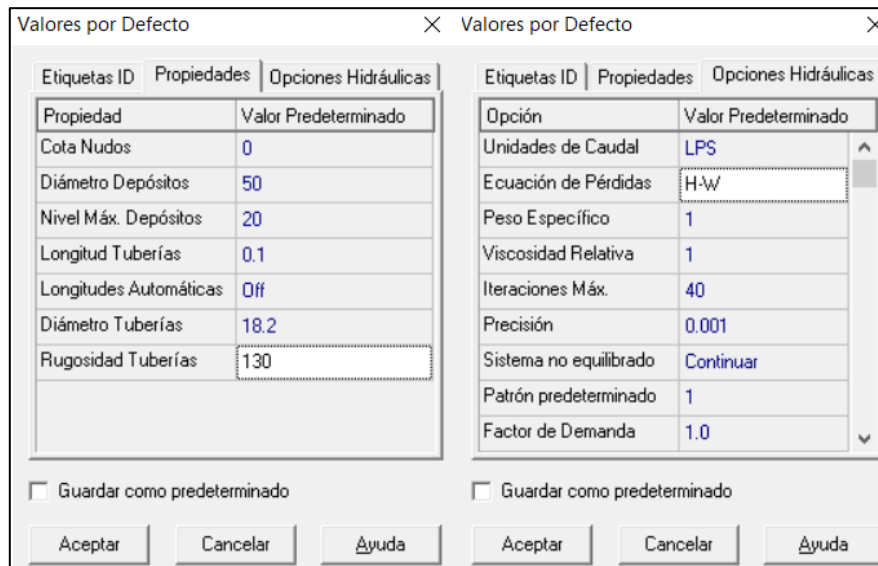
gasto del 25 % del ANC, se parte del supuesto que es el único consumo durante las primeras horas de la madrugada, el consumo comienza a aumentar, hasta llegar al pico que se da entre las 10 y las 11 horas, debido a ello el factor es 1, ya que el valor de caudal base es el equivalente al QMH, el consumo pasado el mediodía empieza a descender y luego tiene un nuevo ascenso de las 14 a las 16 horas, seguido de ello vuelve a presentar un descenso continuo hasta las 3 horas del siguiente día, pues se parte del supuesto que a tal momento parte de la población empieza sus labores.



**Figura 4-6.** Calibración del patrón de consumo diario característico de un acueducto sin instrumentos de medición, para el acueducto de El Manzano de las 0:00 a las 24:00 horas.

ID Patrón	Descripción						
PatManzanoUNO	Acueducto El Manzano						
Período	1	2	3	4	5	6	7
Coefficiente	0.1037	0.1037	0.1037	0.2074	0.3112	0.4149	0.4149
Período	8	9	10	11	12	13	14
Coefficiente	0.5186	0.7053	1	1	0.7053	0.6016	0.7053
Período	15	16	17	18	19	20	21
Coefficiente	0.8091	0.8091	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016
Período	22	23	24				
Coefficiente	0.4149	0.4149	0.1037				

**Figura 4-7.** Coeficientes utilizados para hacer la calibración del patrón de consumo de agua para la modelación en EPANET 2.0 del acueducto de El Manzano

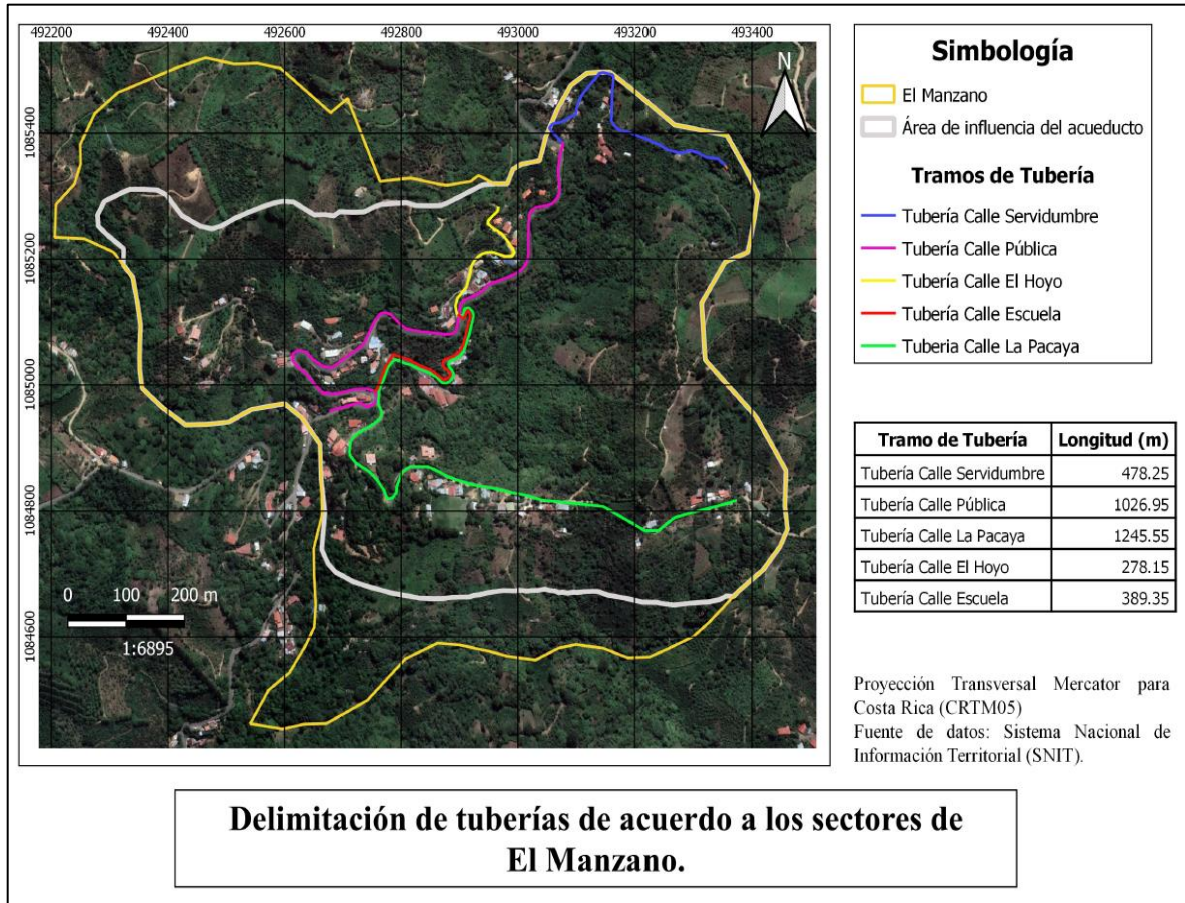


**Figura 4-8.** Variables de trabajo del entorno EPANET.

La **Figura 4-8**, muestra las variables del entorno del EPANET 2.0, que requieren ser modificadas de acuerdo con las necesidades de la simulación. Para efectos de este trabajo se escogió trabajar con las unidades de litros por segundo para el caudal, la rugosidad de las tuberías de acuerdo con la norma de construcción del AyA tanto para PVC como para PEAD es el coeficiente  $C = 130$  de Hazen -Williams, para el caso de usar el método de Darcy-Weisbach tal coeficiente debe ser modificado a  $0,0015 \text{ mm}$ , al mismo tiempo se debe indicar al software el cambio de la metodología en la ecuación de pérdidas de H-W a D-W.

#### **4.2.5.2 Diseño hidráulico de la red del acueducto de El Manzano**

La **Figura 4-9** muestra cual es la ubicación propuesta para la instalación de las tuberías de distribución, se parte del hecho de que son las distancias más cortas por recorrer en cada sector, esto se correlaciona con menor cantidad de tubería por instalar, y paralelo a ello son áreas públicas, facilitando así los trámites a llevar para la ejecución del proyecto, con el diseño se busca que el agua tenga la energía suficiente para llegar a todos los sectores a través de la acción de la fuerza de gravedad y de esta manera no tener que implementar el uso de sistema de bombeo.



**Figura 4-9.** Ubicación propuesta para la instalación de la tubería de distribución del acueducto de El Manzano.

A continuación de la **Figura 4-10** a la **Figura 4-16**, se muestran los resultados obtenidos de la modelación hidráulica mediante el software EPANET 2.0 para la propuesta de tubería con material de PEAD y los diámetros sugeridos, a través de la metodología de Hazen-Williams. Los resultados gráficos de las otras tres propuestas se adjuntan en el **ANEXO 3**, **ANEXO 4** y **ANEXO 5**.



- La **Figura 4-10** y la **Figura 4-11**, muestran cuáles son los caudales a la hora de menor consumo y a la hora de mayor consumo respectivamente.



**Figura 4-10.** Caudal en las tuberías del Acueducto a las 0:00 horas.

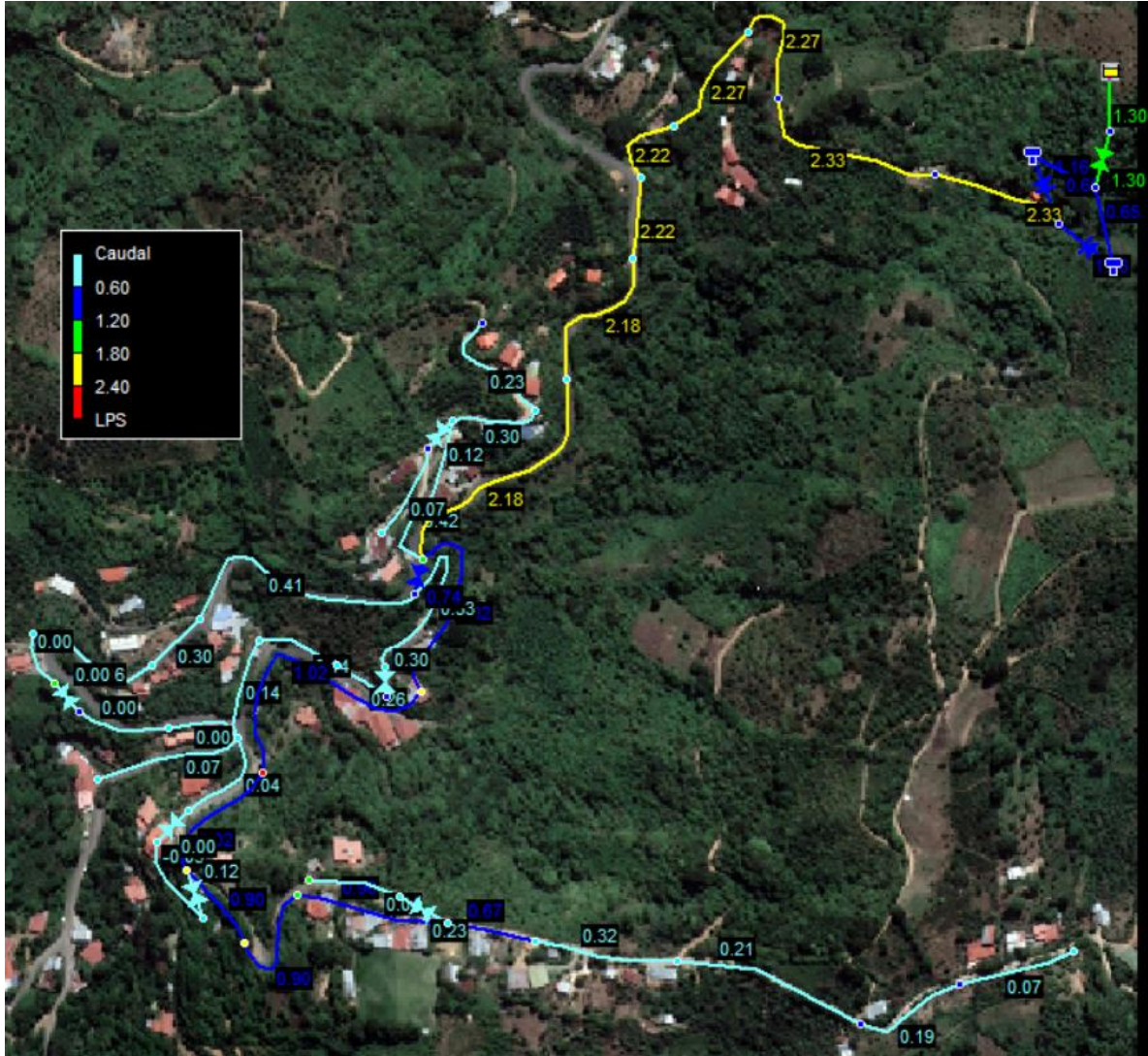
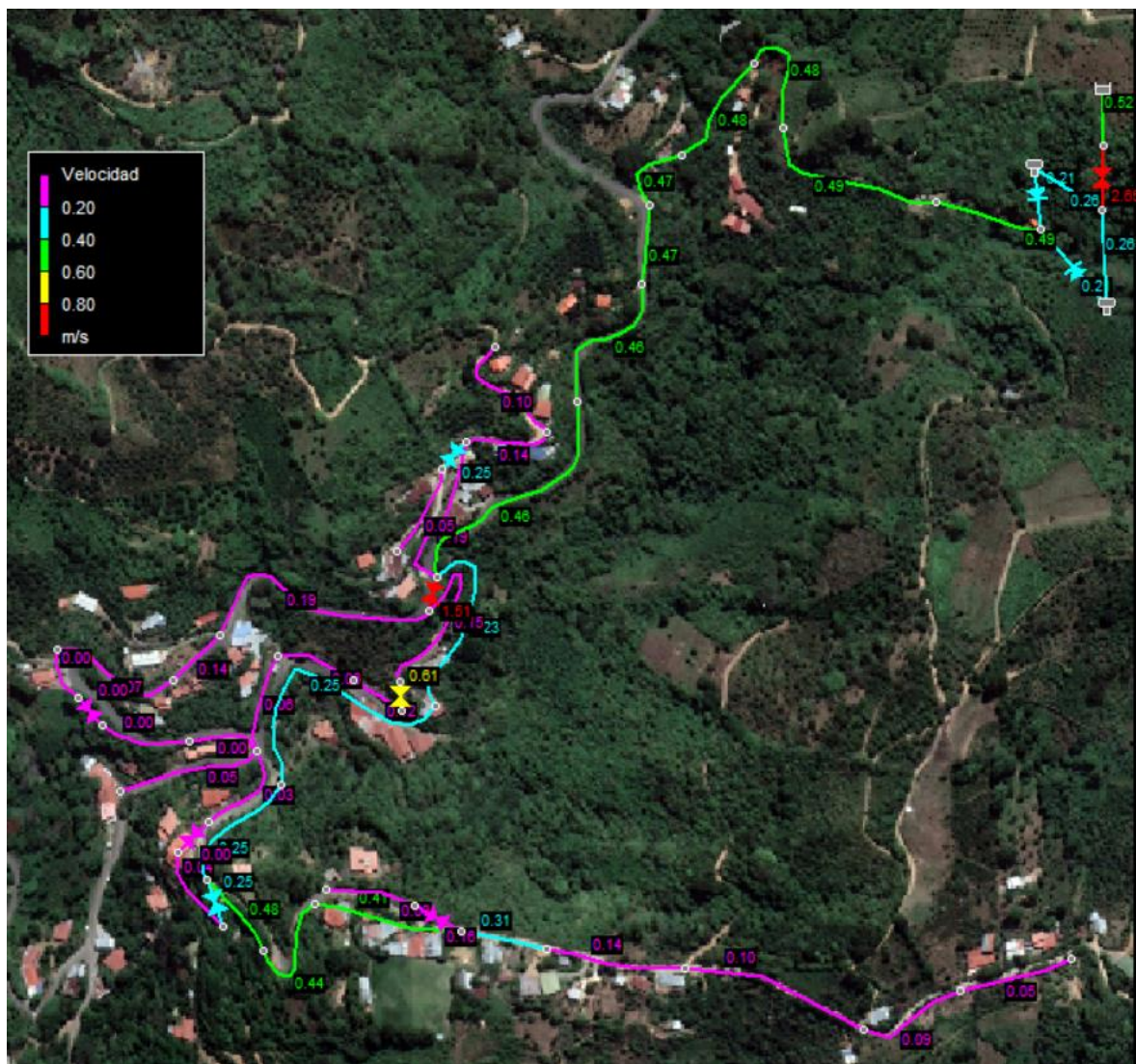


Figura 4-11. Caudal en las tuberías del Acueducto a las 10:00 horas.

- La Figura 4-12 y Figura 4-13 muestran las velocidades que tiene el sistema durante el menor consumo y mayor consumo respectivamente, con material de tubería PEAD y los diámetros sugeridos a utilizar.



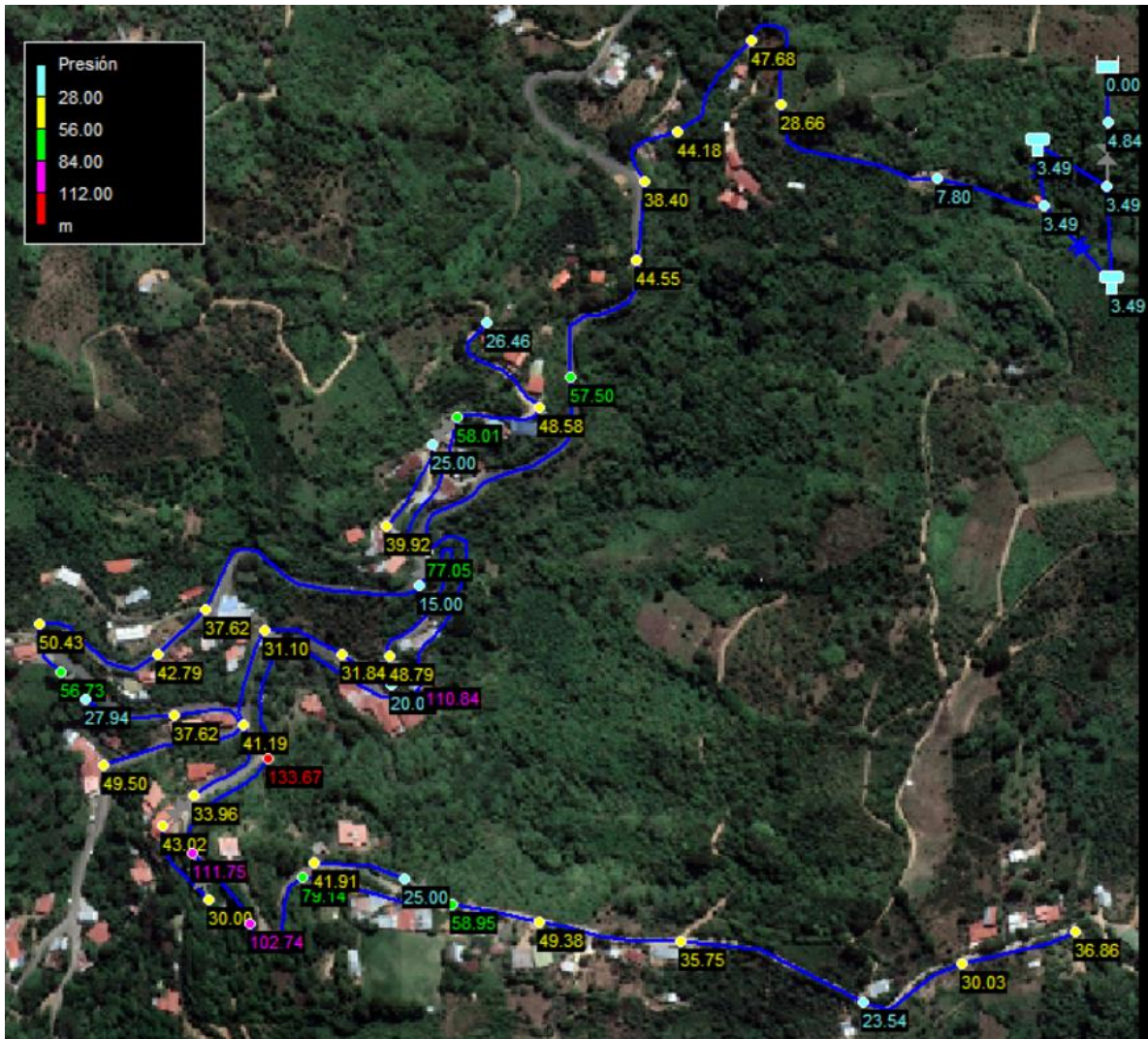




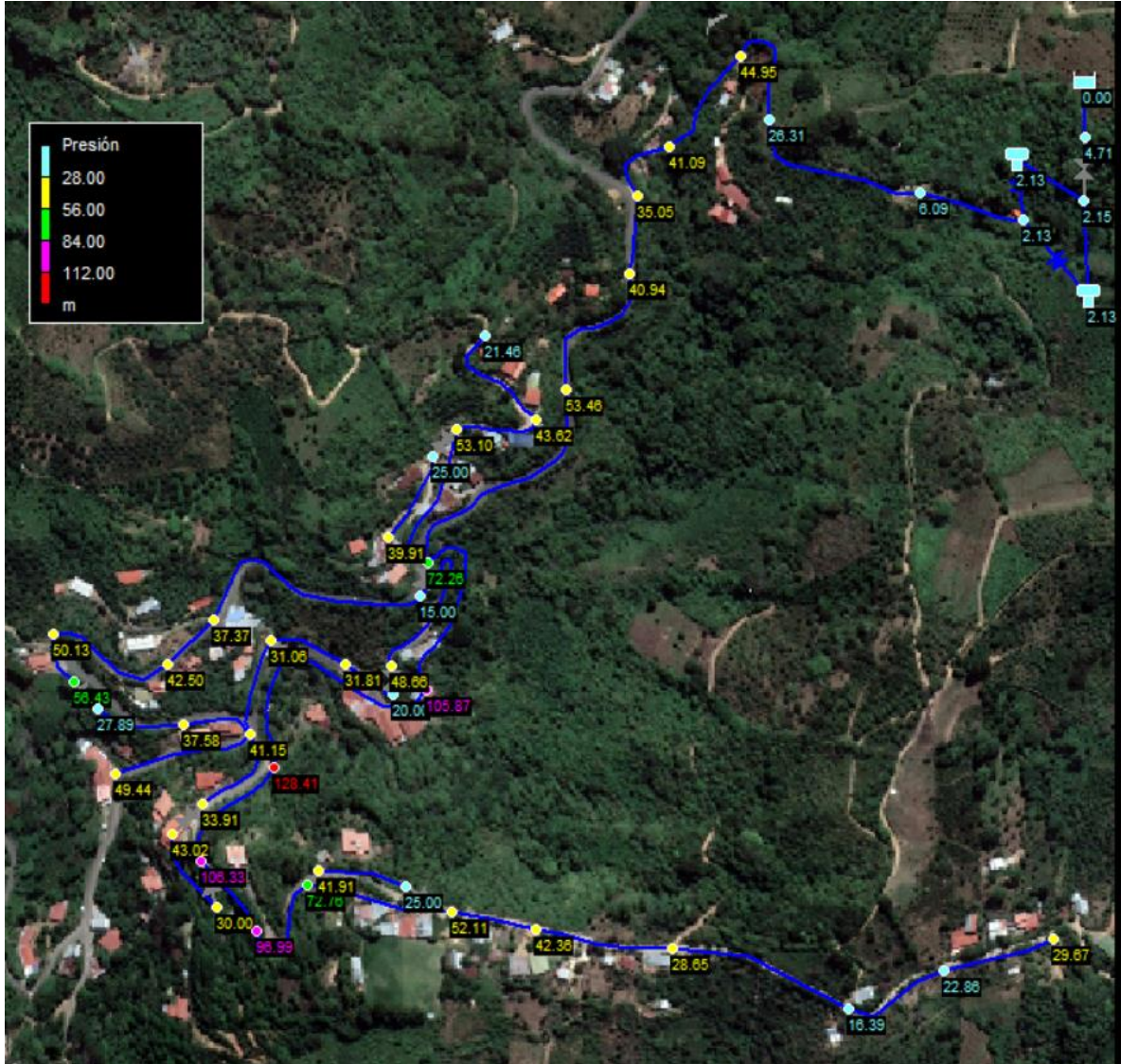
**Figura 4-13.** Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 10:00 horas.



- La **Figura 4-14** y la **Figura 4-15** muestran las presiones que tiene el sistema durante el menor consumo y mayor consumo respectivamente, con material de tubería PEAD y los diámetros sugeridos a utilizar.



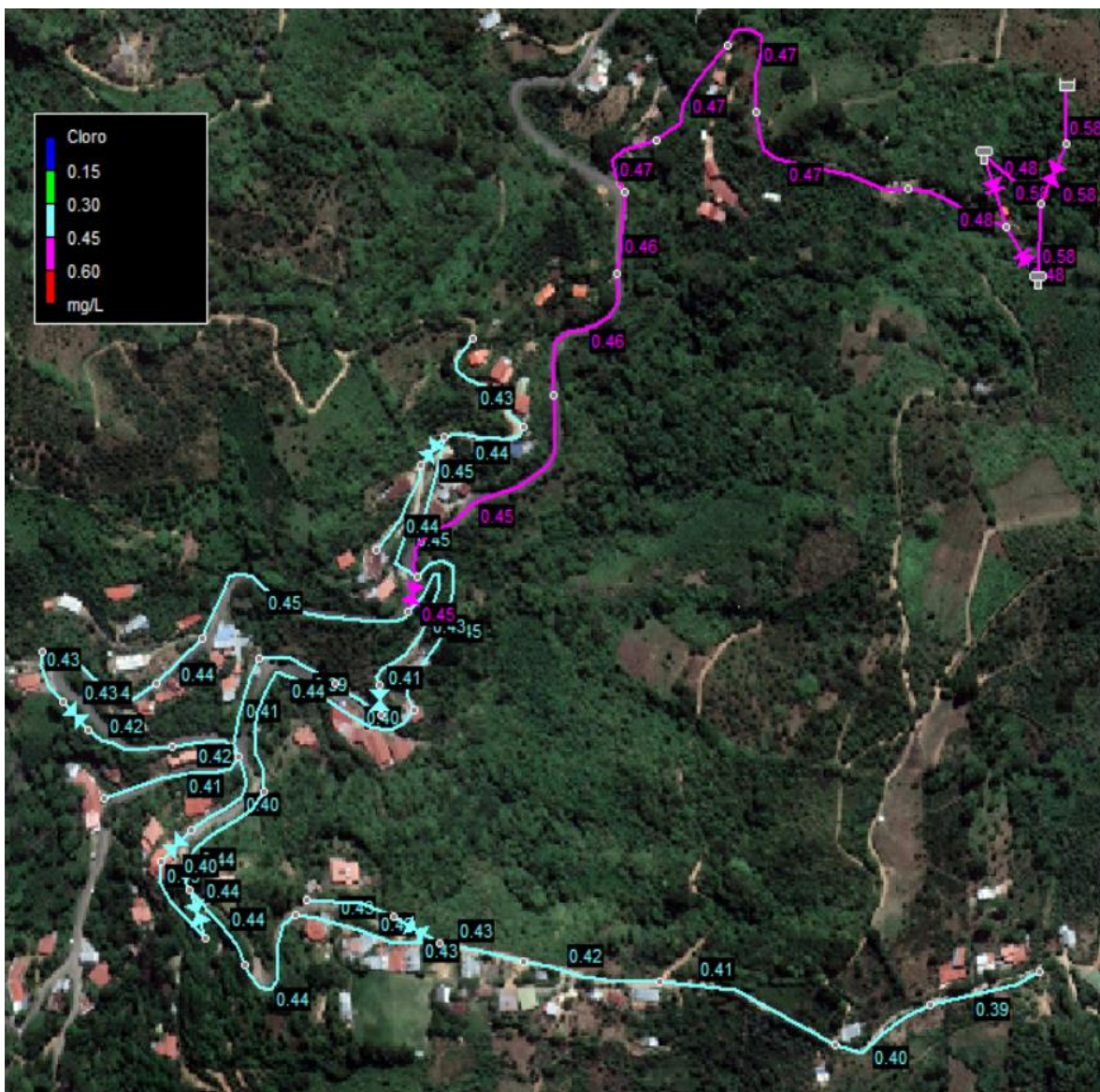
**Figura 4-14.** Presión en los nodos del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 0:00 horas.



**Figura 4-15.** Presión en los nodos del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 10:00 horas.



- La **Figura 4-16**, muestra las concentraciones de cloro que se presentan a lo largo de las tuberías del Acueducto.



**Figura 4-16.** Concentración de cloro en mg/l a lo largo de las tuberías del Acueducto.

El **Cuadro 4-19**, muestra un resumen de los resultados de la presión en los nodos de servicio con la cota más baja y con la cota de mayor elevación, de igual forma se presentan los resultados en cuanto a las velocidades máximas y mínimas del agua al transportarse por las tuberías del sistema de distribución.

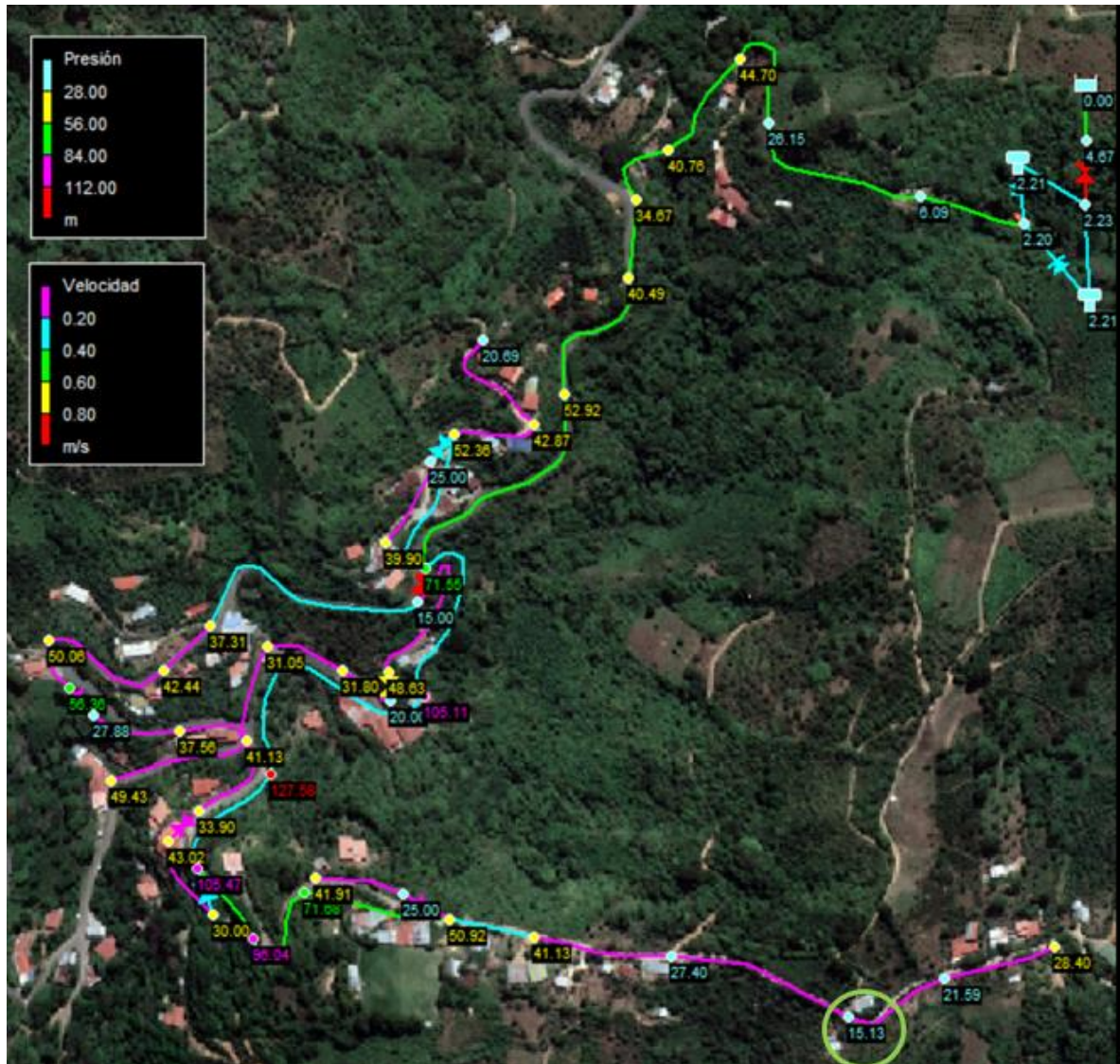
**Cuadro 4-19.** Resumen de los resultados obtenidos de presión y velocidad para las cuatro propuestas de diseño, mediante Hazen-Williams.

Propuesta	Velocidad (m/s)		Presión en nodos de servicio (mca)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
PEAD -Diámetros Sugeridos	0,01	0,49	16,39	50,43
PEAD – Diámetros Norma AyA	0,01	0,49	17,89	50,43
PVC – Diámetros Sugeridos	0,01	0,49	16,48	50,43
PVC – Diámetros Norma AyA	0,01	0,49	19,20	50,43

De acuerdo con los resultados indicados en el **Cuadro 4-19**, las cuatro propuestas cumplen los parámetros indicados por la Norma del AyA, debido a que la mínima presión en los nodos de servicio está por encima de los 15 mca, a su vez la máxima presión está por debajo de los 70 mca, así mismo las velocidades de trabajo están por debajo de la máxima velocidad, la cual como previamente se indicó no debe ser mayor a 3,0 m/s.

Los resultados obtenidos del estudio de la proyección de la población, mismos que se indican en la Sección 4.1.2.1 resultó que, con la metodología de proyección logística, se obtuvo una población de saturación de 400 personas. Ante tal situación se decidió realizar un análisis de sensibilidad al diseño contemplando tal saturación de población, por lo cual, el caudal de

diseño utilizado para dicho análisis fue 2,62 l/s. Los resultados hidráulicos obtenidos de presión y caudal se muestran en la **Figura 4-17**.



**Figura 4-17.** Presión y velocidad para máxima población en el Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 10:00 horas.

En la **Figura 4-17**, el círculo de color verde denota la presión mínima de servicio que se presenta en el sistema a las 10:00 horas para el funcionamiento del sistema acueducto



sometido con la población de saturación (400 personas), ésta se mantiene por encima de los 15 mca.

Los resultados hidráulicos obtenidos a través de la metodología de Darcy-Weisbach son muy similares a los obtenidos a través de Hazen-Williams, esto debido mayoritariamente a que se está trabajando con velocidades muy bajas y menores a los 3,5 m/s. En el **ANEXO 6**, se muestran los resultados de presión y velocidad a las 10:00 horas, obtenidos con Darcy-Weisbach, para la propuesta de tuberías con material de PEAD y diámetros sugeridos.

#### **Diseño tramo de tubería del Sector Calle Servidumbre**

De acuerdo con la **Figura 4-9**, tal tramo es el denotado con el color azul, como ya se indicó, el mismo inicia en el lugar propuesto para ubicar los tanques de almacenamiento y finaliza al unirse con la Calle Pública. Como se observa en el plano adjunto **ANEXO 11**, a lo largo del recorrido de la tubería, este Sector presenta diferencias de altura cercanas a los 45 m, además por la forma característica de su topografía, es necesario colocar válvulas de aire combinadas con el fin de extraer las bolsas y las burbujas de este gas, así como permitir el ingreso o salida de grandes volúmenes de aire cuando se llena y se vacía la tubería, con lo cual se permita garantizar el adecuado funcionamiento de la tubería. Con respecto a la concentración de cloro en este Sector como se observa en la **Figura 4-16** la disminución es mínima se mantiene entre los 0,48 mg/l y los 0,47 mg/l.

- **Dimensionamiento de la tubería de la Calle Servidumbre.**

A continuación, el **Cuadro 4-20** muestra cuáles son los diámetros internos sugeridos y los dictados por la Norma del AyA tanto en PVC como en PEAD a utilizar en la construcción del Acueducto, que permitan garantizar el funcionamiento del sistema cumpliendo con los valores de presión y velocidad establecidos en la Normativa.

**Cuadro 4-20.** Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle Servidumbre.

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETROS INTERNOS (mm)			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Servidumbre 1	81,24	83,4	83,4	77,8	77,8
Servidumbre 2	151,37	83,4	83,4	77,8	77,8
Servidumbre 3	92,95	83,4	83,4	77,8	77,8
Servidumbre 4	88,61	83,4	83,4	77,8	77,8
Servidumbre 5	63,29	83,4	83,4	77,8	77,8

En el **Cuadro 4-20**, es posible observar que tanto los diámetros sugeridos a utilizar y los indicados por la Norma del AyA son iguales, esto es debido a la posición inicial del Sector, por lo tanto, deberá tener la capacidad de conducir todo el caudal con la garantía de que el agua pierda la mínima energía con el objetivo de que a ésta se le permita llegar tanto a los puntos más alejados como los más altos con las condiciones mínimas de presión dictadas por la Normativa.

**Cuadro 4-21.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 0:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Servidumbre 1	0,24	0,04	0,04	0,05	0,05
Servidumbre 2	0,24	0,04	0,04	0,05	0,05
Servidumbre 3	0,24	0,04	0,04	0,05	0,05
Servidumbre 4	0,24	0,04	0,04	0,05	0,05
Servidumbre 5	0,23	0,04	0,04	0,05	0,05

**Cuadro 4-22.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 10:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Servidumbre 1	2,33	0,43	0,43	0,49	0,49
Servidumbre 2	2,33	0,43	0,43	0,49	0,49
Servidumbre 3	2,27	0,42	0,42	0,48	0,48
Servidumbre 4	2,27	0,42	0,42	0,48	0,48
Servidumbre 5	2,22	0,41	0,41	0,47	0,47

De acuerdo con el **Cuadro 4-21** y con el **Cuadro 4-22**, la máxima velocidad en la tubería del Sector Calle Servidumbre se obtiene a las 10:00 horas lo cual es esperado ya que es el momento del día donde se da el mayor consumo, los valores más altos para el caso del material PVC es de 0,43 m/s, mientras que para el material de PEAD es de 0,49 m/s, ambos resultados de velocidad son aceptados, ya que como se mencionó en la **Sección 2.2.5** la velocidad dentro de la tubería no puede ser mayor a 3,0 m/s.



**Cuadro 4-23.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 0:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Tanque Almacenamiento	1536,13	3,49	3,49	3,49	3,49
Control 2	1531,82	7,80	7,80	7,80	7,80
Primer Servicio	1510,95	28,66	28,66	28,66	28,66
Puente Calle Servidumbre	1491,92	47,69	47,69	47,68	47,68
Control 3	1495,42	44,19	44,19	44,18	44,18
Fin Calle Servidumbre	1501,19	38,41	38,41	38,40	38,40

**Cuadro 4-24.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Servidumbre, a las 10:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Tanque Almacenamiento	1536,13	2,13	2,13	2,13	2,13
Control 2	1531,82	6,20	6,20	6,09	6,09
Primer Servicio	1510,95	26,60	26,60	26,31	26,31
Puente Calle Servidumbre	1491,92	45,35	45,35	44,95	44,95
Control 3	1495,42	41,59	41,59	41,09	41,09
Fin Calle Servidumbre	1501,19	35,63	35,63	35,05	35,05

Con respecto a la presión del Sector, comparando el **Cuadro 4-23** y el **Cuadro 4-24**, es posible observar que la máxima presión en cada uno de los nodos de control se da a las 0:00 horas, mientras que la mínima se da al momento de mayor consumo, lo cual es consecuente

con la Ecuación (2-1), misma que indica que a mayor caudal en una tubería manteniendo constante su diámetro, habrá una mayor pérdida de la energética del fluido.

Comparando las diferencias de presión que se generan al final del Tramo con material de PVC, utilizando el diámetro sugerido y el indicado por la Norma, ésta no varía, debido a que en ambas la tubería utiliza mismo diámetro, tal situación se da por igual en caso de implementar PEAD. Sin embargo, si se presenta una leve diferencia de presión de un 1,62 % entre utilizar tubería de PVC o de PEAD, cuyos resultados respectivamente son de 35,63 mca y 35,05 mca en el nodo final del Sector llamado Fin Calle Servidumbre.

### **Diseño tramo de tubería del Sector Calle Pública**

La tubería de este Sector es la que se denota con color rosado en la **Figura 4-9**. En las estaciones 1+080 m y 1+380 m se propone la ubicación de los hidrantes. La concentración de cloro de este Sector de acuerdo con lo indicado en la **Figura 4-16** se mantiene entre los 0,47 mg/l y los 0,41 mg/l en los tramos más alejados.

- **Dimensionamiento de la tubería del Sector Calle Pública.**

Como es posible observar en el **Cuadro 4-25**, del tramo Pública 1 al Pública 3 se sugiere hacer uso del diámetro nominal de 3 pulgadas en PVC SDR 32.5 y en PEAD DR17, en respuesta a mantener la mínima pérdida de energía por parte del agua, al finalizar el tramo Pública 3 se da la separación de tuberías para el transporte del agua a los diferentes Sectores del Acueducto, la tubería comprendida entre los tramos Pública 4 al Pública 9, en respuesta

a la disminución del caudal, indicado en **Cuadro 4-26** y **Cuadro 4-27**, se decide implementar una reducción en el diámetro nominal de la tubería a 50 mm, manteniendo el SDR 32.5 para PVC y el DR 17 para el caso de hacer uso del material de PEAD ya que las presiones de trabajo se mantienen por debajo de 88 mca, la cual es la presión de trabajo recomendada por los fabricantes para que las tuberías se mantengan operando de forma segura. Los tramos Pública 9 y Pública 10 se diseñan con diámetro nominal de 38 mm por razón de que el caudal a pasar por ellos es el equivalente al de cuatro servicios habitacionales.

**Cuadro 4-25.** Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle Pública.

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETROS (mm)			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Pública 1	67,14	83,4	83,4	77,8	77,8
Pública 2	110,75	83,4	83,4	77,8	77,8
Pública 3	199,06	83,4	83,4	77,8	77,8
Pública 4	225,12	56,6	83,4	52,8	77,8
Pública 5	51,89	56,6	83,4	52,8	77,8
Pública 6	89,58	56,6	83,4	52,8	77,8
Pública 7	45,05	56,6	83,4	52,8	77,8
Pública 8	101,52	56,6	83,4	52,8	77,8
Pública 9	46,61	56,6	83,4	52,8	77,8
Pública 10	92,20	45,3	83,4	42,2	77,8
Pública 11	82,02	45,3	83,4	42,2	77,8

**Cuadro 4-26.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector la Calle Pública, a las 0:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Pública 1	0,23	0,04	0,04	0,05	0,05
Pública 2	0,23	0,04	0,04	0,05	0,05
Pública 3	0,23	0,04	0,04	0,05	0,05
Pública 4	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01
Pública 5	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Pública 6	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Pública 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pública 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pública 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pública 10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Pública 11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Cuadro 4-27.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector la Calle Pública, a las 10:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Pública 1	2,18	0,40	0,40	0,47	0,47
Pública 2	2,18	0,40	0,40	0,46	0,46
Pública 3	2,18	0,40	0,40	0,46	0,46
Pública 4	0,41	0,16	0,07	0,19	0,09
Pública 5	0,30	0,12	0,05	0,14	0,06
Pública 6	0,16	0,06	0,03	0,07	0,03
Pública 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pública 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pública 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pública 10	0,07	0,04	0,01	0,05	0,01
Pública 11	0,04	0,02	0,01	0,03	0,01

Al observar tanto el **Cuadro 4-26** y el **Cuadro 4-27**, el hacer uso de diámetros menores en material PVC a los indicados por la Norma del AyA mantiene velocidades del flujo de agua hasta en un 86,6 % por debajo de la velocidad máxima permitida, por su parte el PE4710 la velocidad es 84,3 % inferior a la máxima, esto para el caso de la tubería comprendida entre los tramos de Pública 1 a Pública 3, las cuales presentan las mayores velocidades del Sector a las 10:00 horas del día.

**Cuadro 4-28.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Pública, a las 0:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Inicio Calle Pública 1	1501,19	38,41	38,41	38,40	38,40
Control 2	1482,09	57,51	57,51	57,50	57,50
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	77,07	77,07	77,05	77,05
Válvula 3,2-Div Sectores	1462,52	15,00	15,00	15,00	15,00
Control 4-Hidrante	1439,90	37,62	37,62	37,62	37,62
Válvula Reductora Presión	1420,79	56,73	56,73	56,73	56,73
Válvula Reductora Presión	1420,79	27,94	27,94	27,94	27,94
Control 6 - Hidrante	1411,11	37,62	37,62	37,62	37,62
Puente Calle Pública	1407,54	41,19	41,19	41,19	41,19
Servicio más bajo	1399,23	49,50	49,50	49,50	49,50

**Cuadro 4-29.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle Pública, a las 10:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Inicio Calle Pública 1	1501,19	36,63	36,63	36,05	35,05
Control 2	1482,09	54,24	54,24	53,46	53,46
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	73,26	73,26	72,26	72,26
Válvula 3,2-Div Sectores	1462,52	15,00	15,00	15,00	15,00
Control 4-Hidrante	1439,90	37,44	37,60	37,37	37,59
Válvula Reductora Presión	1420,79	56,51	56,70	56,43	56,69
Válvula Reductora Presión	1420,79	27,91	27,94	27,89	27,93
Control 6 - Hidrante	1411,11	37,59	37,62	37,58	37,62
Puente Calle Pública	1407,54	41,16	41,19	41,15	41,19
Servicio más bajo	1399,23	49,46	49,50	49,44	49,50

De acuerdo con lo indicado en los **Cuadro 4-28** y **Cuadro 4-29**, es posible observar que hay dos nodos de control con presencia de válvulas reductoras de presión, mismas que se encuentran en las cotas de 1462,52 msnm y 1420,79 msnm.

Al nodo nombrado como Válvula 3-Div Sectores, la presión de llegada es prácticamente de 77 mca en caso del sistema a las 0:00 horas tanto para material PVC como PEAD, mientras que para las 10:00 horas la presión es 73,26 mca en caso de implementar PVC, o 72,26 mca en caso de hacer uso de tubería de PEAD PE4710. Para mantener el sistema dentro de las presiones recomendadas para cada uno de los servicios de la comunidad es necesario

implementar Válvulas Reductoras de Presión (PRV), pues en los sectores bajos en caso de no utilizarlas la presión en estos puntos subiría por encima de los 70 mca indicados por la Normativa. Hacer uso de una sola PRV para disminuir la presión de 77 mca a los 15 mca necesarios aguas debajo de la válvula, la hace muy propensa a sufrir el fenómeno de la cavitación, razón por la cual, se recomienda hacer la instalación de dos válvulas tipo PRV en serie la primera de ellas calibrada a 33 mca y la segunda de ellas a los 15 mca.

Aguas arriba de las válvulas PRV en la cota 1462,62 msnm, se hará la división de las tuberías que seguirán a los sectores Calle El Hoyo, y Calle La Escuela-Calle La Pacaya, mientras que aguas debajo de éstas se hará la derivación hacia los sectores Calle La Escuela y continuación de la Calle Pública.

Con respecto a la PRV ubicada en la estación 1+260 m con cota 1420,79 msnm, se debe calibrar a 28 mca para así evitar presiones por encima de los 70 mca en los nodos de servicio. La presión máxima aguas arriba de la válvula observando el **Cuadro 4-28** es de 56,51 mca usando PVC y de 56,43 usando tubería en PE4710, por lo tanto, no hay riesgo de cavitación al momento de realizar la reducción de la presión a los 28 mca necesarios.

- **Golpe de ariete en tubería Sector Calle Pública**

Cuando se hace uso de una válvula en una línea de tubería que transporta un fluido como el agua, hay probabilidad de generar sobrepresiones en las líneas al momento en que estas válvulas son cerradas, por tal motivo es importante constatar que tales sobrepresiones sumadas a las presiones de trabajo se mantengan por debajo de la presión de trabajo de las

tuberías implementadas. Para realizar tal cálculo, se parte del hecho que el cierre de las válvulas se haría de forma rápida y a las 10:00 horas del día, por lo cual así se obtendría el máximo valor de sobrepresión en el sistema. Por lo tanto, al hacer uso de la **Ecuación (2-7)**, la presión generada por el golpe de ariete ( $h_{m\acute{a}x}$ ), sería de 12,1 mca en el caso de utilizar tubería PVC o de 9,75 mca en caso de implementar tubería de PEAD, ante tales resultados la máxima presión en este tramo de tubería sería de 85,27 mca usando material PVC, por su parte en caso de utilizar PEAD4710 sería de 82,01 mca. Ambos resultados están por debajo de la presión de trabajo para cada uno de los dos materiales para la tubería.

Para el caso de la válvula PRV ubicada en la estación 1+260 m, no hay riesgo de sobrepresiones ocasionadas por el golpe de ariete, esto en función de que la velocidad del agua en el tramo de tubería Pública 7 sería inferior 0,06 m/s, por lo tanto, la presión posible ocasionada debido a un cierre rápido de la válvula haciendo uso de la **Ecuación (2-7)** sería de 1,85 mca y sumado a ello los 56,51 mca de trabajo en la tubería, estaría por debajo de los 88 mca que soporta la tubería PVC con SDR 32.5, misma situación se genera en caso de implementar PE4710.

### **Diseño tramo de tubería del Sector Calle El Hoyo**

La tubería de este Sector es la que se denota con la línea de color amarillo en la **Figura 4-9**. En lo que respecta a la concentración del cloro para este Sector, ésta oscila entre 0,45 mg/l y 0,43 mg/l, lo anterior se puede constatar en la **Figura 4-16**.



- **Dimensionamiento de la tubería del Sector de la Calle El Hoyo.**

De acuerdo con el **Cuadro 4-30** se sugiere el uso de los diámetros nominales de 50 mm y de 38 mm ambos con SDR 32.5, para el caso de PE4710 se utilizaría el DR 17. El tramo El Hoyo 2 es un tramo paralelo a la tubería principal con objetivo de alimentar los nodos más bajos de este Sector, esto en función de la imposibilidad de reducir todo el ramal desde el inicio, ya que en caso de hacerlo se estaría disminuyendo la energía del fluido para llegar a las partes más altas del Sector.

**Cuadro 4-30.** Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle El Hoyo.

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETROS INTERNOS (mm)			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
El Hoyo 1	101,18	56,6	83,4	52,8	77,8
El Hoyo 2	89,95	45,3	83,4	42,2	77,8
El Hoyo 3	75,29	56,6	83,4	52,8	77,8
El Hoyo 4	100,30	56,6	83,4	52,8	77,8

**Cuadro 4-31.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 0:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
El Hoyo 1	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01
El Hoyo 2	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
El Hoyo 3	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
El Hoyo 4	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00

El Cuadro 4-31 y el Cuadro 4-32 indica los resultados obtenidos de la velocidad que tiene el agua a lo interno de las tuberías para este Sector, al hacer uso del diámetro sugerido la velocidad más alta se presenta en el tramo El Hoyo 1, siendo ésta un 1765 % más baja que la máxima permitida en la Normativa del AyA, mientras que en caso de utilizar los diámetros indicados por la Norma la velocidad estaría 3750 % por debajo, facilitando la sedimentación en la mayoría de los tramos del Sector.

**Cuadro 4-32.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 10:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
El Hoyo 1	0,42	0,17	0,08	0,19	0,09
El Hoyo 2	0,07	0,04	0,01	0,05	0,01
El Hoyo 3	0,30	0,12	0,05	0,14	0,06
El Hoyo 4	0,23	0,09	0,04	0,10	0,05

**Cuadro 4-33.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 0:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	77,07	77,07	77,05	77,05
Válvula Reductora Presión	1481,56	58,03	58,03	58,02	58,02
Válvula Reductora Presión	1481,56	25,00	25,00	25,00	25,00
Control 3	1490,99	48,60	48,60	48,59	48,59
Control 4	1513,11	26,47	26,47	26,46	26,46

**Cuadro 4-34.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle El Hoyo, a las 10:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	73,26	73,26	72,26	72,26
Válvula Reductora Presión	1481,56	54,14	54,21	53,10	53,21
Válvula Reductora Presión	1481,56	25,00	25,00	25,00	25,00
Control 3	1490,99	44,67	44,78	43,62	43,77
Control 4	1513,11	22,52	22,65	21,46	21,64

Para cumplir con las presiones a lo largo de todo el Sector, la tubería hacia éste sale aguas arriba de la válvula PRV ubicada en el nodo nombrado como Válvula 3-Div Sectores, sin embargo al inicio del tramo El Hoyo 1 se encuentran nodos de servicios, por lo cual en caso de conectarlos de forma directa se encontrarían con presiones por encima de la recomendada, para dar solución a este problema se decide implementar una válvula reductora y conectarla a un ramal paralelo con inicio en la estación 0+950 m.

Respecto a la variación que se presenta en el nodo final del Sector, el Control 4, la presión varía un 0,57 % en caso de utilizar el diámetro PVC sugerido con respecto a si se utiliza el indicado por la Norma, mientras que en caso de utilizar PEAD la variación de la presión es de 0,83 %.

- **Golpe de ariete en tubería Sector Calle El Hoyo**

El uso de esta válvula no implica riesgo por sobrepresión ocasionada por un posible golpe de ariete, ya que en caso de incurrir en un cierre rápido la  $h_{m\acute{a}x}$  de acuerdo con la **Ecuación (2-7)** sería de 5,25 mca usando PVC y 4,61 mca en caso de usar PE4710, por lo tanto, al sumar los valores de presión a las 10:00 horas para cada uno de los dos materiales, las presiones siguen manteniéndose por debajo de los valores establecidos para la presión de trabajo para cada tipo de tubería.

#### **Diseño tramo de tubería del Sector Calle La Escuela**

Este Sector es denotado con la línea de color rojo en la **Figura 4-9**. Para la concentración de cloro a lo largo del Sector, ésta se mantiene dentro de los valores del rango permitido, ya que como es posible observar en la **Figura 4-16**, la concentración de este químico oscila entre 0,45 mg/l y 0,41 mg/l.

- **Dimensionamiento de la tubería del Sector Calle La Escuela.**

Para este tramo se sugiere implementar un diámetro nominal de 50 mm para ambos materiales de tubería con SDR 32.5 para PVC o en su defecto DR 17 en caso de utilizar PEAD. Como se observa en el **Cuadro 4-35**, se utiliza diámetros nominales de 75 mm en caso de diseñar con la Norma del AyA.

**Cuadro 4-35.** Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle La Escuela.

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETROS INTERNOS (mm)			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
La Escuela 1	162,13	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela 2	57,39	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela 3	54,16	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela 4	67,69	56,6	83,4	52,8	77,8

**Cuadro 4-36.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 0:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
La Escuela 1	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01
La Escuela 2	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
La Escuela 3	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
La Escuela 4	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00

**Cuadro 4-37.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 10:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
La Escuela 1	0,30	0,13	0,06	0,15	0,07
La Escuela 2	0,24	0,11	0,05	0,12	0,06
La Escuela 3	0,13	0,06	0,03	0,06	0,03
La Escuela 4	0,13	0,06	0,03	0,06	0,03

Al igual que sucede con el Sector Calle El Hoyo, el caudal a a pasar por la tubería del Sector Calle La Escuela es bajo, razón por la cual, las velocidades a través de este también lo son. De acuerdo con el **Cuadro 4-36** y el **Cuadro 4-37**, las velocidades más altas se presentan a las 10:00 horas del día en el tramo La Escuela 1, el hacer uso del diámetro sugerido no implica un aumento en la velocidad por encima del valor permitido en la Norma del AyA, mientras que hacer uso de los diámetros indicados por ésta genera velocidades muy bajas en el Sector.

**Cuadro 4-38.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 0:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	77,07	77,07	77,05	77,05
Válvula 3,2-Div Sectores	1462,52	15,00	15,00	15,00	15,00
Válvula Reductora Presión	1428,73	48,79	48,79	48,79	48,79
Válvula Reductora Presión	1428,73	20,00	20,00	20,00	20,00
Control 4	1416,89	31,84	31,84	31,84	31,84
Control 5	1417,63	31,10	31,10	31,10	31,10
Puente Calle Pública	1407,54	41,19	41,19	41,19	41,19

**Cuadro 4-39.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 10:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	73,26	73,26	72,26	72,26
Válvula 3,2-Div Sectores	1462,52	15,00	15,00	15,00	15,00
Válvula Reductora Presión	1428,73	48,70	48,78	48,06	48,77
Válvula Reductora Presión	1428,73	20,00	20,00	20,00	20,00
Control 4	1416,89	31,82	31,83	31,81	31,83
Control 5	1417,63	31,07	31,09	31,06	31,09
Puente Calle Pública	1407,54	41,16	41,19	41,15	41,19

La tubería de Calle La Escuela requiere de la implementación de una válvula reductora de presión (PRV) en la estación del Sector 1+020 m con cota 1428,73 msnm, con la cual se garantice que las presiones de los nodos con las cotas más bajas del acueducto estén por debajo de los 70 mca establecidos por la Norma del AyA.

Al observar el **Cuadro 4-39**, la diferencia de presión generada al hacer uso de los diámetros nominales sugeridos de 50 mm ante los diámetros indicados por la normativa del AyA es de 0,07 % con respecto a PVC en el último nodo del Sector, mientras que con el material de PEAD es de 0,1%.

- **Golpe de ariete en tubería Sector Calle La Escuela**

La velocidad más alta es a las 10:00 horas del día, la PRV se ubica al final del tramo La Escuela 1, por lo tanto, un cierre rápido generaría una  $h_{m\acute{a}x}$  de acuerdo con la **Ecuación (2-7)**

de 3,63 mca a la cual se le debe sumar 48,70 mca que es la presión aguas arriba de la válvula, implicando un total de 52,33 mca presión haciendo uso de material PVC, si el material utilizado es PEAD la  $h_{\text{máx}}$  sería de 3,65 mca y en respuesta a ello un total de carga equivalente a 51,71 mca. Ambos resultados no ponen en riesgo el uso de la implementación de las tuberías sugeridas.

### **Diseño tramo de tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya**

La tubería de este Sector es la línea que se denota con el color verde en la **Figura 4-9**, esta tubería presenta variaciones importantes en su topografía a lo largo de su recorrido, entre su punto más alto y su punto más bajo hay una diferencia de altura cercana a los 110 m. Para el correcto funcionamiento del Sector es necesario la implementación de válvulas reductoras de presión con el objetivo de generar ramales paralelos a la línea principal de distribución.

Los ramales de tuberías paralelas son: La Escuela-La Pacaya 4 y La Escuela-La Pacaya 8, las cuales pondrán a disposición el agua para los servicios más bajos del Sector.

En lo que respecta a la concentración del cloro, de acuerdo con la **Figura 4-16**, ésta oscila entre 0,45 mg/l y los 0,39 mg/l, partiendo de una concentración inicial en los tanques de almacenamiento de 0,6 mg/l.

- **Dimensionamiento de la tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya.**

Como se indica en el **Cuadro 4-40**, el dimensionamiento propuesto de la tubería para este Sector contiene diámetros nominales que van desde 38 mm hasta los 50 mm, para el caso de



los diámetros sugeridos para PVC, mientras que en PE4710 estos comprenden desde 38 mm hasta los 75 mm.

Para el caso de los tramos de tubería: La Escuela – La Pacaya 1 y La Escuela – La Pacaya 6, en material PVC se debe utilizar SDR26, mientras que para PEAD un DR 13.5.

Para los tramos: La Escuela – La Pacaya 2, La Escuela – La Pacaya 3 y La Escuela – La Pacaya 5, en material PVC se debe utilizar SDR17, mientras que para PEAD un DR 11.

Para los tramos: La Escuela – La Pacaya 4 y de La Escuela – La Pacaya 7 en adelante hasta el tramo La Escuela – La Pacaya 13, en material PVC se debe utilizar SDR32.5, mientras que para PEAD un DR 17.

**Cuadro 4-40.** Diámetros internos diseñados para utilizar en la tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya.

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETROS (mm)			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
La Escuela-La Pacaya 1	162,07	82,0	82,0	75,0	75,0
La Escuela-La Pacaya 2	211,53	53,2	78,4	71,8	71,8
La Escuela-La Pacaya 3	119,60	53,2	78,4	71,8	71,8
La Escuela-La Pacaya 4	80,11	45,3	83,4	42,2	77,8
La Escuela-La Pacaya 5	47,75	53,2	78,4	48,7	71,8
La Escuela-La Pacaya 6	106,70	55,37	82,0	50,8	75,0
La Escuela-La Pacaya 7	93,16	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela-La Pacaya 8	93,16	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela-La Pacaya 9	65,85	56,6	83,4	52,8	77,8

La Escuela-La Pacaya 10	114,70	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela-La Pacaya 11	151,60	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela-La Pacaya 12	76,12	56,6	83,4	52,8	77,8
La Escuela-La Pacaya 13	88,61	56,6	83,4	52,8	77,8

**Cuadro 4-41.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 0:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
La Escuela-La Pacaya 1	0,11	0,02	0,02	0,02	0,02
La Escuela-La Pacaya 2	0,11	0,05	0,02	0,03	0,03
La Escuela-La Pacaya 3	0,11	0,05	0,02	0,03	0,03
La Escuela-La Pacaya 4	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
La Escuela-La Pacaya 5	0,09	0,04	0,02	0,05	0,02
La Escuela-La Pacaya 6	0,09	0,04	0,02	0,05	0,02
La Escuela-La Pacaya 7	0,09	0,03	0,02	0,04	0,02
La Escuela-La Pacaya 8	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
La Escuela-La Pacaya 9	0,07	0,03	0,01	0,03	0,01
La Escuela-La Pacaya 10	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01
La Escuela-La Pacaya 11	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00
La Escuela-La Pacaya 12	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00
La Escuela-La Pacaya 13	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00

**Cuadro 4-42.** Resultados de caudal y velocidad en los tramos de la tubería del Sector Calle La Escuela, a las 10:00 horas.

TRAMO	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
La Escuela-La Pacaya 1	1,02	0,19	0,19	0,23	0,23
La Escuela-La Pacaya 2	1,02	0,46	0,21	0,25	0,25
La Escuela-La Pacaya 3	1,02	0,46	0,21	0,25	0,25
La Escuela-La Pacaya 4	0,05	0,03	0,01	0,04	0,01
La Escuela-La Pacaya 5	0,90	0,40	0,19	0,48	0,22
La Escuela-La Pacaya 6	0,90	0,37	0,17	0,44	0,20
La Escuela-La Pacaya 7	0,90	0,36	0,16	0,41	0,19
La Escuela-La Pacaya 8	0,23	0,14	0,04	0,16	0,05
La Escuela-La Pacaya 9	0,67	0,27	0,12	0,31	0,14
La Escuela-La Pacaya 10	0,32	0,13	0,06	0,14	0,07
La Escuela-La Pacaya 11	0,21	0,08	0,04	0,10	0,04
La Escuela-La Pacaya 12	0,19	0,08	0,04	0,09	0,04
La Escuela-La Pacaya 13	0,07	0,08	0,01	0,09	0,01

Los resultados mostrados en el **Cuadro 4-41** y **Cuadro 4-42**, evidencian que al hacer uso de los diámetros sugeridos nominales de 38 mm y de 75 mm, en todos los tramos de tubería no se sobrepasa la máxima velocidad permitida de 3,0 m/s indicada por la Normativa del AyA.

**Cuadro 4-43.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya, a las 0:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 0:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	77,07	77,07	77,05	77,05
Control 1	1428,73	110,85	110,85	110,84	110,84
Control 2	1405,90	133,66	133,69	133,67	133,67
Válvula Reductora Presión 1-1	1427,80	111,74	111,78	111,75	111,76
Válvula Reductora Presión 1-2	1427,80	30,00	30,00	30,00	30,00
Control 4	1436,80	102,74	102,78	102,74	102,76
Control 5	1460,39	79,15	79,19	79,14	79,17
Válvula Reductora Presión 2-1	1480,58	58,95	59,00	58,95	58,97
Válvula Reductora Presión 2-2	1480,58	25,00	25,00	25,00	25,00
Nodo Mayor Altura	1515,98	23,55	23,60	23,54	23,58
Control 7	1502,66	36,86	36,91	36,86	36,89

**Cuadro 4-44.** Valores de presión en los nodos de la tubería del Sector Calle La Escuela – Calle La Pacaya, a las 10:00 horas.

NODO	COTA (msnm)	PRESIÓN (mca) – 10:00 horas			
		PVC SUGERIDO	PVC NORMA AyA	PEAD SUGERIDO	PEAD NORMA AyA
Válvula 3-Div Sectores	1462,52	73,26	73,26	72,26	72,26
Control 1	1428,73	106,93	106,93	105,87	105,87
Control 2	1405,90	128,84	129,58	128,41	128,41
Válvula Reductora Presión 1-1	1427,80	106,21	107,56	106,33	106,33
Válvula Reductora Presión 1-2	1427,80	30,00	30,00	30,00	30,00
Control 4	1436,80	96,98	98,53	96,99	97,28
Control 5	1460,39	72,97	74,88	72,76	73,60
Válvula Reductora Presión 2-1	1480,58	52,46	54,64	52,11	53,34

Válvula Reductora Presión 2-2	1480,58	25,00	25,00	25,00	25,00
Nodo Mayor Altura	1515,98	16,48	19,20	16,39	17,89
Control 7	1502,66	30,12	32,51	29,67	31,20

Las presiones más altas que tiene el sistema Acueducto se presentan en este Sector, como se observa en el **Cuadro 4-43** y el **Cuadro 4-44** éstas van desde los 25 mca hasta los 133 mca. En la estación 1+340 m, es requerido sacar un ramal paralelo a la tubería de distribución para que alimente a los nodos más bajos del sector, para ello se requiere el uso de las PRV denotadas como Válvula Reductora Presión 1-1 y Válvula Reductora Presión 1-2, debido a que la presión más alta de llegada a este punto es de 111,68 mca y la salida debe de calibrarse a un valor de 30 mca, es necesario la implementación de dos PRV en serie para así evitar la cavitación, por lo tanto la primera de estas válvulas debe ser calibrada a una presión aguas abajo de 65 mca y la segunda a 30 mca.

Posteriormente es necesario un segundo ramal en la estación 1+590 m cuya cota de elevación es 1480,58 msnm, razón por la cual es necesario implementar de una Válvula Reductora de Presión, cuya presión de consigna aguas abajo debe ser de 25 mca.

Otra característica importante que presenta el Sector es que posee el servicio con la cota más alta del Acueducto, en caso de hacer uso del diámetro sugerido en material PVC la presión con la que el agua estaría llegando a este punto es de 16,48 mca, por su lado la presión con el diámetro indicado por la Norma del AyA para el mismo material la sería de 19,20 mca, ambas presiones para el horario en el cual se presenta el mayor consumo que es a las 10:00 horas del día. En caso de utilizar material de PE4710 para la tubería con el diámetro sugerido,

la presión dinámica llegaría a ser de 16,39 mca y con el diámetro solicitado por la Norma la presión alcanzaría los 17,89 mca; todas las presiones están por encima de la presión mínima de 15 mca.

- **Accesorios utilizados en la red de distribución.**

Para el correcto funcionamiento se debe hacer uso de válvulas de aire que permitan tanto el ingreso como la extracción de este fluido gaseoso, válvulas de purga para la limpieza de las tuberías, válvulas de corte con la función de impedir el paso del caudal cuando ello sea necesario, así como la implementación de válvulas de regulación de la presión para proteger las tuberías de las sobrepresiones, a continuación, se indica cuáles y en qué puntos estratégicos del acueducto se decide implementar este tipo de accesorios.

### **Válvulas de corte**

Las válvulas de corte van a ser colocadas al inicio de cada uno de los tramos de tubería de los diferentes sectores, así mismo, se pondrán dos válvulas de corte por cada una de las válvulas reductoras de presión (PRV) que van a ser instaladas en la tubería de distribución del acueducto. También se estarán colocando dos válvulas de corte por cada uno de los cuatro tanques de almacenamiento de agua (dos de almacenamiento para consumo de la población y dos de almacenamiento para incendio). Las válvulas tipo compuerta, son las que se utilizarán en función de válvulas de corte. En el **Cuadro 4-45** se indica la ubicación de estas válvulas.

**Cuadro 4-45.** Ubicación de las válvulas tipo compuerta con función de corte o purga en el Acueducto.

<b>SECTOR</b>	<b>TIPO DE VÁLVULA</b>	<b>DIÁMETRO NOMINAL (mm)</b>	<b>UBICACIÓN (Estación, m)</b>	<b>CANTIDAD</b>
Almacenamiento	Compuerta (Corte - Purga)	50	0+000	6
Servidumbre	Compuerta (Corte – Purga)	50	0+320	1
Servidumbre	Compuerta (Corte – Purga)	50	0+470	1
Calle Pública	Compuerta (Corte – Purga)	50	0+850	6
Calle Pública	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+080	2
Calle Pública	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+260	2
Calle Pública	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+380	2
Calle Pública	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+400	1
Calle Pública	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+500	1
Calle El Hoyo	Compuerta (Corte – Purga)	50	0+950	2
Calle La Escuela	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+020	2
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+340	2
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	Compuerta (Corte – Purga)	50	1+590	2
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	Compuerta (Corte – Purga)	50	2+067	1

### **Válvulas de purga**

Estas válvulas se van a colocar en las partes bajas de los tramos de tuberías, con el fin de extraer los sedimentos que se lleguen a acumular, acorde con la Normativa del AyA deben ser del tipo compuerta, a su vez da la recomendación de que deben ser instaladas con el mismo diámetro de la tubería, siempre y cuando ésta sea menor o igual a un diámetro nominal de 100 mm.



**Figura 4-18.** Válvula GAER de compuerta, sugerida para ser implementada en el Acueducto.



### **Válvulas reductoras de presión (PRV)**

Se decide implementar la PRV Serie 100 marca Dorot, la cual es una válvula hidráulica automática auto operada de control. El debido funcionamiento es controlado mediante un piloto, el cual puede ser de tres vías cuya característica es que permite abrir el diafragma en su totalidad, o también se tiene piloto de dos vías, con la particularidad de que el diafragma no puede abrirse por completo debido a que la cámara de control siempre va a tener agua en su interior, resultado de ello la válvula tendrá una mayor caída local de la presión. En la **Figura 4-19**, se puede observar un modelo de la PRV S100 de Dorot



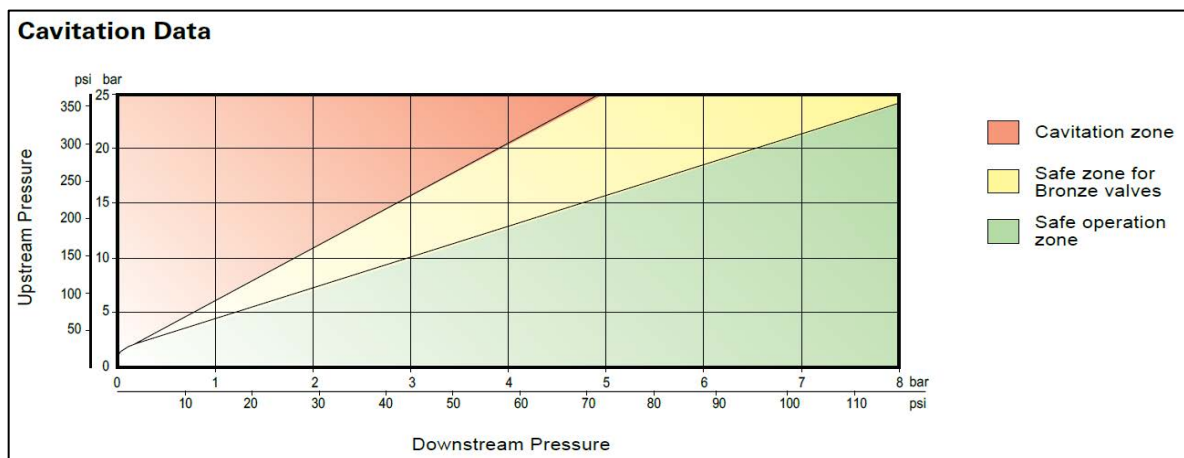
**Figura 4-19.** Válvula reductora de presión S100. Fuente de datos Dorot, 2022.

El **Cuadro 4-46** indica cual es la ubicación que tienen las válvulas PRV, en el Acueducto.

**Cuadro 4-46.** Ubicación de las válvulas reductoras de presión en las tuberías del Acueducto.

SECTOR	TIPO DE VÁLVULA	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	UBICACIÓN (Estación, m)	CANTIDAD
Calle Pública	PRV	50	0+850	2
Calle Pública	PRV	50	1+260	1
Calle El Hoyo	PRV	50	0+950	1
Calle La Escuela	PRV	50	1+020	2
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	PRV	50	1+340	2
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	PRV	50	1+590	2

Para mantener a estas válvulas libre del fenómeno de la cavitación, la presión solo podrá reducirse por una consigna mayor a un tercio de la presión aguas arriba de la válvula. Dorot muestra un diagrama a seguir para evitar dicho fenómeno, mostrado en la **Figura 4-20**.

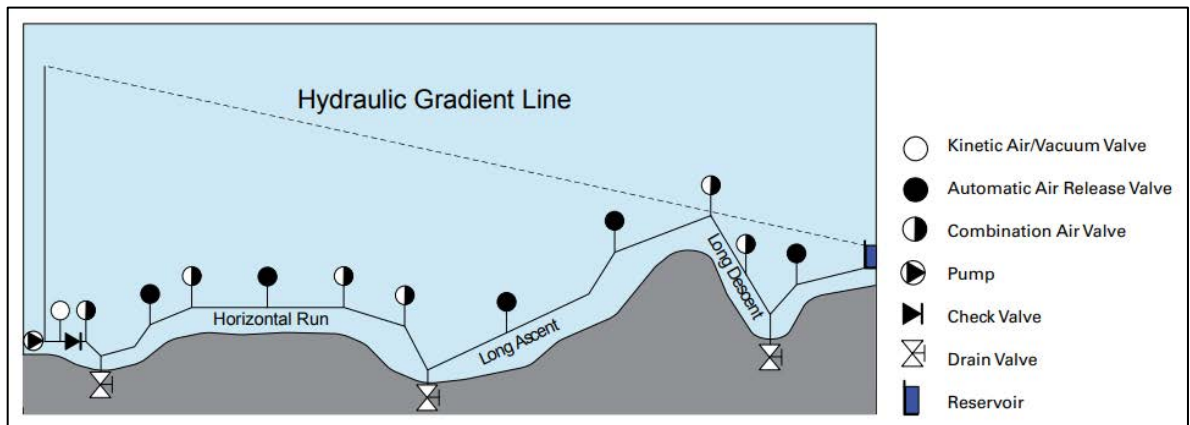


**Figura 4-20.** Datos de disminución de presión con y sin cavitación en la válvula S100 de Dorot. Fuente de datos Dorot, 2022.

## Válvulas de aire

Estas son necesarias para eliminar las bolsas de aire que se agrupan en los puntos más altos de las tuberías, a su vez las que se pueden formar en trayectos largos, por tal motivo es necesario instalarlas como máximo en tramos cada 800 m. Este tipo de válvulas no solo permiten la salida del aire, sino que también su ingreso con la finalidad de evitar los golpes de ariete producidos en las líneas de conducción y/o distribución.

Las válvulas de aire a instalar son las llamadas triple efecto o combinadas, ya que además de extraer o ingresar aire al llenado y al vaciado de las tuberías, permiten la salida del aire una vez que el sistema está presurizado. La **Figura 4-21**, muestra cuáles son los puntos donde se recomienda colocar las válvulas de aire.



**Figura 4-21.** Sugerencia para la ubicación de válvulas de aire.

Fuente Ficha técnica Dorot, 2022

De acuerdo con la **Figura 4-21**, en el **Cuadro 4-47** se muestran los puntos a lo largo del sistema de tuberías del Acueducto para colocar las válvulas de triple efecto.

**Cuadro 4-47.** Estaciones a lo largo de las tuberías de los diferentes sectores en las que se recomienda colocar válvulas de aire tipo combinadas.

<b>SECTOR</b>	<b>TIPO DE VÁLVULA</b>	<b>DIÁMETRO NOMINAL (mm)</b>	<b>UBICACIÓN (Estación, m)</b>	<b>CANTIDAD</b>
Almacenamiento	Aire	25	0+000	2
Servidumbre	Aire	25	0+130	1
Servidumbre	Aire	25	0+320	2
Servidumbre – Calle Pública	Aire	25	0+470	1
Calle Pública	Aire	25	0+850	4
Calle Pública	Aire	25	1+080	1
Calle Pública	Aire	25	1+260	2
Calle Pública	Aire	25	1+380	1
Calle Pública	Aire	25	1+400	1
Calle El Hoyo	Aire	25	0+950	1
Calle El Hoyo	Aire	25	1+128	1
Calle La Escuela	Aire	25	1+020	2
Calle La Escuela	Aire	25	1+120	1
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	Aire	25	1+340	2
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	Aire	25	1+590	2
Calle La Escuela - Calle La Pacaya	Aire	25	1+880	1

Con base en los resultados mostrados en esta sección, las cuatro propuestas desde el punto de vista hidráulicos son viables, ya que todas cumplen con los valores máximos y mínimos de presión y velocidad establecidos en la Normativa del AyA, sin embargo, se insta a que se implementen en mayor parte las propuestas de material PEAD o PVC con los diámetros sugeridos, ya que disminuyen las probabilidades de formación de sedimentos a lo interno de las tuberías debido a las bajas velocidades que estarían presentes en caso de utilizar los diámetros que dicha Norma indica, sumado a ello se estaría facilitando los procesos de instalación así como la disminución de los costos.

Cabe mencionar que el hacer uso de las tuberías con los diámetros menores o diámetros sugeridos mantienen el sistema seguro, debido a que la velocidad a la que se transporta el agua en caso de que se presenten cierres abruptos en alguna de las válvulas que conforman el acueducto, no estarían ocasionando sobrepresiones por encima de la presión de trabajo que las tuberías propuestas en este trabajo.

En el **CAPÍTULO 5.** se aborda la propuesta con mayor viabilidad desde el punto de vista financiero.

## **CAPÍTULO 5. ANÁLISIS FINANCIERO DEL ACUEDUCTO DE EL MANZANO**

En este capítulo se pretende determinar cuál es la viabilidad financiera de invertir en la construcción del Acueducto, teniendo como horizonte de análisis un período de 15 años posterior al año cero, para éste se contemplan los costos de los materiales, y los de su construcción, para cada una de las cuatro propuestas, contrastándolo contra los ingresos proyectados del cobro de las tarifas por el servicio de brindar el agua a la población. Para cada una de las propuestas se muestra cuál es el monto máximo que debería aportar el AyA sobre el total de los costos al año cero, el cual permita obtener una rentabilidad mayor a un 8,5 %, de dicho monto invertido, el restante del costo total se propone que sea cubierto a través de un préstamo solicitado a la banca pública. Para la realización de los cuatro análisis se utiliza una tasa de cambio vigente a junio del 2022 equivalente a 690 colones por cada dólar.

### **5.1 Costos de los materiales y a la instalación del Acueducto.**

En el **Cuadro 5-1**, se muestran los precios unitarios a fecha del 03 de junio del 2022, de los materiales de PVC, PE4710, y/o accesorios que pueden ser utilizados en la construcción del Acueducto, los mismos fueron brindados por la empresa Regulación y Manejo de Fluidos de Costa Rica, S.A (R&M).

**Cuadro 5-1.** Lista y precio de los posibles materiales a utilizar en la construcción del acueducto de El Manzano.

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (¢, colones)</b>
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 4", SDR32.5 en Campana Cementada	66 439,12
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 3", SDR32.5 en Campana Cementada	40 379,47
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 3", SDR26 en Campana Cementada	48 518,23
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 3", SDR17 en Campana Cementada	73 283,36
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 2", SDR32.5 en Campana Cementada	20 625,66
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 2", SDR26 en Campana Cementada	25 698,05
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 2", SDR17 en Campana Cementada	37 401,77
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 1 1/2", SDR32.5 Campana Cementada	13 565,84
1	Tubería PVC ASTM 2241 de 1/2", SDR13.5 Campana Cementada	4 282,83
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR17 en tubos de 11.90 m	46 827,00
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR13.5 en tubos de 11.90 m	57 981,00
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR11 en tubos de 11.90 m	69 768,60
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 2 1/2", DR13.5 en tubos de 11.90 m	39 091,80
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 2 1/2", DR11 en tubos de 11.90 m	47 031,60
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 2", DR17 en tubos de 11.90 m	21 555,60
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 2", DR13.5 en tubos de 11.90 m	26 690,40
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 2", DR11 en tubos de 11.90 m	32 135,40
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 1 1/2", DR17 en tubos de 11.90 m	13 305,60
1	Tubería de HDPE PE-4710 de 1/2", DR9 en tubos de 11.90 m	4 798,20
1	Válvula Reductora de Presión Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1", para 16 Bares, Marca Dorot	139 495,00
1	Válvula Reductora de Presión Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 3/4", para 16 Bares, Marca Dorot	128 575,00
1	Válvula Control de Tanque tipo Modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1", para 16 Bares, Marca Dorot	146 897,00
1	Válvula Control de Tanque tipo Modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 3/4", para 16 Bares, Marca Dorot	134 654,00
1	Válvula de Aire Combinada Modelo DAV-P-KA en polímero reforzado, con rosca de 1", para 16 Bares, Marca Dorot	38 895,00
1	Tanque de Almacenamiento de 15 000 litros de Polietileno de Alta Densidad. Incluye una conexión de llenado, una conexión de descarga, una conexión de lavado y una conexión de rebalse	1 594 125,00
1	Válvula de Compuerta de AWWA C-515 en Hierro Dúctil de 2", Clase 150, Bridas B16.5	42 800,00
1	Hidrante tipo Cabezote de 4" Marca Apollo, con sus accesorios de ensamble y conexión	470 000,00
1	Servicio de unión de termofusión para tubería de HDPE	16 000,00

Las cuatro propuestas de diseño para el Acueducto presentan únicamente variación en el tipo de material y el diámetro de las tuberías, motivo por el cual, los accesorios y/o equipos hidráulicos a instalar son los mismos para cada una de las propuestas, por tal motivo, en el **Cuadro 5-2** se muestran los precios finales de la tubería de acuerdo con la propuesta de diámetro de diseño y en el **Cuadro 5-3**, se presenta el costo total de los equipos y/o accesorios sugeridos a instalar en el sistema para su correcto funcionamiento.

**Cuadro 5-2.** Precio final de la tubería de acuerdo con la propuesta de diámetro de diseño.

<b>DIÁMETRO DE TUBERÍA DISEÑADO</b>	<b>PRECIO TOTAL (₡, colones)</b>
PVC Diámetros Sugeridos	19 845 579,00
PVC Diámetros Norma AyA	33 379 379,96
PEAD Diámetros Sugeridos	10 411 258,66
PEAD Diámetros Norma AyA	16 237 778,26

**Cuadro 5-3.** Precios de los accesorios hidráulicos a instalar en el acueducto de El Manzano.

<b>ACCESORIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (₡, colones)</b>	<b>PRECIO TOTAL (₡, colones)</b>
Tanque de almacenamiento de 15 000 litros de Polietileno de Alta Densidad.	4	1 594 125,00	6 376 500,00
Válvula control de tanque tipo modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, 1".	2	146 897,00	293 794,00
Válvula reductora de presión Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1".	6	139 495,00	836 970,00
Válvula de compuerta de AWWA C-515 en hierro dúctil de 2", Clase 150.	31	42 800,00	1 326 800,00
Válvula de aire combinada Modelo DAV-P-KA, con rosca de 1".	24	38 895,00	972 375,00
Hidrante tipo Cabezote de 4" marca Apolo, con sus accesorios.	2	470 000,00	940 000,00
<b>TOTAL</b>			<b>₡ 10 746 439,00</b>



Para conocer cuáles son los precios respectivos a la mano de obra durante la instalación, fue necesario conocer la tasa promedio de inflación que ha tenido el dólar desde el año 2010 al 2022 misma que según un reporte de Bloomberg ronda los 2,65 % [35], tal situación, es debido a que los precios obtenidos de mano de obra por metro lineal para el zanjeo, la instalación de tubería tapado y reposición del asfalto mostrados en el **Cuadro 5-4** y facilitados por el AyA son con fecha del año 2010, [36].

**Cuadro 5-4.** Costo por metro lineal para la instalación de tubería con DN de 75 mm de acuerdo con datos del AyA para el año 2010. Tomado de [36].

<b>Tipo de camino</b>	<b>Excavación (\$/m)</b>	<b>Relleno de Campo (\$/m)</b>	<b>Relleno de Lastre (\$/m)</b>	<b>Reposición de Asfalto (\$/m)</b>	<b>Total (\$/m)</b>
Camino lastreado	12,28	7,56		0	19,84
Calle asfaltada	12,28	0	20,79	3,78	36,85

Teniendo en cuenta que en promedio la inflación anual del dólar desde el 2010 ha sido de 2,65 %, el precio final por metro lineal de tubería instalada en camino de lastre es \$ 27,16, mientras que para camino asfaltado es de \$ 50,45, ambos valores a fecha de junio del 2022.

De acuerdo con la **Figura 4-9**, el Sector Calle Servidumbre con tipo de camino de lastre tiene una longitud próxima a los 480 m, a su vez los 1027 m de camino del Sector Calle Pública es asfaltado, mientras que el camino de los 1523 m de los sectores Calle El Hoyo y Calle La Escuela – Calle La Pacaya es en material de concreto, pero para efectos de este trabajo será considerado como asfalto. Por lo tanto, el costo por excavación, instalación, relleno y reposición del asfalto para el Acueducto es el que se muestra en el **Cuadro 5-5**.

**Cuadro 5-5.** Costos finales por concepto de instalación de la tubería para el Acueducto de El Manzano, a fecha del 2022.

<b>Tipo de Camino</b>	<b>Precio (\$/m)</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Precio Total (\$, dólares)</b>	<b>Precio Total (¢, colones)</b>
Camino lastre	27,16	480	13 036,80	8 995 474,08
Camino asfalto	50,45	2550	128 647,50	88 760 312,73
<b>TOTAL</b>			<b>141 687,30</b>	<b>¢ 97 755 786,81</b>

Un aspecto importante para tener en cuenta en la instalación en caso de utilizar el material de tubería de PE4710, la unión entre éstas es a través de termofusión, razón por la cual, en el **Cuadro 5-6**, se muestra el costo respecto a este concepto.

**Cuadro 5-6.** Costo de termofusión del PE4710.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO POR UNIÓN (¢, colones)</b>	<b>CANTIDAD DE UNIONES</b>	<b>TOTAL (¢, colones)</b>
Termofusión de PE4710	16 000,00	284	4 544 000,00
<b>TOTAL</b>			<b>4 544 000,00</b>

Para mantener los tanques en buen estado y adecuado funcionamiento es necesario colocarlos sobre una loza de concreto, para así mantenerlos en una posición fija y estable, a su vez como lo recomienda el AyA estos deben tener un resguardo perimetral que impida el ingreso de personas o animales que puedan ocasionarles algún tipo de daño. El área de la loza de cada uno de los tanques se consideró como un cuadrado de 4 m de ancho por 4 m de largo con un espesor de 7,5 cm, pues el diámetro de un tanque con volumen de 15 000 litros es de 3 m.

En función de los 4m de lado que tiene la loza, habría que cubrir un total de 16 m lineales por cada tanque con malla tipo, de los cuáles para efectos del cálculo del costo de su instalación se contemplará un total de 6,4 m lineales, ya que el Manual de Valores de Base Unitarios por Tipología Constructiva indica el costo para malla tipo ciclón de ₡35 000,00 (treinta y cinco mil colones), bajo las siguientes dimensiones: 2,25 m de largo por 2,50 m de alto. Por su parte, dicho manual indica que el costo de construcción para una loza de concreto con las medidas previamente indicadas es de ₡25 000,00 (veinticinco mil colones) [37]. El **Cuadro 5-7** muestra el costo de los materiales y mano de obra con relación a las losas y mallado donde se estarían ubicando los tanques.

**Cuadro 5-7.** Costos de materiales y construcción de las losas de concreto y malla tipo ciclón para la colocación y el resguardo de los tanques de almacenamiento.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (₡, colones)	TOTAL (₡, colones)
Material y construcción de loza de concreto.	m <sup>2</sup>	64	25 000,00	1 600 000,00
Material y construcción de malla tipo ciclón.	m	25,6	35 000,00	896 000,00
<b>TOTAL</b>				<b>₡ 2 496 000,00</b>

A la hora de realizar una construcción, cada una de las etapas es previamente estudiada con el objetivo de prever cualquier anomalía, sin embargo, no todos los eventos pueden ser ejecutados a una eficiencia del 100 %, por lo tanto, se decide contemplar un 5 % de imprevistos con respecto al total del costo de los materiales y de la instalación, este valor no es constante para cada una de las cuatro propuestas, ya que el monto equivalente a tuberías

es variable. En el **Cuadro 5-8**, se muestran los montos a cubrir por concepto de imprevistos para cada una de las cuatro propuestas de diseño.

**Cuadro 5-8.** Costos por concepto de imprevistos para cada una de las cuatro propuestas de diseño hidráulico.

PROPUESTA	MONTO POR IMPREVISTOS (₡, colones)
PVC Diámetros Sugeridos	6 556 879,94
PVC Diámetros Norma AyA	7 233 569,99
PEAD Diámetros Sugeridos	6 085 163,92
PEAD Diámetros Norma AyA	6 376 489,90

## 5.2 Costos asociados al mantenimiento en el tiempo del Acueducto.

Para el mantenimiento del acueducto se contempla que debe haber un operario o fontanero encargado de realizar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, así como la tarea de ejecutar la cloración del agua, garantizando de esta forma a la población un consumo de agua potable.

A diferencia de los costos de materiales y las actividades de asociadas a la instalación de éstos, los costos de mantenimiento y operación son continuos y variantes en el tiempo, lo último producto de la inflación. El **Cuadro 5-9**, muestra cuales son los costos aproximados por pago de salario y las respectivas cargas sociales para un fontanero, el período que se contempla inicia en el año 2023 y finaliza en el año 2050.

**Cuadro 5-9.** Costos de salario y cargas sociales anualizadas para un fontanero contemplando una inflación de un 2%.

<b>AÑO</b>	<b>COSTO FONTANERO (₡, colones)</b>	<b>AÑO</b>	<b>COSTO FONTANERO (₡, colones)</b>
<b>2023</b>	6 183 496,59	<b>2037</b>	8 158 992,43
<b>2024</b>	6 307 166,52	<b>2038</b>	8 322 172,28
<b>2025</b>	6 433 309,85	<b>2039</b>	8 488 615,73
<b>2026</b>	6 561 976,05	<b>2040</b>	8 658 388,04
<b>2027</b>	6 693 215,57	<b>2041</b>	8 831 555,80
<b>2028</b>	6 827 079,88	<b>2042</b>	9 008 186,92
<b>2029</b>	6 963 621,48	<b>2043</b>	9 188 350,65
<b>2030</b>	7 102 893,91	<b>2044</b>	9 372 117,67
<b>2031</b>	7 244 951,79	<b>2045</b>	9 559 560,02
<b>2032</b>	7 389 850,82	<b>2046</b>	9 750 751,22
<b>2033</b>	7 537 647,84	<b>2047</b>	9 945 766,25
<b>2034</b>	7 688 400,80	<b>2048</b>	10 144 681,57
<b>2035</b>	7 842 168,81	<b>2049</b>	10 347 575,20
<b>2036</b>	7 999 012 ,19	<b>2050</b>	10 554 526,71

Otro costo por cubrir a lo largo del funcionamiento del Acueducto es el de la purificación del agua mediante la aplicación de cloro, en el **Cuadro 5-10** se muestran los costos relacionados a la compra de los insumos (pastillas de AccuTab).

**Cuadro 5-10.** Costos anualizados por concepto de cloración del agua con una inflación del 2%.

<b>AÑO</b>	<b>COSTO CLORACIÓN (₡, colones)</b>	<b>AÑO</b>	<b>COSTO CLORACIÓN (₡, colones)</b>
<b>2023</b>	600 000,00	<b>2037</b>	791 687,26
<b>2024</b>	612 000,00	<b>2038</b>	807 521,00
<b>2025</b>	624 240,00	<b>2039</b>	823 671,42
<b>2026</b>	636 724,80	<b>2040</b>	840 144,85
<b>2027</b>	649 459,30	<b>2041</b>	856 947,75
<b>2028</b>	662 448,48	<b>2042</b>	874 086,70
<b>2029</b>	675 697,45	<b>2043</b>	891 568,44
<b>2030</b>	689 211,40	<b>2044</b>	909 399,81

<b>2031</b>	702 995,63	<b>2045</b>	927 587,80
<b>2032</b>	717 055,54	<b>2046</b>	946 139,56
<b>2033</b>	731 396,65	<b>2047</b>	965 062,35
<b>2034</b>	746 024,59	<b>2048</b>	984 363,60
<b>2035</b>	760 945,08	<b>2049</b>	1 004 050,87
<b>2036</b>	776 163,98	<b>2050</b>	1 024 131,89

En lo que respecta a temas de mantenimiento de las tuberías y los accesorios como equipos hidráulicos se decide implementar un 5 % anual del costo inicial del proyecto, los costos por este rubro no se mantienen constantes en las propuestas de diseño debido a los cambios de materiales y diámetros de las tuberías.

### **5.3 Ingresos económicos por cobro de tarifas por servicio de agua potable.**

Para establecer el cobro para cada una de las tarifas, se parte del hecho que en un inicio no van a haber hidrómetros para los servicios, razón por la cual, las tarifas a cobrar son las establecidas por el AyA como servicio fijo:

- Tarifa Fija Domiciliar: ¢ 11 211,00.
- Tarifa Fija Empresarial: ¢ 38 048,00
- Tarifa Fija Preferencial: ¢ 32 947,00

Para efectos de este trabajo se establece que el pago que hará tanto la pulpería El Manzano, como el local comercial, será con la Tarifa Fija Preferencial a pesar de que sean centros comerciales pequeños, además se contemplan los servicios comerciales constantes en el tiempo de funcionamiento del Acueducto.

Por su parte los servicios con Tarifa Fija Preferencial son la escuela, la plaza de deportes, la iglesia y el salón comunal, al igual que los servicios de tarifa comercial la cantidad de este tipo de servicios se contempla invariante en el tiempo de funcionamiento del Acueducto.

Con respecto al cobro por servicios domiciliarios, es necesario saber cuál es la cantidad que con probabilidad habrá por cada uno de los años que estará en funcionamiento el Acueducto, razón por la cual, a partir de las metodologías de cálculo de proyección de población explicadas en la **Sección 2.3.1** , mediante la **Ecuación (2-21)**, la **Ecuación (2-22)** y la **Ecuación (2-23)**, se determinó el promedio de servicios que estarían haciendo consumo de agua potable, estos se indican en el **Cuadro 5-11**.

**Cuadro 5-11.** Servicios totales por año que estarán demandando agua del Acueducto.

<b>AÑO</b>	<b>SERVICIOS TOTALES</b>	<b>AÑO</b>	<b>SERVICIOS TOTALES</b>
2023	86.60	2037	103.97
2024	87.82	2038	105.24
2025	89.04	2039	106.51
2026	90.27	2040	107.79
2027	91.49	2041	109.07
2028	92.73	2042	110.35
2029	93.96	2043	111.64
2030	95.20	2044	112.93
2031	96.44	2045	114.22
2032	97.69	2046	115.52
2033	98.94	2047	116.82
2034	100.19	2048	118.13
2035	101.45	2049	119.45
2036	102.71	2050	120.76

El **Cuadro 5-12** muestra el ingreso total debido al cobro de cada uno de los servicios a los que se les estaría brindando el líquido.

**Cuadro 5-12.** Ingresos anuales debido a los cobros de las tarifas por servicio de agua potable en el Acueducto.

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS (₡, colones)</b>	<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS (₡, colones)</b>
2023	14 428 660,77	2037	22 183 146,74
2024	14 887 537,74	2038	22 860 910,10
2025	15 359 549,72	2039	23 557 605,24
2026	15 845 039,36	2040	24 273 743,42
2027	16 344 358,75	2041	25 009 851,40
2028	16 857 869,77	2042	25 766 471,92
2029	17 385 944,51	2043	26 544 164,30
2030	17 928 965,58	2044	27 343 504,95
2031	18 487 326,51	2045	28 165 088,02
2032	19 061 432,17	2046	29 009 525,91
2033	19 651 699,15	2047	29 877 449,96
2034	20 258 556,20	2048	30 769 511,00
2035	20 882 444,65	2049	31 686 380,08
2036	21 523 818,88	2050	32 628 749,07

#### **5.4 Análisis del Flujo de Efectivo del proyecto.**

Para conocer en qué momento se obtiene el retorno de la inversión llevada a cabo para la puesta en marcha del Acueducto, se deben conocer cuáles son todas las salidas y todas las entradas de efectivo involucradas en la construcción y el mantenimiento del proyecto. A continuación, se presenta el comportamiento del flujo de efectivo para cada una de las cuatro propuestas de diseño, para las mismas se contempla un horizonte de análisis de 15 años, en las que se propone que el AyA realice el aporte de un porcentaje del total del costo del proyecto, mismo que le haga obtener una rentabilidad equivalente al 8,5 % de dicha inversión, la parte restante del total del costo se insta a que sea asumido a través de un préstamo con la banca pública.



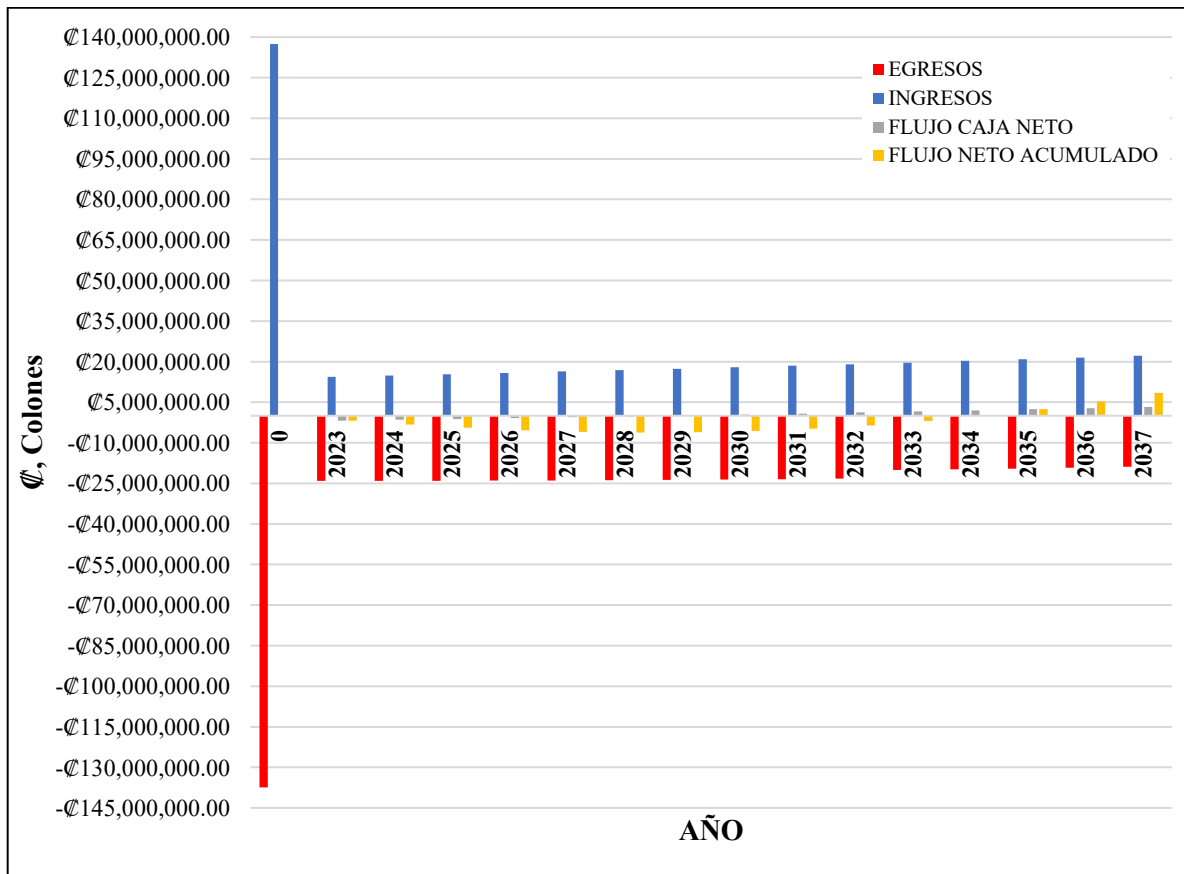
#### **5.4.1 Flujo del efectivo para propuestas de diseño con material de tubería PVC.**

- **Diseño propuesto de tubería PVC con diámetros sugeridos.**

De acuerdo con la información suministrada en la **Sección 5.1** , los costos totales al año cero por concepto de compra de materiales, así como las distintas actividades constructivas a llevar a cabo para la construcción del Acueducto, con la propuesta de diseño de diámetros sugeridos y material de PVC para la tubería es de ₡ 137 385 995,05 (ciento treinta y siete millones trescientos ochenta y cinco mil novecientos noventa y cinco colones con cinco céntimos). La información relacionada al flujo de caja en función de los egresos y los ingresos de efectivo para esta propuesta, se muestran en el **ANEXO 7**.

Al ser este proyecto de bien social, se decide implementar una tasa de descuento del 8,5%, debido a que no se le exige una alta rentabilidad, para esta propuesta se establece que el AyA debe realizar una inversión inicial equivalente al 53 % del costo total de la obra, monto que en cifras es igual a ₡ 72 814 577,38 (setenta y dos millones ochocientos catorce mil quinientos setenta y siete colones con treinta y ocho céntimos). Al usar la **Ecuación (2-28)**, se obtiene que el VAN es de ₡ 316 497,19 (trescientos dieciséis mil cuatrocientos noventa y siete con diecinueve céntimos), mismo que será el monto que va a recuperar el AyA al final del período de análisis (año 2037), el restante 47 % del costo total del proyecto, cuyo valor es de ₡ 64 571 417,67 (sesenta y cuatro millones quinientos setenta y un mil cuatrocientos diecisiete colones con sesenta y siete céntimos), se recomienda sea asumido mediante un préstamo con la banca pública durante un período de 15 años a una tasa pasiva de 8,5 % anual.

En el **Gráfico 5-1**, se presenta el flujo de efectivo que tendría el proyecto al construirse con esta propuesta, en el gráfico es posible observar que en el año 2034 el proyecto comienza a tener la recuperación de la inversión, 12 años después de haberse construido.



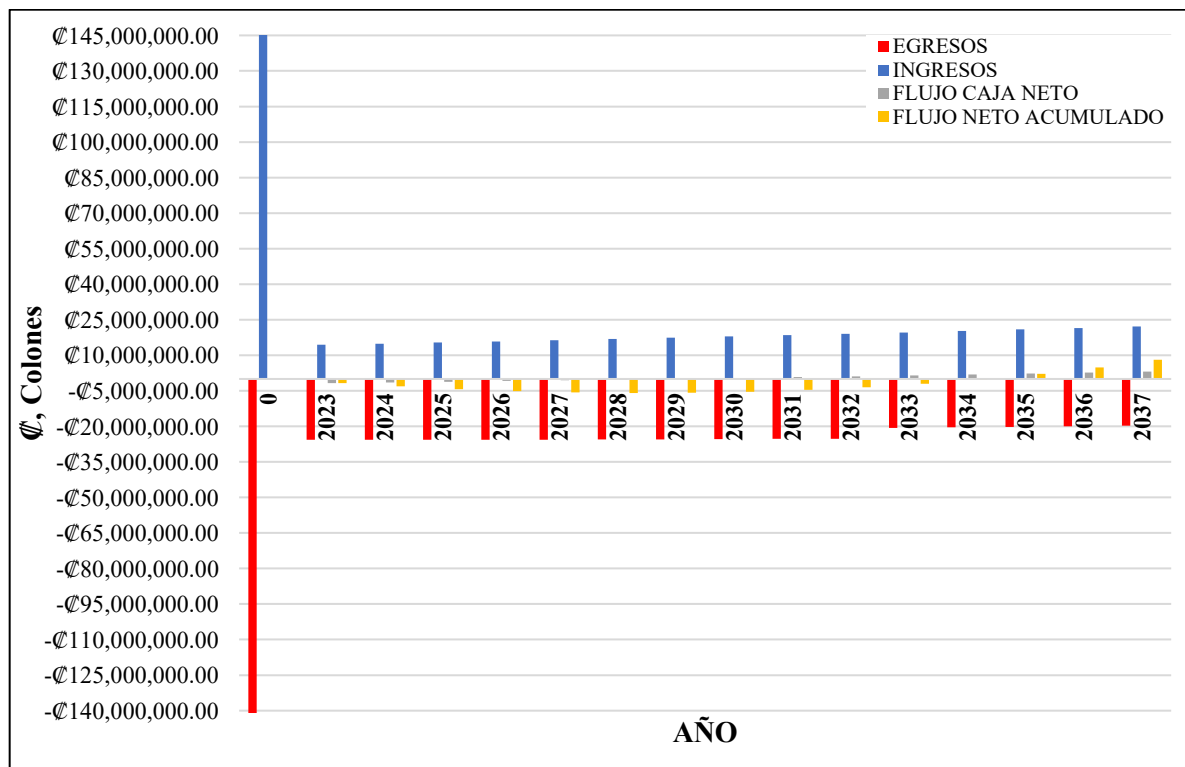
**Gráfico 5-1.** Comportamiento del flujo de efectivo para el Proyecto con la propuesta de tubería con material PVC y diámetros sugeridos.

Es importante indicar que el valor de del VAN obtenido es relativamente bajo en función de que la tasa de descuento para el proyecto es muy próxima al valor que se obtuvo de la TIR cuyo resultado obtenido a través de la **Ecuación (2-29)**, es de 9,18 %.

- **Diseño propuesto con diámetros de tubería PVC indicados en la Norma del AyA.**

Los costos asociados a materiales e instalación de esta propuesta al año cero (2022) son de ₡ 151 596 486,05. En el ANEXO 8 se muestra el flujo del efectivo de los costos relacionados al mantenimiento y a la operación en el tiempo, así como los ingresos generados.

El **Gráfico 5-2**, visualiza el comportamiento que tiene el flujo de efectivo en el tiempo para esta propuesta, de acuerdo con la información que suministra es posible observar que al año 2035 se inicia la recuperación de los costos cubiertos al año cero, por lo tanto, 13 años después de iniciado el proyecto.



**Gráfico 5-2.** Comportamiento del flujo de efectivo para el Proyecto con la propuesta de tubería con material PVC y diámetros indicados por la Norma del AyA.

De acuerdo con la proyección de que el AyA tenga una recuperación equivalente al 8,5%, esta institución debe realizar un aporte de un 61,5 % del costo total del proyecto, el cual equivale a ₡ 93 231 838,92 (noventa y tres millones doscientos treinta y un mil ochocientos treinta y ocho colones con noventa y dos céntimos) al año cero. En función de los ingresos y egresos que se dan a lo largo del período de análisis, en conjunto con la implementación del 8,5 % como tasa de descuento, el VAN es igual a ₡ 233 939,35 (doscientos treinta y tres mil novecientos treinta y nueve colones con treinta y cinco céntimos), mientras que la TIR tiene un valor de 9,02 % el cual se encuentra cercano a la tasa de descuento. de esta propuesta. El monto restante del costo del proyecto, equivalente a ₡ 58 364 647,13 estaría siendo asumido por la banca pública a través de un préstamo con una tasa pasiva de 8,5 % anual durante 15 años.

Haciendo una comparación de ambas propuestas de tubería con material PVC el monto que debe aportar el AyA para el caso de utilizar tubería con diámetros de la Norma es cerca de un 28 % mayor al de la propuesta con tamaño de diámetros sugeridos.

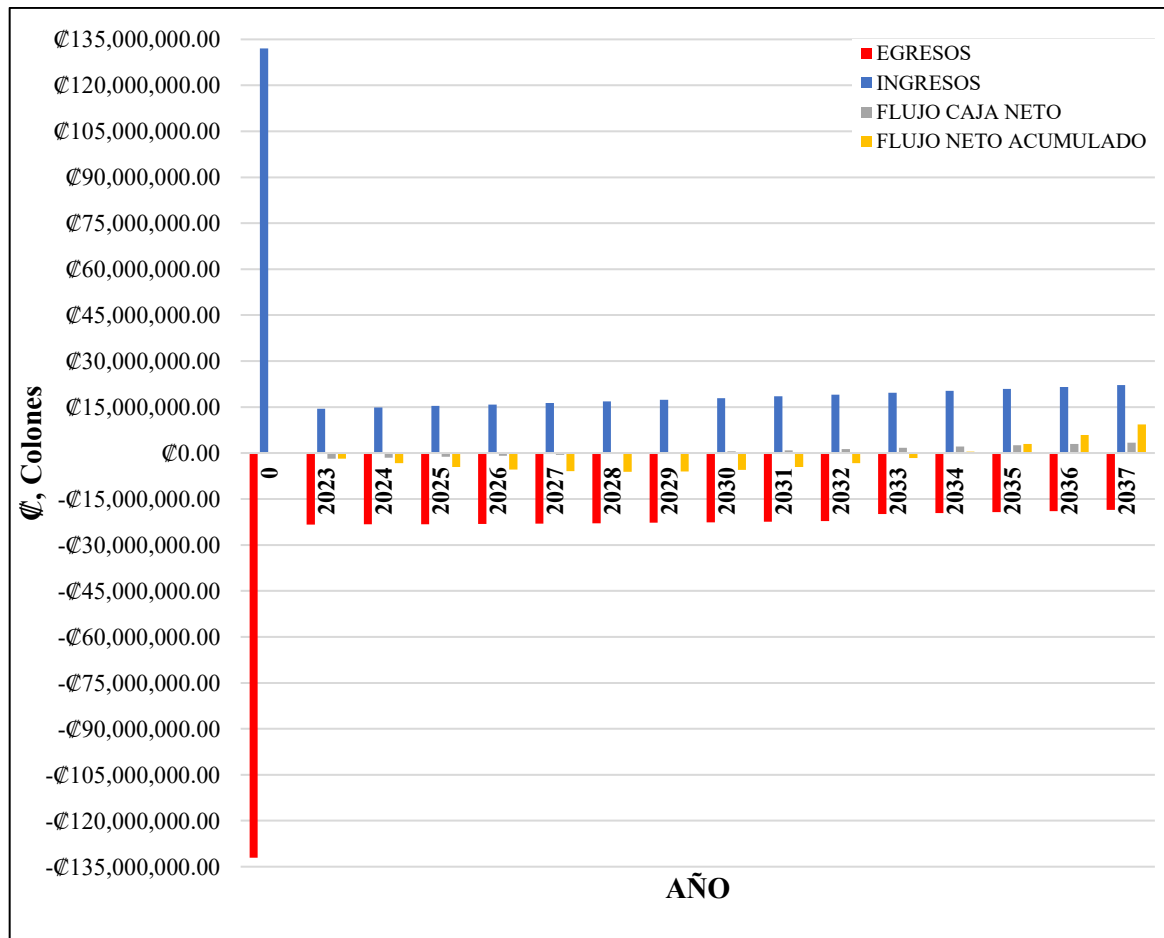
#### **5.4.2 Flujo de efectivo para las propuestas de diseño con material de tubería PEAD (PE4710).**

- **Diseño propuesto de tubería PE4710 con diámetros sugeridos.**

Los costos asociados a materiales e instalación de esta propuesta en el año cero (2022) son de ₡ 132 023 958,69 (ciento treinta y dos millones veintitrés mil novecientos cincuenta y

ocho colones con sesenta y nueve céntimos). En el ANEXO 9 se muestra el comportamiento del flujo de efectivo en respuesta a los costos que se relacionan al mantenimiento y a la operación en el tiempo, así como los ingresos que se generan.

EL Gráfico 5-3, detalla el flujo de efectivo relacionado al proyecto propuesto con la tubería de material de PE4710 y los diámetros sugeridos, el gráfico muestra que al año 12 de su ejecución se inicia la recuperación del monto invertido, siendo este año el 2034.



**Gráfico 5-3.** Comportamiento del flujo de efectivo para el Proyecto con la propuesta de tubería con material PE4710 y diámetros sugeridos.

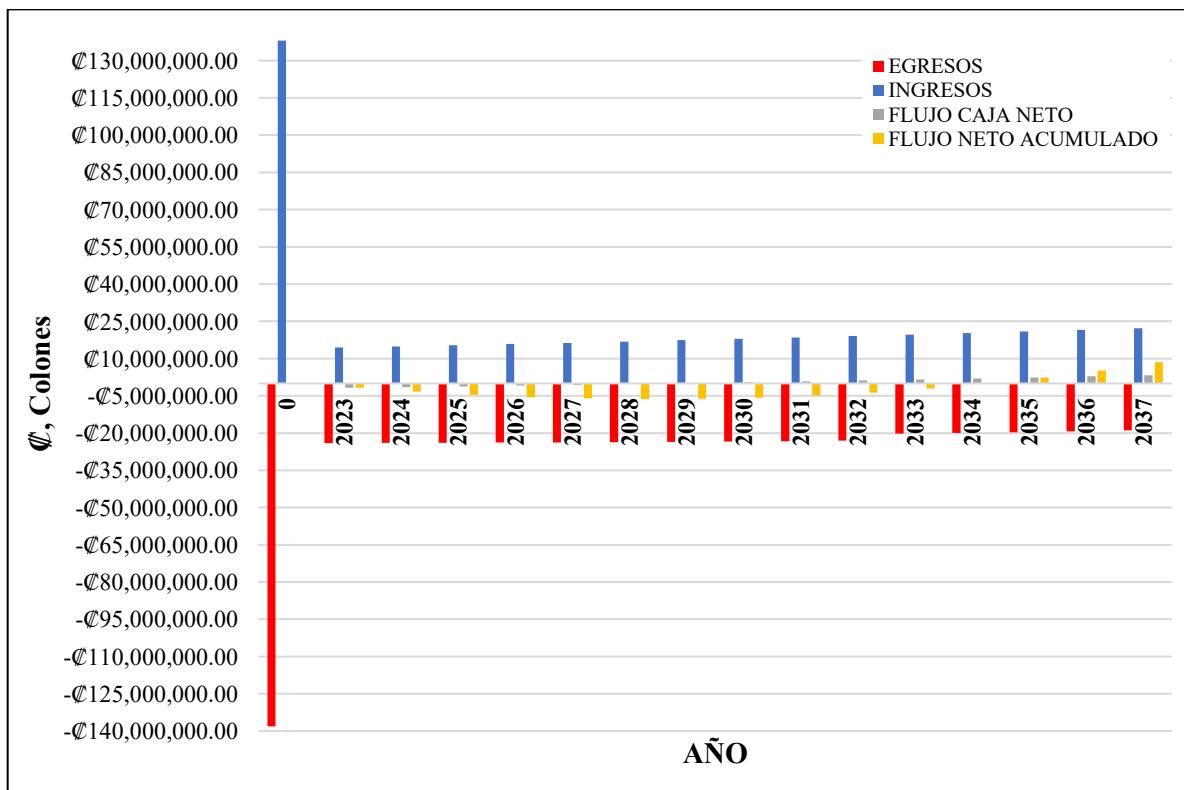
Esta propuesta de diseño es la que presenta la menor inversión, producto de que los materiales para la tubería son los de menor costo. De acuerdo con la propuesta de buscar cuál es la rentabilidad que el proyecto tendría al hacer uso de una tasa de descuento del 8,5%, se obtiene que el AyA debe aportar un monto de ₡ 63 371 500,17 (sesenta y tres millones trescientos setenta y un mil quinientos colones con diecisiete céntimos), que equivalen a un 48 % del monto total que tiene el costo de las obras, de los cuales al final del período percibirá una recuperación de ₡ 619 704,27 (seiscientos diecinueve mil setecientos cuatro colones con veintisiete céntimos). Para completar el total de los costos la propuesta sugiere que el 52 % faltante de efectivo lo aporte la banca pública a través de un financiamiento al año cero por el monto de ₡ 68 652 458,52 a un plazo de 15 años con una tasa básica pasiva de 8,5 %.

Cómo se indicó previamente esta propuesta posee la menor inversión por realizar y en ayuda de que los ingresos son los mismos para las cuatro propuestas, esta es la propuesta financiera más eficiente, en sustento de ello se tiene que su inversión es 14,9 % menor que la inversión a realizar en caso de construir con la propuesta de material PVC y diámetros sugeridos, un 47,1 % en caso de hacer uso de la propuesta de PVC y diámetros de la Normativa, y con respecto a la de PEAD y diámetros de la Normativa es 13,3 % menor.

Por su parte, a través de la **Ecuación (2-29)**, se obtiene que el resultado de la TIR tiene un valor de 9,81 %.

- **Diseño propuesto con diámetros de tubería PEAD indicados en la Norma del AyA.**

Todos los costos por concepto de pago de materiales y su respectiva instalación para esta propuesta al año cero (2022) suman un total de ₡ 138 141 804,27. En el **ANEXO 10**, se muestra el flujo del efectivo relacionado con esta propuesta de diseño. Paralelo a ello el **Gráfico 5-4** detalla cómo se comporta este flujo de efectivo, en el mismo es posible observar que al año 13, posterior a la puesta en marcha, se inicia la recuperación del monto invertido, tal año sería el 2035.



**Gráfico 5-4.** Comportamiento del flujo de efectivo para el Proyecto con la propuesta de tubería con material PEAD y diámetros indicados por la Norma del AyA.

Como en las propuestas anteriores se analiza cual es la inversión que debe realizar el AyA con el fin de conocer la rentabilidad que tendría esta institución al final del período en estudio, bajo esta situación se obtiene que el AyA al año cero debe hacer un aporte de dinero por la suma de ₡ 71 833 738,22 (setenta y un millones ochocientos treinta y tres mil setecientos treinta y ocho colones con veintidós céntimos), obteniendo una recuperación efectiva de acuerdo a lo indicado por el VAN de ₡ 256 439,43 (doscientos cincuenta y seis mil cuatrocientos treinta y nueve colones con cuarenta y tres céntimos) al final del período de análisis (año 2037) con una tasa de descuento de un 8,5 %. La **Ecuación (2-29)** indica que la TIR para esta propuesta es de 9,04 %.

La suma que aportaría el AyA es un 52 % del costo total, motivo por el cuál para satisfacer el 48 % restante del total del costo, se recomienda sea asumido por financiamiento en la banca pública con una tasa pasiva de un 8,5 % anual a través de un lapso de 15 años, el monto de este préstamo sería entonces por la suma de ₡ 66 308 066,05 (sesenta y seis millones trescientos ocho mil sesenta y seis colones con cinco céntimos).

De acuerdo con los resultados de los cuatro análisis financieros, la propuesta con mayor viabilidad es la de tuberías con material de PEAD y diámetros sugeridos, esto basado en que para esta propuesta el AyA debe incurrir en la menor inversión para el año cero, sumado a que tiene el valor de la VAN más alto de las cuatro propuestas, esta propuesta permite realizar el pago del préstamo bancario una de las recuperaciones más rápidas de la inversión realizada al año cero.



Teniendo en cuenta los resultados hidráulicos obtenidos en la **Sección 4.2.5** así como los obtenidos en el análisis financiero se decide que la propuesta que brinda una mayor eficiencia en cuanto a construcción, funcionamiento y mantenimiento en el tiempo es la de tuberías con material de PEAD y diámetros sugeridos, a continuación, se brindan los motivos del porqué.

- Mantiene las máximas velocidades en la línea de distribución por debajo de la máxima de 3,0 m/s indicada en la Normativa del AyA.
- La presión máxima presente en los nodos de servicio, no supera la máxima presión permitida de 70 mca.
- La presión mínima que se presenta en los nodos de servicio está por encima de la presión mínima permitida de 15 mca.
- El uso de tubería con material de PEAD permite disminuir los tiempos de instalación debido a que los tubos de este material son de 12 m de longitud.
- La tubería de PEAD posee alta maleabilidad, lo que la hace factible para ser instalada en terrenos difíciles, cuyos caminos presentan importantes curvaturas.
- Las uniones de las tuberías de PEAD se llevan a cabo mediante termofusión, haciéndolas menos susceptibles a las fugas en los puntos de empate de dichas tuberías.
- Desde el punto de vista financiero requiere la menor inversión al año cero para el AyA.
- Garantiza el pago del préstamo bancario en un período de 15 años.

- Utilizando una tasa de descuento del 8,5 %, permite obtener el retorno de la inversión con el valor de la VAN más alto al final del período en estudio financiero.

## CONCLUSIONES

- 1- Con base a las visitas de campo y a los estudios realizados, la comunidad de El Manzano no posee un sistema de abastecimiento y distribución que garantice el consumo constante de agua considerada potable a la totalidad de la población.
- 2- De acuerdo con el estudio de topografía llevado a cabo, las diferencias de altura presentes entre el nodo con la mayor elevación y el de menor elevación es cerca de los 130 m, mientras que la longitud total de tubería por instalar es cercana a 3420 m.
- 3- Debido a las características topográficas que presenta el sitio del diseño, y tomando en consideración los sitios propuestos para la ubicación de los tanques de almacenamiento y el trazado de las tuberías, se garantiza el adecuado funcionamiento hidráulico del sistema a partir de la energía gravitacional.
- 4- Se determinó que el Acueducto tenga una vida útil hasta el año 2050, por lo cual mediante los métodos matemáticos se proyectó una población total equivalente a 373 personas, por lo tanto, el sistema se diseñó con una demanda de 2,33 l/s.
- 5- El diseño propuesto permite el abastecimiento de la población de saturación, manteniendo los valores de velocidad y de presión dentro de los rangos establecidos por la Normativa del AyA.
- 6- Se debe aportar agua a partir de una fuente externa, debido a que el caudal producido por las nacientes no es suficiente para satisfacer la demanda requerida por la población.
- 7- De acuerdo con los análisis de laboratorio realizados al agua de las nacientes el agua se encuentra libre de patógenos, más sin embargo para cumplir los estándares de

calidad de aguas, se le debe aplicar un sistema de cloración que haga posible la desinfección y potabilización del agua.

- 8- Todos los nodos de servicio de acuerdo con el diseño hidráulico propuesto cumplen la normativa de tener una presión dinámica de al menos 15 mca y no sobrepasar los 70 mca de presión estática máxima.
- 9- La modelación hidráulica llevada a cabo en el software EPANET 2.0 confirma la validez de utilizar la tubería de PEAD y los diámetros sugeridos, ya que el sistema mantiene los rangos de presión necesarios según la normativa vigente.
- 10- Como resultado del análisis financiero realizado, se determina que la propuesta de diseño con tubería de PEAD y diámetros sugeridos, es la más rentable para realizar la construcción del acueducto de la comunidad de El Manzano, ya que permite la cancelación de todas las inversiones a realizar en el período establecido de 15 años, sumado a que entrega el mayor retorno de acuerdo con la inversión realizada.

## RECOMENDACIONES

- 1- El sistema no posee sistema de filtración para sedimentos, ya que las nacientes lo poseen de forma natural, motivo por el cual es necesario filtrar de forma previa el agua proveniente de la fuente externa no analizada en este trabajo, ya que podría introducir a los tanques de almacenamiento partículas físicas no deseadas.
- 2- Con el estudio de precipitaciones llevado a cabo se conoció que el período durante el cual se realizó el estudio de producción de caudal en las nacientes fue de un año seco, se recomienda hacer un estudio hidrogeológico y de cambio climático que permitan dar a conocer con mayor detalle la capacidad de las nacientes, con lo cual se garantice que no va a haber un menor caudal de producción al indicado en este documento, mismo que permita conocer la interacción que tiene el agua en el subsuelo y generar así estrategias para darles un mayor y mejor aprovechamiento.
- 3- Se recomienda construir la infraestructura adecuada (base o losa en material de concreto, y vallado perimetral respectivo), donde se instalen los tanques de almacenamiento de agua para consumo y para caudal para incendio, de tal forma que se aumente la protección de los mismos.
- 4- Se recomienda instalar hidrómetros en puntos estratégicos con el objetivo de estar monitoreando de mejor manera el ANC, con ello se pretende hacer uso del máximo porcentaje de agua ingresado al sistema de almacenamiento.
- 5- Es necesario adaptar un clorador que regule las concentraciones del cloro con un porcentaje de concentración no mayor a los 0,6 mg/l, indicados por la Normativa, con

lo cual los primeros usuarios por su ubicación geográfica no sufran de malos olores y sabores, así como problemas en su salud por excesos de este químico en el agua.

- 6- Se recomienda estar monitoreando el agua a través de análisis de pruebas de laboratorio que permitan visualizar de forma periódica que los niveles de las partículas químicas físicas, así como los microorganismos se encuentren dentro de los valores permitidos.
- 7- Es necesario hacer una cotización con los precios actuales (2022), que se presentan en el mercado, de los costos relacionados con la construcción e instalación de los componentes hidráulicos a utilizar en el Acueducto.

## REFERENCIAS

- [1] D. Estrada Tanck, “Los derechos humanos al agua y al saneamiento: una visión desde el Derecho Internacional, Europeo y Español,” *Anu. Español Derecho Int.*, vol. 33, pp. 229–268, 2017.
- [2] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica., *Adición de un párrafo al Artículo 50 de la Constitución Política para reconocer y garantizar el derecho humano de acceso al agua*. San José, 2019.
- [3] Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados., “Manual de Organización Funcional,” San José, 2020.
- [4] R. A. López Cualla, *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.*, Primera ed. Bogotá, 1995.
- [5] CONAGUA, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento: Obras de Captación Superficiales*. Mexico D.F.
- [6] Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados., *Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial*. San José, Costa Rica., 2017.
- [7] A. Rocha Felices, *Hidráulica de Tuberías y Canales*. Perú, 2007.
- [8] D. Portilla Fuentes, “Tesis. Diseño detallado y solución constructiva del acueducto de agua potable de la comunidad de El Mastate de Poás.,” Universidad de Costa Rica,

2016.

- [9] CONAGUA, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Conducciones*. México D.F, 2007.
- [10] M. Méndez Vicente, *Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de agua*. Caracas, Venezuela, 1995.
- [11] CONAGUA, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento: Fenómenos Transitorios en Líneas de Conducción*. México D.F.
- [12] Crane, *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. México D.F, 1989.
- [13] Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados., “Interpretación de análisis de agua potable para la gestión comunitaria en las asadas.,” San José, Costa Rica.
- [14] S. Mora Castro, “Tesis. Evaluación de las principales tecnologías utilizadas en Costa Rica para la desinfección del agua.,” Universidad de Costa Rica, 2011.
- [15] H. Mery M., *Hidraulica aplicada al diseño de obras*, Primera Ed., vol. 369, no. 1. 2013.
- [16] Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, “Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica, 2017-2030,” *Com. Interinstitucional*, pp. 1–84, 2016.
- [17] Organización Panamericana de la Salud, *Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pequeños pueblos y*



- comunidades rurales en América Latina y el Caribe: Manual de desinfección.*  
Washington D.C., 1995.
- [18] MINAE, “Reglamento para la Calidad del Agua Potable.,” no. 38924-S, 2015.
- [19] K. Salazar Quesada, “Tesis. Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua de consumo de Ciudad de los Niños y elaboración de una propuesta de diseño.,”  
Tecnológico de Costa Rica, 2017.
- [20] C. Camacho Soto, “PF-3984. Diseño, análisis y gestión de redes de distribución,” San José, Costa Rica.
- [21] CONAGUA, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado.* México D.F.
- [22] CONAGUA, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Redes de Distribución.* Mexico D.F, 2016.
- [23] J. Saldarriaga, *Hidráulica de Tuberías.*, Primera. Bogotá, Colombia: Alfaomega, 2007.
- [24] F. Martínez A, V. Espert A, and E. Cabrera M, *Ingeniería hidráulica aplicada a los sistemas de distribución de agua.* Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
- [25] Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados., *Plan maestro de los sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento municipales.* San José, Costa Rica., 2010.

- [26] N. A. Gomero Gonzáles, “Cómo medir la rentabilidad de la inversión en educación: una nota académica basada en el VAN y la TIR.,” *Quipukamayoc*, vol. 12, no. 23, pp. 35–45, 2014.
- [27] M. R. Mete, “Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: Su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión.,” *Fides et Ratio*, vol. 7, no. 7, pp. 67–85, 2014.
- [28] M. L. Saavedra García and J. Loé Uribe, “Flujo de efectivo para las pymes: una propuesta para los sectores automotor y de tecnologías de la información en México,” *Rev. Finanz. y Política Económica*, vol. 10, no. 2, pp. 287–308, 2018.
- [29] CINIF, *Norma de Información Financiera B2*. 2007.
- [30] J. Solano and R. Villalobos, “Regiones y sub-regiones climáticas de Costa Rica,” *Inst. Meteorológico Nac.*, no. mapa 1, p. 32, 2012.
- [31] “Climate Engine,” 2022. [Online]. Available: <https://app.climateengine.com/climateEngine>.
- [32] INTA - Costa Rica, “Suelos de Costa Rica Orden Ultisol,” San José, Costa Rica., 2016.
- [33] M. Chinchilla, R. Mata, and A. Alvarado, “Caracterización y clasificación de algunos Ultisoles,” *Agron. Costarricense*, vol. 35, no. 1, pp. 59–81, 2011.
- [34] A. Rossman, *EPANET 2.0 en Español: Análisis Hidráulico y de Calidad del Agua en Redes de Distribución de Agua. Manual del Usuario*. 2017.

- [35] P. Reade, “U.S. CPI December 2021: Inflation Registers Biggest Annual Gain Since 1982 - Bloomberg.” [Online]. Available: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-12/inflation-in-u-s-registers-biggest-annual-gain-since-1982>. [Accessed: 12-Jun-2022].
- [36] Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados., “Plan Maestro de los Sistemas de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento Municipales Anexo 6 : Costos Unitarios De Plan Maestro,” pp. 1–15, 2010.
- [37] “Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva,” 2021.

## ANEXOS

### ANEXO 1.



Regulación y Manejo de Fluidos R&M de Costa Rica, S.A.  
 Ofibodega #3, Oficentro Los Higueones, Radial Santa Ana - Belén  
 200 m este de Carl's Jr., Pozos de Santa Ana, San José  
 Tel: 4001-0710 - info@rymca.com - www.rymca.com

Para: ACUEDUCTO EL MANZANO

Attn: Ing. Ricardo Valverde

Ref: Materiales Acueducto el Manzano

PROFORMA N°

R&M-P-008-22-CR

Fecha: 16/5/22

Páginas: 2

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
1	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 4", SDR32.5 en Campana Cementada	€66 439.12	€66 439.12
2	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 3", SDR32.5 en Campana Cementada	€40 379.47	€40 379.47
3	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 3", SDR26 en Campana Cementada	€48 518.23	€48 518.23
4	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 3", SDR17 en Campana Cementada	€73 283.36	€73 283.36
5	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 2", SDR32.5 en Campana Cementada	€20 625.66	€20 625.66
6	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 2", SDR26 en Campana Cementada	€25 698.05	€25 698.05
7	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 2", SDR17 en Campana Cementada	€37 401.77	€37 401.77
8	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 1 1/2", SDR32.5 en Campana Cementada	€13 565.84	€13 565.84
9	1.00	ea	Tuberia de PVC ASTM 2241 de 1/2", SDR13.5 en Campana Cementada	€4 282.83	€4 282.83
10	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 3", DR17 en tubos de 11.90 m	€46 827.00	€46 827.00
11	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 3", DR13.5 en tubos de 11.90 m	€57 981.00	€57 981.00
12	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 3", DR11 en tubos de 11.90 m	€69 768.60	€69 768.60
13	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 2 1/2", DR13.5 en tubos de 11.90 m	€39 091.80	€39 091.80
14	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 2 1/2", DR11 en tubos de 11.90 m	€47 031.60	€47 031.60
15	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 2", DR17 en tubos de 11.90 m	€21 555.60	€21 555.60
16	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 2", DR13.5 en tubos de 11.90 m	€26 690.40	€26 690.40
17	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 2", DR11 en tubos de 11.90 m	€32 135.40	€32 135.40
18	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 1 1/2", DR17 en tubos de 11.90 m	€13 305.60	€13 305.60
19	1.00	ea	Tuberia de HDPE PE-4710 de 1/2", DR9 en tubos de 11.90 m	€4 798.20	€4 798.20
20	1.00	ea	Válvula Reductora de Presion Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1", para 16 Bares, Marca Dorot	€139 495.00	€139 495.00
21	1.00	ea	Válvula Reductora de Presion Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 3/4", para 16 Bares, Marca Dorot	€128 575.00	€128 575.00

21	1.00	ea	Válvula Reductora de Presion Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 3/4", para 16 Bares, Marca Dorot	€128 575.00	€128 575.00
22	1.00	ea	Válvula Control de Tanque tipo Modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1", para 16 Bares, Marca Dorot	€146 897.00	€146 897.00
23	1.00	ea	Válvula Control de Tanque tipo Modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 3/4", para 16 Bares, Marca Dorot	€134 654.00	€134 654.00
24	1.00	ea	Válvula de Aire Combinada Modelo DAV-P-KA en Polímero reforzado, con rosca de 1", para 16 Bares, Marca Dorot	€38 895.00	€38 895.00
25	1.00	ea	Tanque de Almacenamiento de 15 000 litros de Polietileno de Alta Densidad. Incluye una conexión de llenado, una conexión de descarga, una conexión de lavado y una conexión de rebalse	€1 594 125.00	€1 594 125.00



Regulación y Manejo de Fluidos R&M de Costa Rica, S.A.  
 Ofibodega #3, Oficentro Los Hiquerones, Radial Santa Ana - Belén  
 200 m este de Carl's Jr., Pozos de Santa Ana, San José  
 Tel: 4001-8718 - info@rymca.com - www.rymca.com

26	1.00	ea	Válvula de Compuerta de AWWA C-515 en Hierro Dúctil de 2", Clase 150, Bidas B16.5	€42 800.00	€42 800.00
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>€2 914 820.54</b>
				<b>IMPUESTO AL VALOR AGREGADO</b>	<b>€378 926.67</b>
				<b>TOTAL BODEGAS DE R&amp;M</b>	<b>€3 293 747.21</b>

#### TÉRMINOS COMERCIALES

Tiempos de Entrega: A definir según las necesidades del Proyecto  
 Lugar de Entrega: El Manzano de Desamparados  
 Forma de Pago: A Convenir  
 Validez: 60 días naturales  
 Precios: Precios unitarios  
 Revisión previa: Cualquiera variación en las cantidades puede modificar el precio.  
 Revisiónes previas: Esta cotización cancela o sustituye totalmente revisiones anteriores.

## ANEXO 2



### INFORME DE RESULTADOS AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago  
 Teléfono: (506) 2279-5118  
 Fax: (506) 2279-5973  
 e-mail: dmora@aya.go.cr



#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Cliente:</b>	GESTION AMBIENTAL		<b>Proc. muestreo</b>	AYA-PT-019-	
<b>Contacto:</b>	Viviana Ramos Sánchez		<b>Muestreado por</b>	Garbanzo Acosta	
<b>SISTEMA:</b>	EL MANZANO DE SAN MIGUEL		<b>Fecha de muestreo</b>	16-oct.-20	
			<b>Fecha de ingreso :</b>	16-oct.-20	
<b>Muestreo:</b>	NACIENTE IZQUIERDA 1		<b>Fecha de Reporte:</b>	02-nov.-20	
<b>Dirección:</b>	EN LA NACIENTE		<b>Inicio Análisis MIC:</b>	16-oct.-20	
			<b>Teléfono:</b>	2223-13-16	
<b>PROVINCIA:</b>	SAN JOSÉ	<b>CANTON:</b>	DESAMPARADOS	<b>Tipo de muestra:</b>	Agua
<b>e-mail:</b>	vramos@aya.go.cr	<b>Fax:</b>	2223-13-16	<b>Hora de recolección:</b>	10:22

#### DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
3-Hidroxycarbofuran	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Alcalinidad	*	92	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		200	µg/L	3125 B Mo
Ametrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		5	µg/L	3125 B Mo
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Atrazina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Bromacil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		3	µg/L	3125 B Mo
Calcio	*	31,3	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Carbofuran	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
cis-Permetrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Clorotalonil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Cloruros	*	2,00	0,81	1,10	1,30	25	250	mg/L	4110B Cro
Cobre	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	1000	2000	µg/L	3125 B Mo
Coliformes fecales	**	2		<1.8	N.A.	Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9221 E
Color Aparente	*	5	1,0	2,0	4,0	5	15	UPT-Co	2120 C
Conductividad	*	228	1,0	2	4	400		µS/cm	2510
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		50	µg/L	3125 B Mo
Difenamida	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Diflubenzuron	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Diuron	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Dureza de Calcio	*	78	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	100	2,0	2,0	3,0	300	400	mg/L	2340 C
E.coli	**	2		<1.8	N.A.	Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9221 F
Etoprofos	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Fluoruros	*	D.	0,027	0,040	0,100		0,7-1,5	mg/L	4110B Cro
Hexazinona	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Hierro	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Linuron	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Magnesio	*	5,5	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	100	500	µg/L	3125 B Mo
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19		1	µg/L	3125 B Mo
Metalaxil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Metiocarb	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod

Página 1 de 6	Rige: 16/01/17 <b>AYA</b>	Aprobado por: <b>Dr. Darner Mora Alvarado</b>
---------------	------------------------------	--

NOTA: Naciente Izquierda en el documento es igual a Naciente Mayor Producción.



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-06998-2020

## INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago  
Teléfono: (506) 2279-5118  
Fax: (506) 2279-5973  
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo  
Alcance de Acreditación N. LE-049  
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Metribuzin	**	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Niquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		20	µg/L	3125 B Mo
Nitratos	*	2,59	0,53	0,81	1,40		50	mg/L	4110B Cro
Nitritos	*	N.D.	0,026	0,040	0,10		0,1	mg/L	4110B Cro
Olor	**	Aceptable	N.A.	N.A.	N.A.	Aceptable	Aceptable		2150 B
Oxifluorfen	**	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
pH	*	6,50	0,10	0,10	0,20	6,0-8,0			4500-H+
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	1,6	0,80	1,0	1,5		10	mg/L	3500-K B
Prometrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Propanil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Sodio	*	8,0	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Sulfatos	*	13,05	0,79	0,81	1,60	25	250	mg/L	4110B Cro
Temperatura	*	21,0	0,10			18 a 30) °		°C	2550 B
trans-Permetrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Triadimefon	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Turbiedad	*	0,79	0,10	0,12	0,15	<1	5	UNT	2130 B
Zinc	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		3000	µg/L	3125 B Mo

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VA.: Valor Alerta del Decreto Ejecutivo 38924-S

VMA.: Valor Máximo Admisible del Decreto Ejecutivo 38924-S

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater o un método oficial

\* Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

\*\* Ensayo no acreditado

### Observaciones de Campo:

Nacientes se encuentran aguas arriba y aguas abajo con plantaciones de café, plátano y maíz. En la naciente izquierda 1, debajo de ella existe una caja de captación que es conocida como naciente izquierda 2, realmente lo que observamos que esta es llenada por una manguera que viene de naciente izquierda 1. Alrededor de estas nacientes aproximadamente a 50 metros es donde se encuentran las plantaciones, pero también sobre las cajas de captación existen matas de plátano.

### Observaciones:

La densidad de coliformes fecales y E.coli no cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

### Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

-Cuando el resultado del ensayo sea igual o inferior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia abajo, por lo cual el resultado siempre cumpliría con el reglamento respectivo.

-Cuando el resultado del ensayo sea superior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia arriba, por lo cual el resultado siempre incumpliría con el reglamento respectivo.

Esta Regla de Decisión conlleva la posibilidad de que el resultado fluctúe dentro de un ámbito debido a la incertidumbre asociada a cada método (riesgo estadístico).

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Página 2 de 6	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---





LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-06999-2020

## INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago  
Teléfono: (506) 2279-5118  
Fax: (506) 2279-5973  
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo  
Alcance de Acreditación N°. LE-049  
Acreditado a partir de: 11.02.2008  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Cliente:</b>	GESTION AMBIENTAL			<b>Proc. muestreo</b>	AYA-PT-019-
<b>Contacto:</b>	Viviana Ramos Sánchez			<b>Muestreado por</b>	Garbanzo Acosta
<b>SISTEMA:</b>	EL MANZANO DE SAN MIGUEL			<b>Fecha de muestreo</b>	16-oct.-20
				<b>Fecha de ingreso :</b>	16-oct.-20
<b>Muestreo:</b>	NACIENTE DERECHA			<b>Fecha de Reporte:</b>	02-nov.-20
<b>Dirección:</b>	EN LA NACIENTE			<b>Inicio Análisis MIC:</b>	16-oct.-20
				<b>Teléfono:</b>	2223-13-16
<b>PROVINCIA:</b>	SAN JOSÉ	<b>CANTON:</b>	DESAMPARADOS	<b>Tipo de muestra:</b>	Agua
<b>e-mail:</b>	vramos@aya.go.cr	<b>Fax:</b>	2223-13-16	<b>Hora de recolección:</b>	11:04

### DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
3-Hidroxycarbofuran	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Alcalinidad	*	83	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		200	µg/L	3125 B Mo
Ametrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		5	µg/L	3125 B Mo
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Atrazina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Bromacil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		3	µg/L	3125 B Mo
Calcio	*	26,3	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Carbofuran	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
cis-Permetrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Clorotalonil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Cloruros	*	1,92	0,81	1,10	1,30	25	250	mg/L	4110B Cro
Cobre	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	1000	2000	µg/L	3125 B Mo
Coliformes fecales	**	Negativo		<1.8	N.A.	Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9221 E
Color Aparente	*	5	1,0	2,0	4,0	5	15	UPT-Co	2120 C
Conductividad	*	218	1,0	2	4	400		µS/cm	2510
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		50	µg/L	3125 B Mo
Difenamida	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Diflubenzuron	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Diuron	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Dureza de Calcio	*	66	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	94	2,0	2,0	3,0	300	400	mg/L	2340 C
E.coli	**	Negativo		<1.8	N.A.	Negativo	Negativo	NMP/100 mL	9221 F
Etoprofos	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Fluoruros	*	0,11	0,027	0,040	0,100		0,7-1,5	mg/L	4110B Cro
Hexazinona	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Hierro	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Linuron	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Magnesio	*	7,0	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	100	500	µg/L	3125 B Mo
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19		1	µg/L	3125 B Mo
Metalaxil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Metiocarb	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod

Página 4 de 6	Rige: 16/01/17 <b>AYA</b>	<b>Aprobado por:</b> <b>Dr. Darner Mora Alvarado</b>
---------------	------------------------------	---

NOTA: Naciente Derecha en el documento es igual a Naciente Mayor Producción.





LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-06999-2020

## INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago  
Teléfono: (506) 2279-5118  
Fax: (506) 2279-5973  
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo  
Alcance de Acreditación N°. LE-049  
Acreditado a partir de: 11.02.2008  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Metribuzin	**	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Niquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		20	µg/L	3125 B Mo
Nitratos	*	5,54	0,53	0,81	1,40		50	mg/L	4110B Cro
Nitritos	*	N.D.	0,026	0,040	0,10		0,1	mg/L	4110B Cro
Olor	**	Aceptable	N.A.	N.A.	N.A.	Aceptable	Aceptable		2150 B
Oxifluorfen	**	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
pH	*	6,33	0,10	0,10	0,20	6,0-8,0			4500-H+
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	1,8	0,80	1,0	1,5		10	mg/L	3500-K B
Prometrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Propanil	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Selenio	*	D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Sodio	*	9,4	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Sulfatos	*	16,30	0,79	0,81	1,60	25	250	mg/L	4110B Cro
Temperatura	*	19,7	0,10			18 a 30) °		°C	2550 B
trans-Permetrina	*	N.D.	0,005	0,01	0,05		0,1	µg/L	525.3 Mod
Turbiedad	*	1,90	0,10	0,12	0,15	<1	5	UNT	2130 B
Zinc	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		3000	µg/L	3125 B Mo

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida  $k=2$  para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

VA.: Valor Alerta del Decreto Ejecutivo 38924-S

VMA.: Valor Máximo Admisible del Decreto Ejecutivo 38924-S

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater o un método oficial

\* Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

\*\* Ensayo no acreditado

### Observaciones de Campo:

Nacientes se encuentran aguas arriba y aguas abajo con plantaciones de café, plátano y maíz. En la naciente izquierda 1, debajo de ella existe una caja de captación que es conocida como naciente izquierda 2, realmente lo que observamos que esta es llenada por una manguera que viene de naciente izquierda 1. Alrededor de estas nacientes aproximadamente a 50 metros es donde se encuentran las plantaciones, pero también sobre las cajas de captación existen matas de plátano.

### Observaciones:

En este análisis puntual, las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

### Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

-Cuando el resultado del ensayo sea igual o inferior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia abajo, por lo cual el resultado siempre cumplirá con el reglamento respectivo.

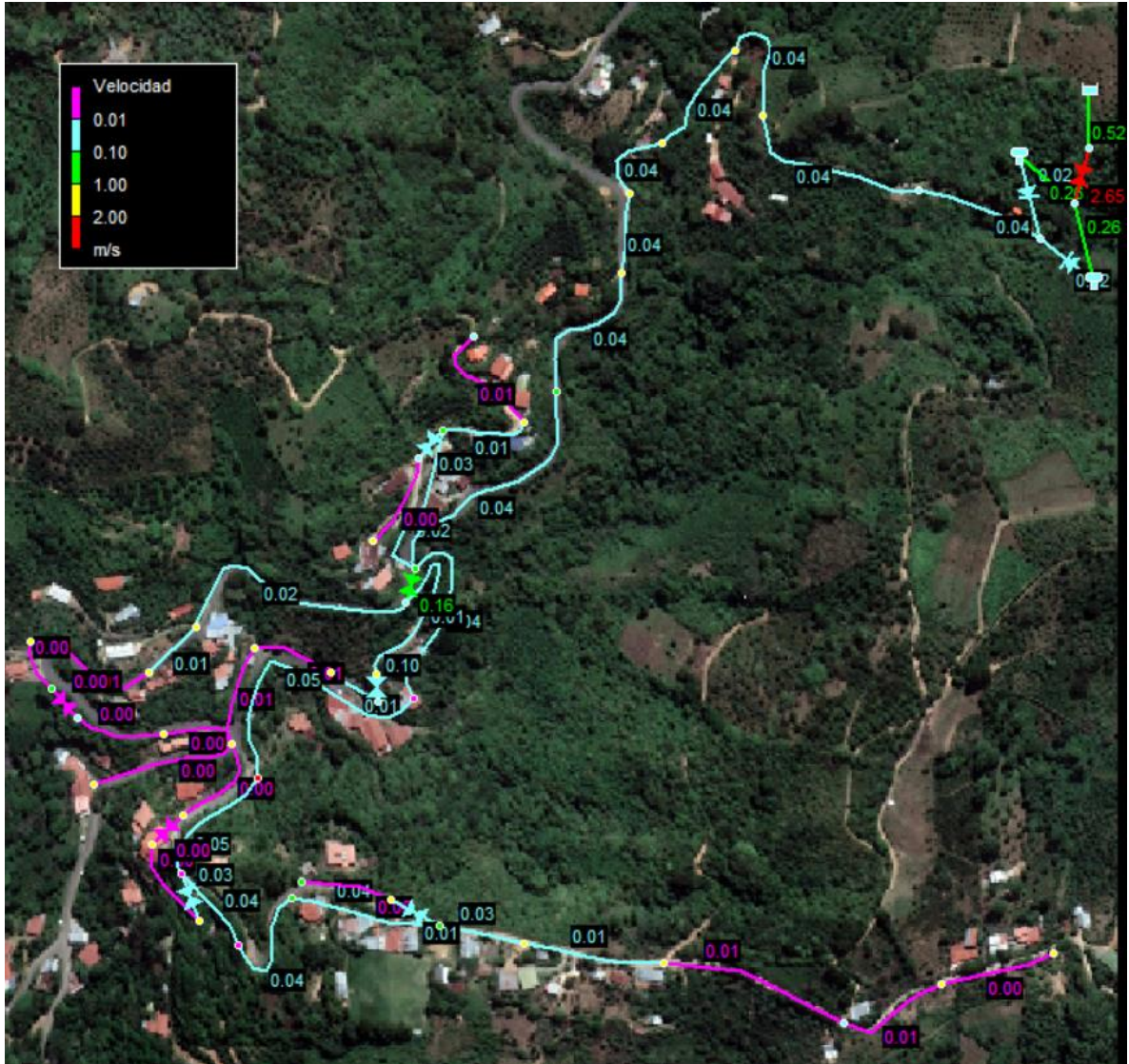
-Cuando el resultado del ensayo sea superior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia arriba, por lo cual el resultado siempre incumplirá con el reglamento respectivo.

Esta Regla de Decisión conlleva la posibilidad de que el resultado fluctúe dentro de un ámbito debido a la incertidumbre asociada a cada método (riesgo estadístico).

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

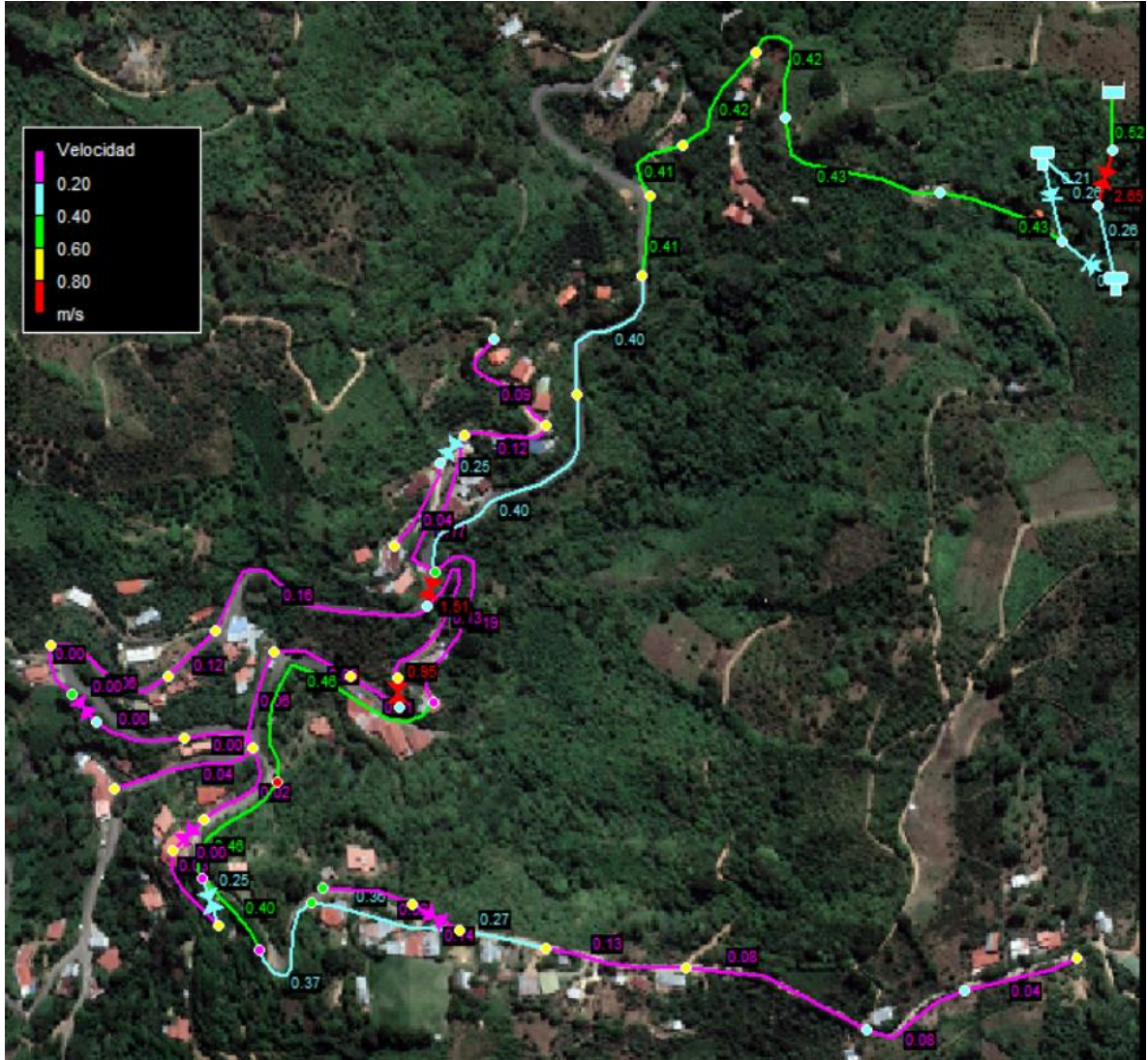
Página 5 de 6	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---

### ANEXO 3

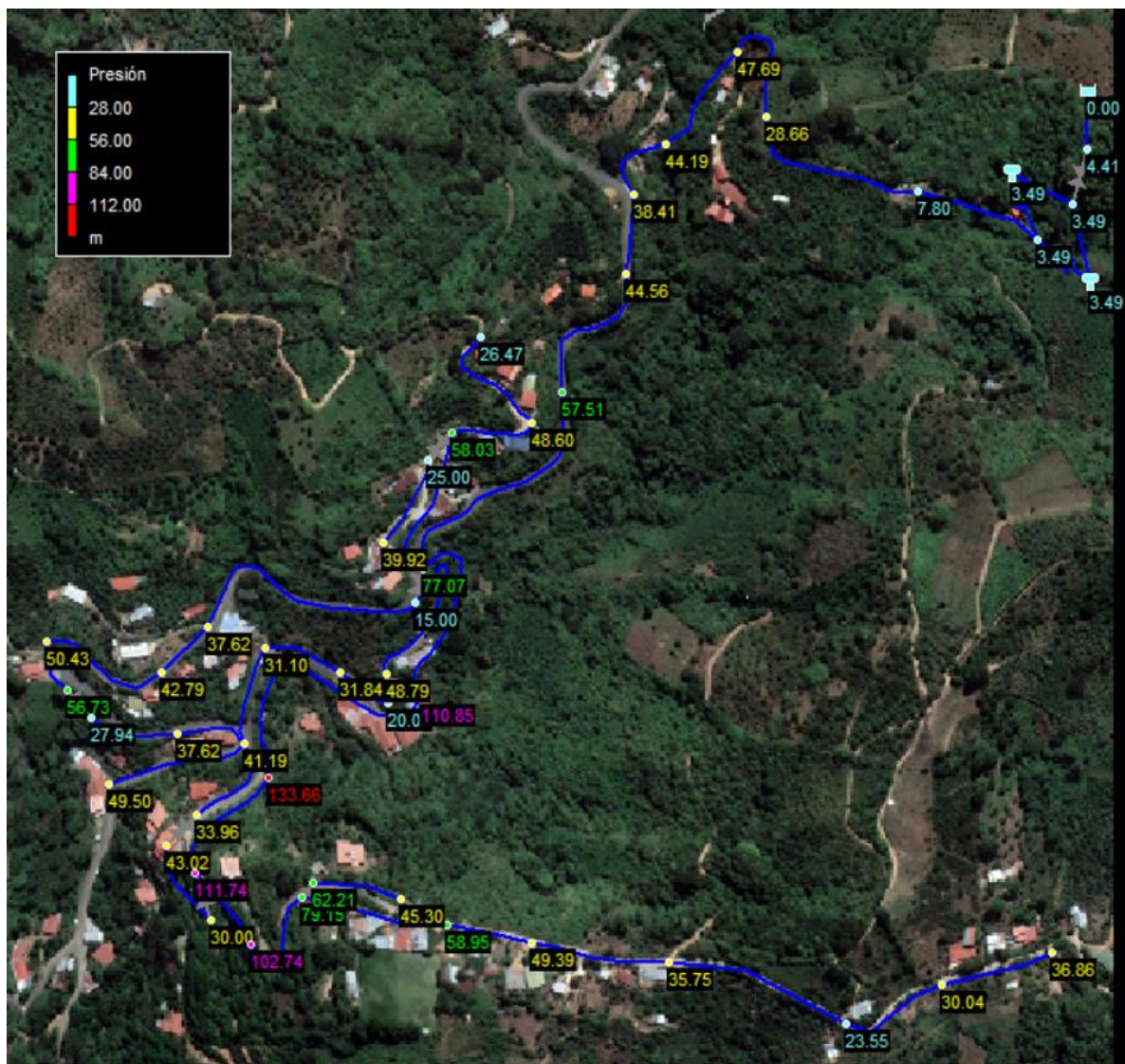


Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PVC y diámetros sugeridos a las 0:00 horas.



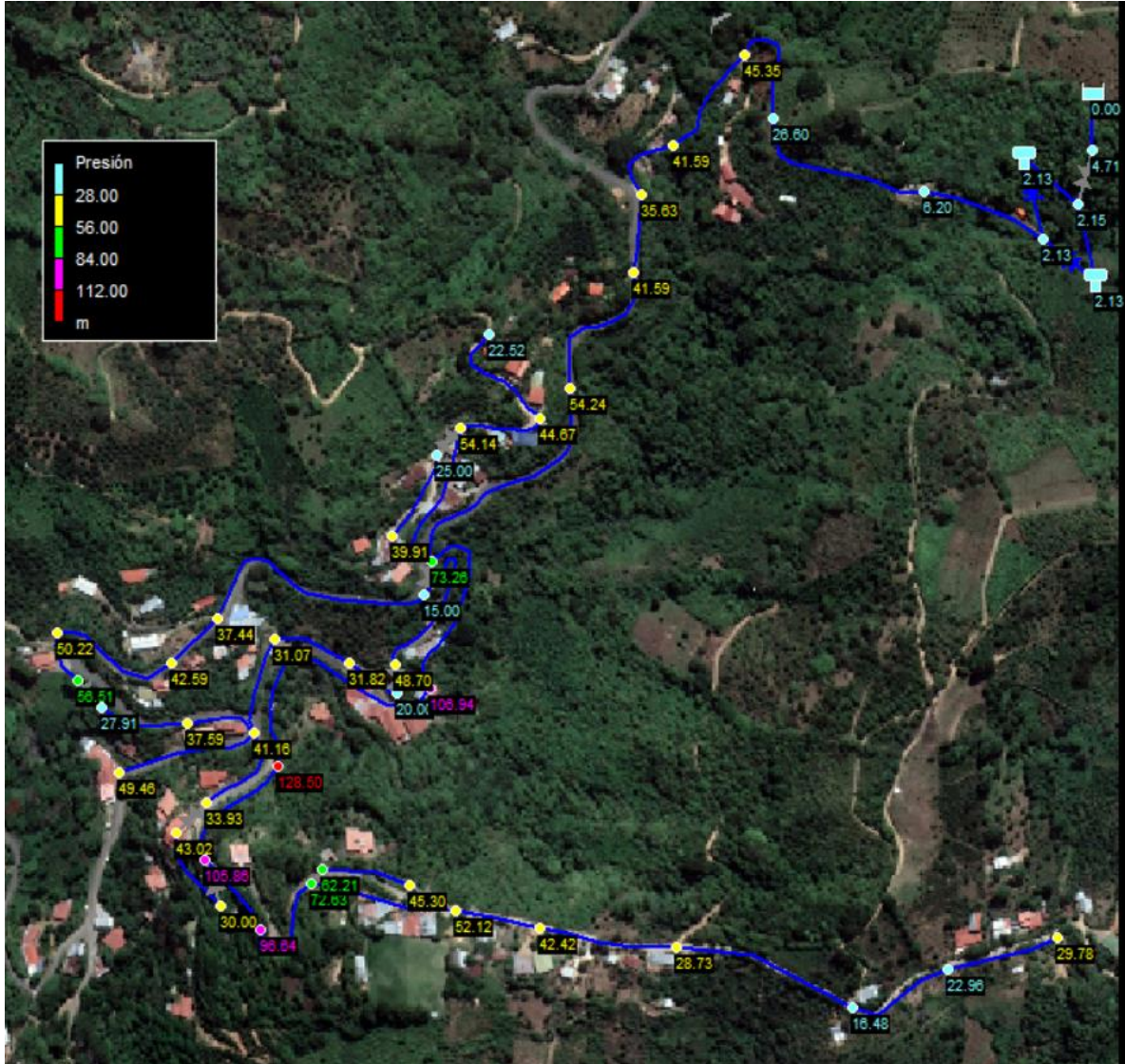


Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PVC y diámetros sugeridos a las 10:00 horas.



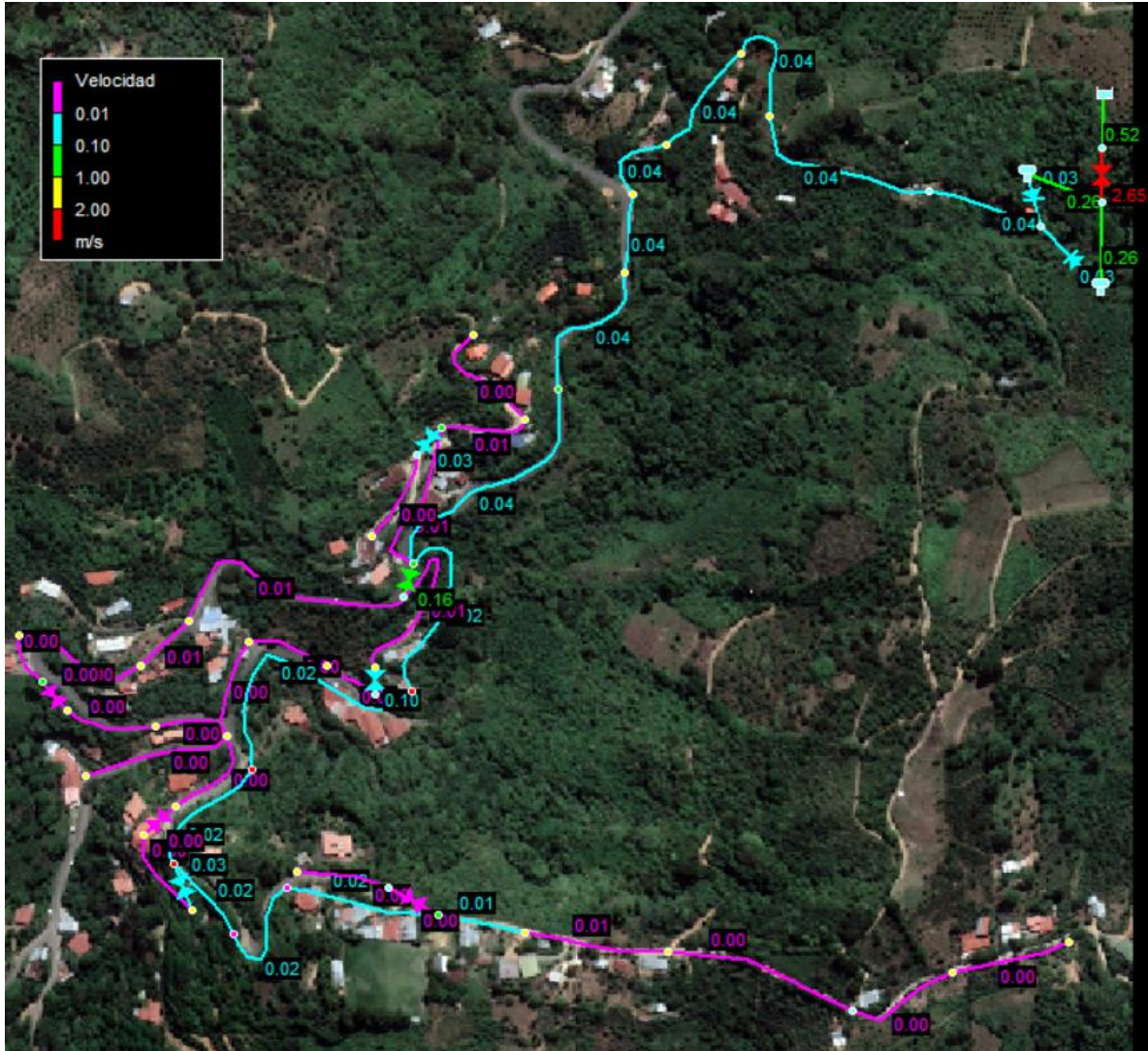
Presión en los nodos del Acueducto con material PVC y diámetros sugeridos a las 0:00 horas.





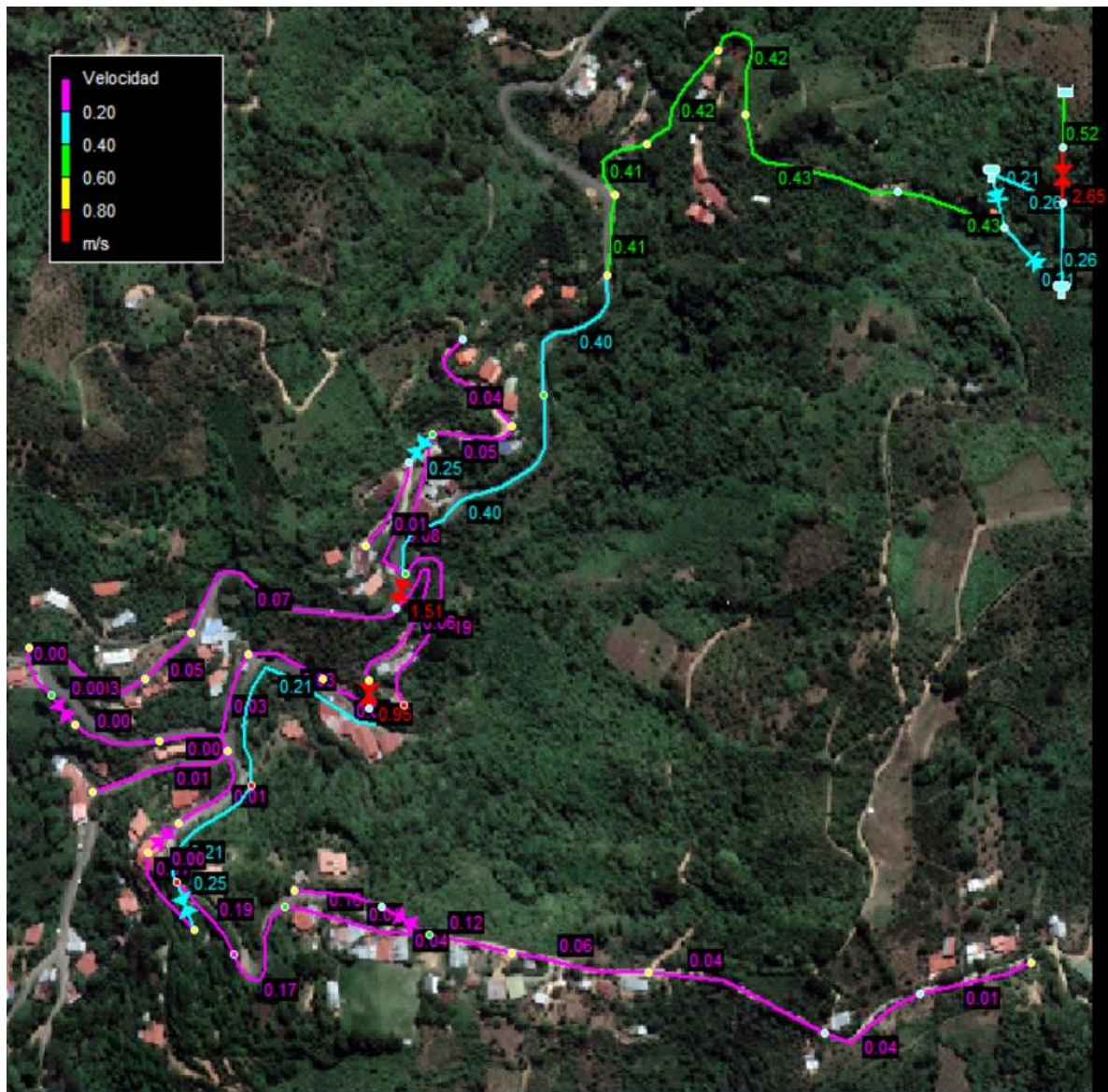
Presión en los nodos del Acueducto con material PVC y diámetros sugeridos a las 10:00 horas.

#### ANEXO 4.

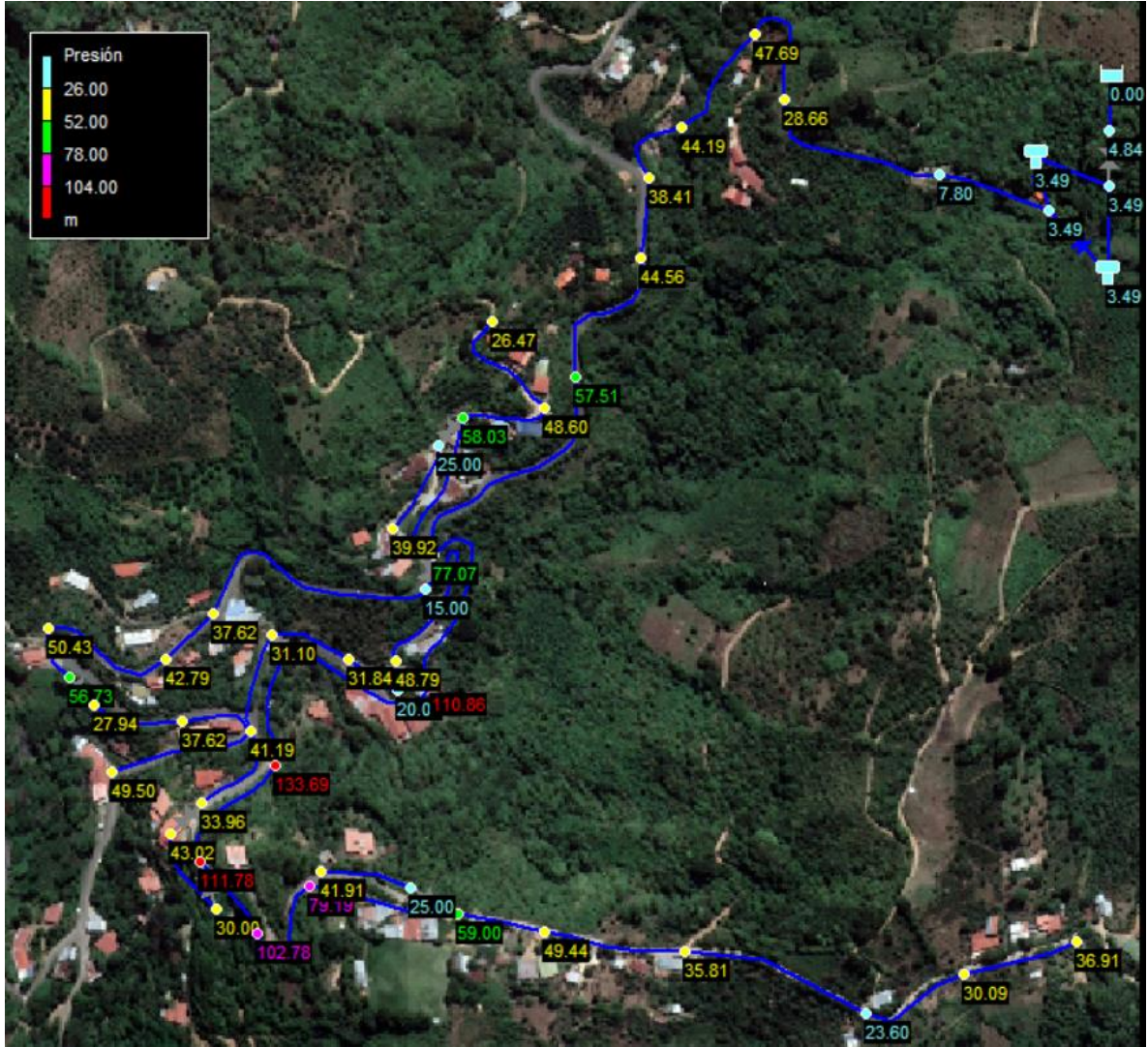


Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PVC y diámetros indicados por la Norma del AyA, a las 0:00 horas.



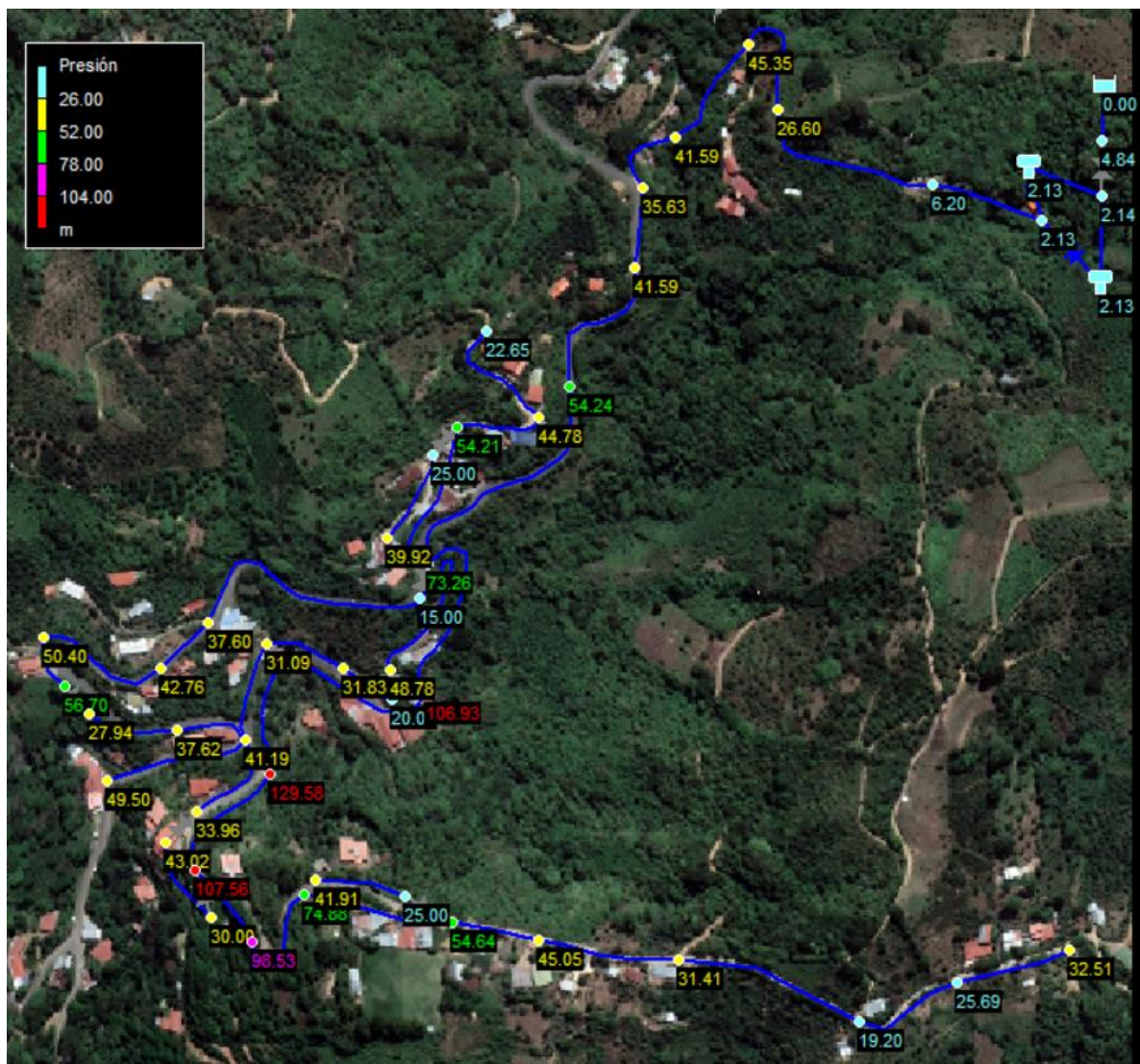


Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PVC y diámetros indicados por la Norma del AyA, a las 10:00 horas.



Presión en los nodos del Acueducto con material PVC y diámetros indicados por la Norma del AyA, a las 0:00 horas.

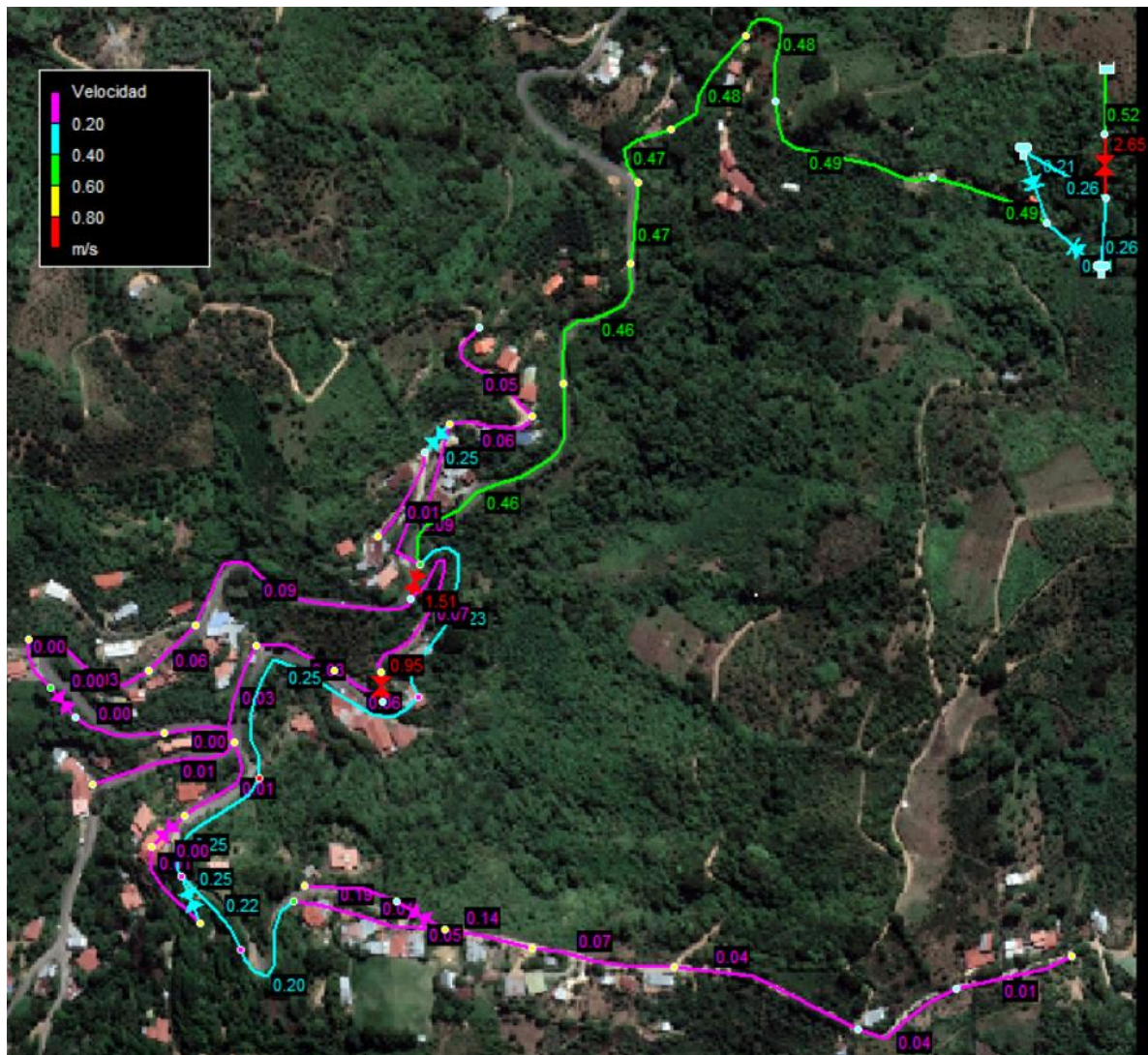




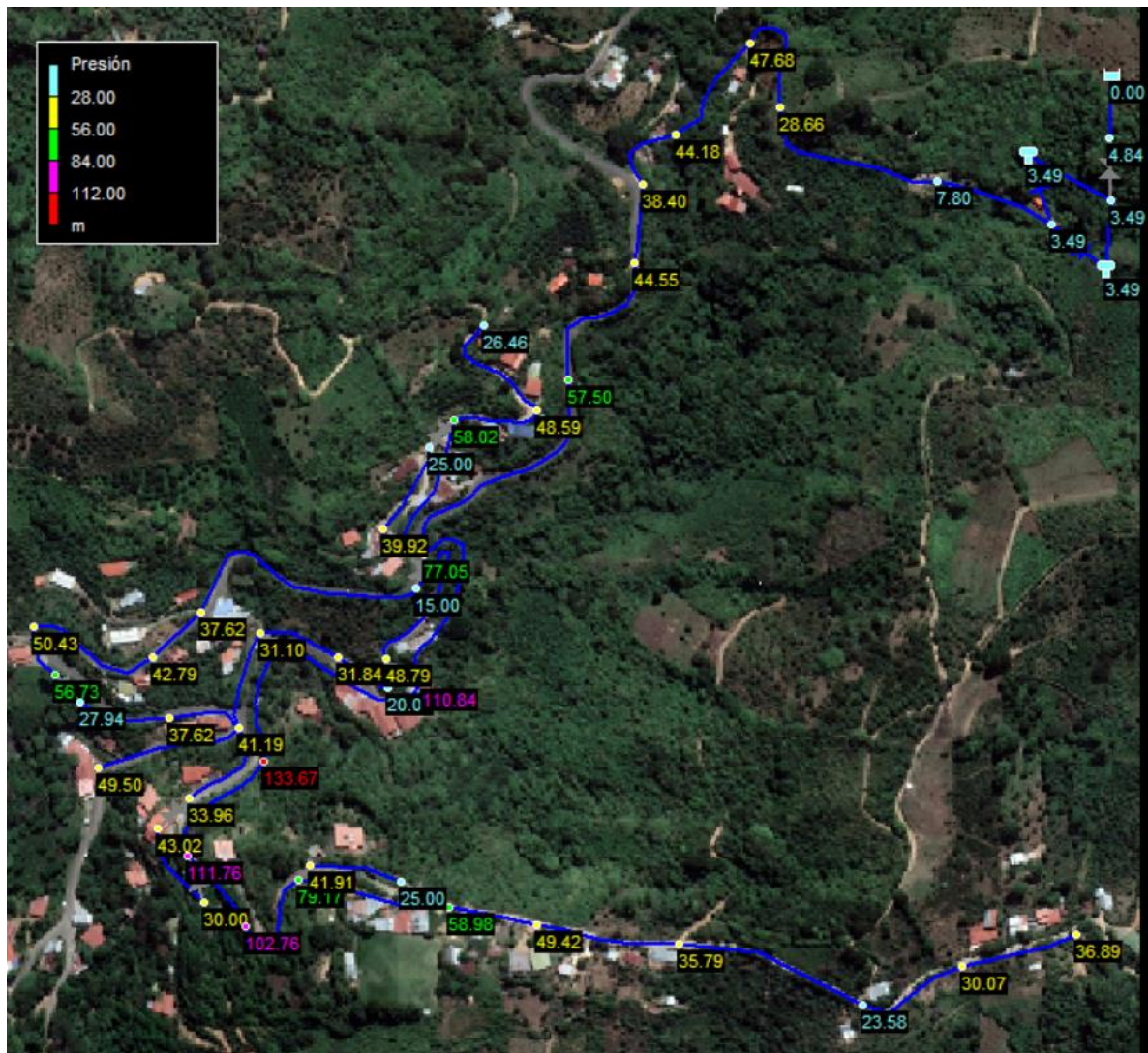
Presión en los nodos del Acueducto con material PVC y diámetros indicados por la Norma del AyA, a las 10:00 horas.





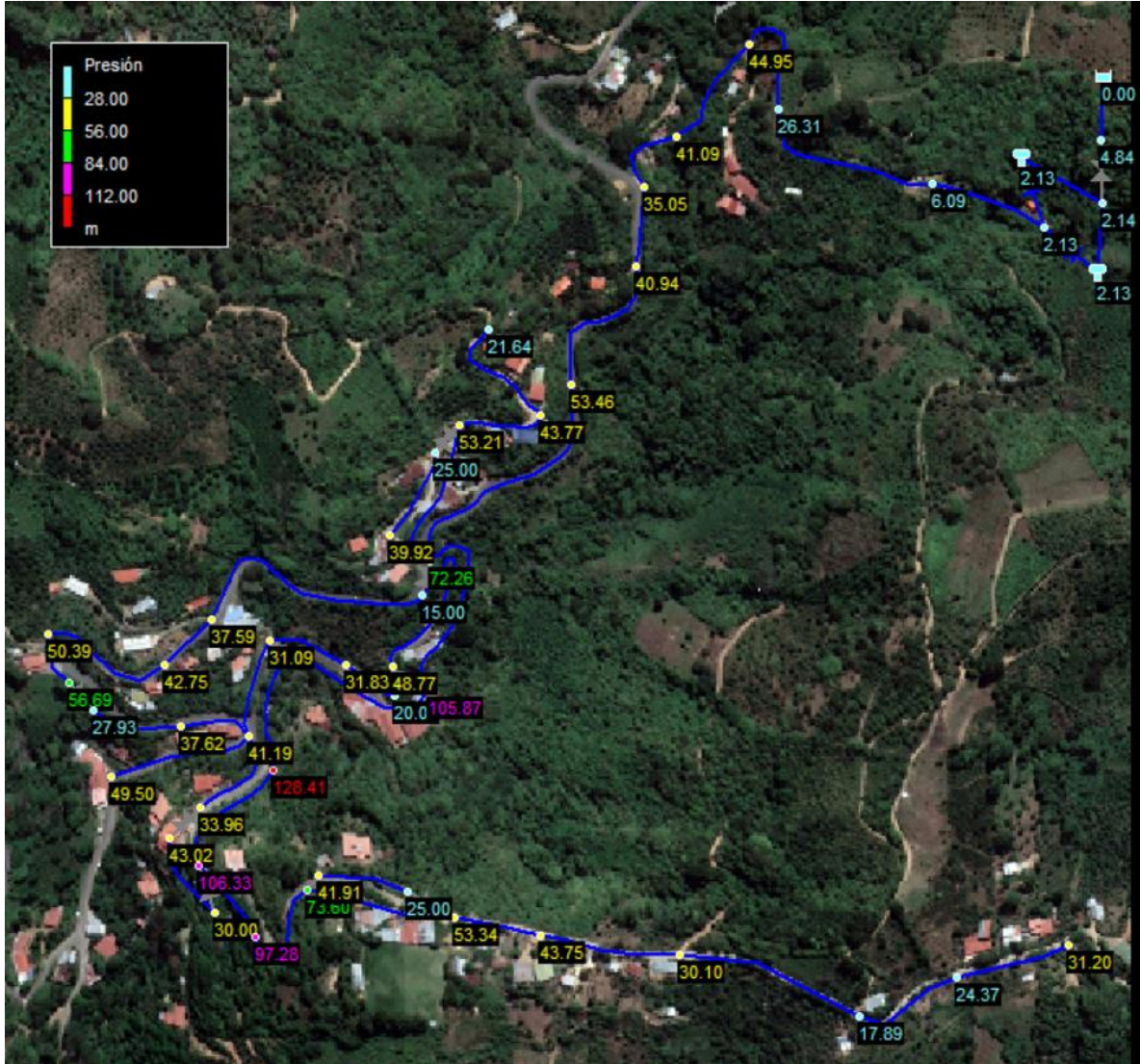


Velocidad en las tuberías del Acueducto con material PEAD y diámetros indicados por la Norma del AyA, a las 10:00 horas.



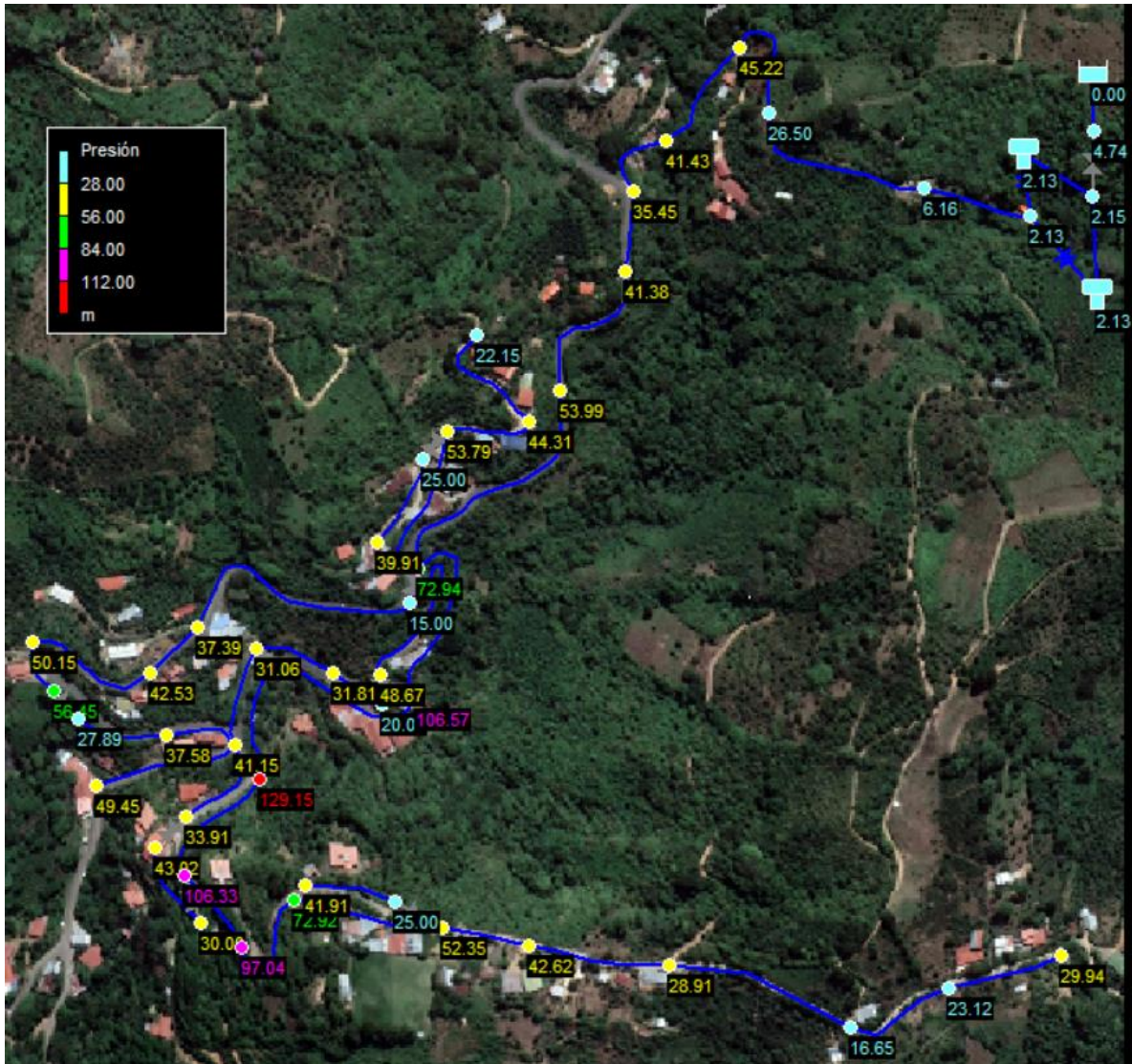
Presión en los nodos del Acueducto con material PEAD y diámetros indicados por la Norma del AyA, a las 0:00 horas.





Presión en los nodos del Acueducto con material PEAD y diámetros indicados por la Norma del AyA, a las 10:00 horas.

## ANEXO 6.



Cálculo de la presión en los nodos del Acueducto con material PEAD y diámetros sugeridos a las 10:00 horas, a través de la metodología Darcy-Weisbach.





**ANEXO 7.**

**FLUJO DE CAJA PVC - DIÁMETROS SUGERIDOS**

INGRESOS		AÑO 0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Cobro por servicio de agua residencial			€11,884,160.61	€12,292,147.57	€12,712,251.76	€13,144,795.44	€13,590,109.94	€14,048,535.99	€14,520,424.06	€15,006,134.71	€15,506,039.03	€16,020,518.94	€16,549,967.66	€17,094,790.07	€17,655,403.20	€18,232,236.60	€18,825,732.82
Cobro por servicio de agua comercial			€931,415.04	€950,043.34	€969,044.21	€988,425.09	€1,008,193.59	€1,028,357.47	€1,048,924.61	€1,069,903.11	€1,091,301.17	€1,113,127.19	€1,135,389.74	€1,158,097.53	€1,181,259.48	€1,204,884.67	€1,228,982.36
Cobro por servicio de agua preferencial			€1,613,085.12	€1,645,346.82	€1,678,253.76	€1,711,818.83	€1,746,055.21	€1,780,976.31	€1,816,595.84	€1,852,927.76	€1,889,986.31	€1,927,786.04	€1,966,341.76	€2,005,668.60	€2,045,781.97	€2,086,697.61	€2,128,431.56
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>€0.00</b>	<b>€14,428,660.77</b>	<b>€14,887,537.74</b>	<b>€15,359,549.72</b>	<b>€15,845,039.36</b>	<b>€16,344,358.75</b>	<b>€16,857,869.77</b>	<b>€17,385,944.51</b>	<b>€17,928,965.58</b>	<b>€18,487,326.51</b>	<b>€19,061,432.17</b>	<b>€19,651,699.15</b>	<b>€20,258,556.20</b>	<b>€20,882,444.65</b>	<b>€21,523,818.88</b>	<b>€22,183,146.74</b>
EGRESOS		AÑO 0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Costos de mantenimiento		5.0%	-€1,654,400.90	-€1,687,488.92	-€1,721,238.70	-€1,755,663.47	-€1,790,776.74	-€1,826,592.27	-€1,863,124.12	-€1,900,386.60	-€1,938,394.33	-€1,977,162.22	-€2,016,705.47	-€2,057,039.58	-€2,098,180.37	-€2,140,143.97	-€2,182,946.85
Costos de fontanero del Acueducto			-€5,002,267.97	-€5,102,313.32	-€5,204,359.59	-€5,308,446.78	-€5,414,615.72	-€5,522,908.03	-€5,633,366.19	-€5,746,033.52	-€5,860,954.19	-€5,978,173.27	-€6,097,736.74	-€6,219,691.47	-€6,344,085.30	-€6,470,967.01	-€6,600,386.35
Cargas sociales del fontanero		26.5%	-€1,181,228.62	-€1,204,853.20	-€1,228,950.26	-€1,253,529.27	-€1,278,599.85	-€1,304,171.85	-€1,330,255.28	-€1,356,860.39	-€1,383,997.60	-€1,411,677.55	-€1,439,911.10	-€1,468,709.32	-€1,498,083.51	-€1,528,045.18	-€1,558,606.08
Costos de cloración del agua			-€600,000.00	-€612,000.00	-€624,240.00	-€636,724.80	-€649,459.30	-€662,448.48	-€675,697.45	-€689,211.40	-€702,995.63	-€717,055.54	-€731,396.65	-€746,024.59	-€760,945.08	-€776,163.98	-€791,687.26
Interés sobre el préstamo bancario			-€5,488,570.50	-€5,294,162.80	-€5,083,230.45	-€4,854,368.84	-€4,606,054.00	-€4,336,632.40	-€4,044,309.96	-€3,727,140.12	-€3,383,010.84	-€3,009,630.57	-€2,604,512.97	-€2,164,960.38	-€1,688,045.82	-€1,170,593.52	-€609,157.78
Depreciación equipo hidráulico		10	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	-€3,059,201.80	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00
Depreciación construcciones		15	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47	-€7,119,598.47
Valor en Libros Equipo Hidraulico																	
Valor en Libros Construcciones																	
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€24,105,268.26</b>	<b>-€24,079,618.51</b>	<b>-€24,040,819.27</b>	<b>-€23,987,533.43</b>	<b>-€23,918,305.88</b>	<b>-€23,831,553.31</b>	<b>-€23,725,553.28</b>	<b>-€23,598,432.30</b>	<b>-€23,448,152.86</b>	<b>-€23,272,499.42</b>	<b>-€20,009,861.40</b>	<b>-€19,776,023.81</b>	<b>-€19,508,938.55</b>	<b>-€19,205,512.13</b>	<b>-€18,862,382.79</b>
Utilidad Bruta			-€9,676,607.49	-€9,192,080.78	-€8,681,269.54	-€8,142,494.07	-€7,573,947.13	-€6,973,683.54	-€6,339,608.77	-€5,669,466.72	-€4,960,826.34	-€4,211,067.25	-€358,162.24	€482,532.39	€1,373,506.10	€2,318,306.74	€3,320,763.95
Impuestos		0%	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00
<b>Utilidad Neta</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€9,676,607.49</b>	<b>-€9,192,080.78</b>	<b>-€8,681,269.54</b>	<b>-€8,142,494.07</b>	<b>-€7,573,947.13</b>	<b>-€6,973,683.54</b>	<b>-€6,339,608.77</b>	<b>-€5,669,466.72</b>	<b>-€4,960,826.34</b>	<b>-€4,211,067.25</b>	<b>-€358,162.24</b>	<b>€482,532.39</b>	<b>€1,373,506.10</b>	<b>€2,318,306.74</b>	<b>€3,320,763.95</b>
Depreciación Equipo Hidraulico		10	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€3,059,201.80	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00
Depreciación Construcciones		15	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47	€7,119,598.47
Valor en Libros Equipo Hidraulico																	
Valor en Libros Construcciones																	
Tubería de PVC ASTM 2241 de 4", SDR32.5			-€265,756.48														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 3", SDR32.5			-€5,935,782.09														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 2", SDR32.5			-€6,167,072.34														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 2", SDR26			-€1,182,110.30														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 2", SDR17			-€2,431,115.05														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 1 1/2", SDR32.5			-€1,275,188.96														
Accesorios de PVC ASTM 2466 de 1 1/2" a 4" SCH40.		15%	-€2,588,553.78														
Tanque de almacenamiento de 15 000 litros de Polietileno de Alta Densidad.			-€6,376,500.00														
Válvula control de tanque tipo modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, 1".			-€293,794.00														
Válvula reductora de presión Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1".			-€836,970.00														
Válvula de compuerta de AWWA C-515 en hierro dúctil de 2", Clase 150.			-€1,326,800.00														
Válvula de aire combinada Modelo DAV-P-KA, con rosca de 1".			-€972,375.00														
Hidrante tipo Cabezote de 4" marca Apolo, con sus accesorios.			-€940,000.00														
<b>TOTAL EQUIPO HIDRÁULICO</b>			<b>-€30,592,018.00</b>														
Loza de concreto para colocación de tanques de almacenamiento.			-€1,600,000.00														
Malla perimetral tipo ciclón para resguardo de tanques de almacenamiento.			-€896,000.00														
Instalación de tubería en camino de lastre.			-€8,995,474.08														
Instalación de tubería en camino de asfalto.			-€88,760,312.73														
Imprevistos de intalación		5.0%	-€6,542,190.24														
<b>TOTAL DE CONSTRUCCIÓN CIVIL</b>			<b>-€106,793,977.05</b>														
Aporte del AyA		53.0%	€72,814,577.38														
Préstamo Bancario		47.0%	€64,571,417.67														
Amortización del préstamo bancario			-€2,287,149.41	-€2,481,557.11	-€2,692,489.46	-€2,921,351.06	-€3,169,665.91	-€3,439,087.51	-€3,731,409.95	-€4,048,579.79	-€4,392,709.07	-€4,766,089.34	-€5,171,206.94	-€5,610,759.53	-€6,087,674.09	-€6,605,126.39	-€7,166,562.13
AÑO DEL PROYECTO		0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
<b>FLUJO CAJA</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€1,784,956.63</b>	<b>-€1,494,837.61</b>	<b>-€1,194,958.73</b>	<b>-€885,044.86</b>	<b>-€564,812.77</b>	<b>-€233,970.77</b>	<b>€107,781.55</b>	<b>€460,753.76</b>	<b>€825,264.85</b>	<b>€1,201,643.68</b>	<b>€1,590,229.29</b>	<b>€1,991,371.34</b>	<b>€2,405,430.49</b>	<b>€2,832,778.83</b>	<b>€3,273,800.29</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€1,784,956.63</b>	<b>-€3,279,794.24</b>	<b>-€4,474,752.98</b>	<b>-€5,359,797.84</b>	<b>-€5,924,610.61</b>	<b>-€6,158,581.38</b>	<b>-€6,050,799.83</b>	<b>-€5,590,046.07</b>	<b>-€4,764,781.21</b>	<b>-€3,563,137.53</b>	<b>-€1,972,908.25</b>	<b>€18,463.09</b>	<b>€2,423,893.57</b>	<b>€5,256,672.40</b>	<b>€8,530,472.69</b>

<b>TASA DE CORTE</b>	8.50%
<b>VAN</b>	€316,497.19
<b>TIR</b>	9.18%



**ANEXO 8.**

**FLUJO DE CAJA PVC - DIÁMETROS NORMA AYA**

INGRESOS		AÑO 0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Cobro por servicio de agua residencial			€11,884,160.61	€12,292,147.57	€12,712,251.76	€13,144,795.44	€13,590,109.94	€14,048,535.99	€14,520,424.06	€15,006,134.71	€15,506,039.03	€16,020,518.94	€16,549,967.66	€17,094,790.07	€17,655,403.20	€18,232,236.60	€18,825,732.82
Cobro por servicio de agua comercial			€931,415.04	€950,043.34	€969,044.21	€988,425.09	€1,008,193.59	€1,028,357.47	€1,048,924.61	€1,069,903.11	€1,091,301.17	€1,113,127.19	€1,135,389.74	€1,158,097.53	€1,181,259.48	€1,204,884.67	€1,228,982.36
Cobro por servicio de agua preferencial			€1,613,085.12	€1,645,346.82	€1,678,253.76	€1,711,818.83	€1,746,055.21	€1,780,976.31	€1,816,595.84	€1,852,927.76	€1,889,986.31	€1,927,786.04	€1,966,341.76	€2,005,668.60	€2,045,781.97	€2,086,697.61	€2,128,431.56
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>€0.00</b>	<b>€14,428,660.77</b>	<b>€14,887,537.74</b>	<b>€15,359,549.72</b>	<b>€15,845,039.36</b>	<b>€16,344,358.75</b>	<b>€16,857,869.77</b>	<b>€17,385,944.51</b>	<b>€17,928,965.58</b>	<b>€18,487,326.51</b>	<b>€19,061,432.17</b>	<b>€19,651,699.15</b>	<b>€20,258,556.20</b>	<b>€20,882,444.65</b>	<b>€21,523,818.88</b>	<b>€22,183,146.74</b>
EGRESOS		AÑO 0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Costos de mantenimiento		5.0%	-€2,331,090.95	-€2,377,712.77	-€2,425,267.02	-€2,473,772.36	-€2,523,247.81	-€2,573,712.77	-€2,625,187.02	-€2,677,690.76	-€2,731,244.58	-€2,785,869.47	-€2,841,586.86	-€2,898,418.60	-€2,956,386.97	-€3,015,514.71	-€3,075,825.00
Costos de fontanero del Acueducto			-€5,002,267.97	-€5,102,313.32	-€5,204,359.59	-€5,308,446.78	-€5,414,615.72	-€5,522,908.03	-€5,633,366.19	-€5,746,033.52	-€5,860,954.19	-€5,978,173.27	-€6,097,736.74	-€6,219,691.47	-€6,344,085.30	-€6,470,967.01	-€6,600,386.35
Cargas sociales del fontanero		26.5%	-€1,181,228.62	-€1,204,853.20	-€1,228,950.26	-€1,253,529.27	-€1,278,599.85	-€1,304,171.85	-€1,330,255.28	-€1,356,860.39	-€1,383,997.60	-€1,411,677.55	-€1,439,911.10	-€1,468,709.32	-€1,498,083.51	-€1,528,045.18	-€1,558,606.08
Costos de cloración del agua			-€600,000.00	-€612,000.00	-€624,240.00	-€636,724.80	-€649,459.30	-€662,448.48	-€675,697.45	-€689,211.40	-€702,995.63	-€717,055.54	-€731,396.65	-€746,024.59	-€760,945.08	-€776,163.98	-€791,687.26
Interés sobre el préstamo bancario			-€4,960,995.01	-€4,785,274.27	-€4,594,617.28	-€4,387,754.44	-€4,163,308.26	-€3,919,784.16	-€3,655,560.50	-€3,368,877.84	-€3,057,827.14	-€2,720,337.14	-€2,354,160.49	-€1,956,858.83	-€1,525,786.52	-€1,058,073.07	-€550,603.97
Depreciación equipo hidráulico		10	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	-€4,412,581.90	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00
Depreciación construcciones		15	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14	-€7,164,711.14
Valor en Libros Equipo Hidraulico																	
Valor en Libros Construcciones																	
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€25,652,875.58</b>	<b>-€25,659,446.60</b>	<b>-€25,654,727.19</b>	<b>-€25,637,520.69</b>	<b>-€25,606,523.97</b>	<b>-€25,560,318.32</b>	<b>-€25,497,359.49</b>	<b>-€25,415,966.94</b>	<b>-€25,314,312.17</b>	<b>-€25,190,406.01</b>	<b>-€20,629,502.98</b>	<b>-€20,454,413.94</b>	<b>-€20,249,998.51</b>	<b>-€20,013,475.08</b>	<b>-€19,741,819.80</b>
Utilidad Bruta			-€11,224,214.81	-€10,771,908.86	-€10,295,177.46	-€9,792,481.32	-€9,262,165.22	-€8,702,448.55	-€8,111,414.97	-€7,487,001.36	-€6,826,985.66	-€6,128,973.84	-€5,977,803.83	-€5,195,857.74	€632,446.14	€1,510,343.80	€2,441,326.95
Impuestos		0%	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	
<b>Utilidad Neta</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€11,224,214.81</b>	<b>-€10,771,908.86</b>	<b>-€10,295,177.46</b>	<b>-€9,792,481.32</b>	<b>-€9,262,165.22</b>	<b>-€8,702,448.55</b>	<b>-€8,111,414.97</b>	<b>-€7,487,001.36</b>	<b>-€6,826,985.66</b>	<b>-€6,128,973.84</b>	<b>-€5,977,803.83</b>	<b>-€5,195,857.74</b>	<b>€632,446.14</b>	<b>€1,510,343.80</b>	<b>€2,441,326.95</b>
Depreciacion Equipo Hidraulico		10	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€4,412,581.90	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00
Depreciacion Construcciones		15	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14	€7,164,711.14
Valor en Libros Equipo Hidraulico																	
Valor en Libros Construcciones																	
Tubería de PVC ASTM 2241 de 4", SDR32.5			-€265,756.48														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 3", SDR32.5			-€21,764,534.33														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 3", SDR26			-€2,231,838.58														
Tubería de PVC ASTM 2241 de 3", SDR17			-€4,763,418.40														
Accesorios de PVC ASTM 2466 de 1 1/2" a 4" SCH40.		15%	-€4,353,832.17														
Tanque de almacenamiento de 15 000 litros de Polietileno de Alta Densidad.			-€6,376,500.00														
Válvula control de tanque tipo modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, 1".			-€293,794.00														
Válvula reductora de presión Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1".			-€836,970.00														
Válvula de compuerta de AWWA C-515 en hierro dúctil de 2", Clase 150.			-€1,326,800.00														
Válvula de aire combinada Modelo DAV-P-KA, con rosca de 1".			-€972,375.00														
Hidrante tipo Cabezote de 4" marca Apolo, con sus accesorios.			-€940,000.00														
<b>COSTO TOTAL EQUIPO HIDRÁULICO</b>			<b>-€44,125,818.96</b>														
Loza de concreto para colocación de tanques de almacenamiento.			-€1,600,000.00														
Malla perimetral tipo ciclón para resguardo de tanques de almacenamiento.			-€896,000.00														
Instalación de tubería en camino de lastre.			-€8,995,474.08														
Instalación de tubería en camino de asfalto.			-€88,760,312.73														
Imprevistos de intalación		5.0%	-€7,218,880.29														
<b>COSTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN CIVIL</b>			<b>-€107,470,667.09</b>														
Aporte del AyA		61.5%	€93,231,838.92														
Préstamo Bancario		38.5%	€58,364,647.13														
Amortización del préstamo bancario			-€2,067,302.73	-€2,243,023.46	-€2,433,680.46	-€2,640,543.30	-€2,864,989.48	-€3,108,513.58	-€3,372,737.24	-€3,659,419.90	-€3,970,470.59	-€4,307,960.59	-€4,674,137.24	-€5,071,438.91	-€5,502,511.22	-€5,970,224.67	-€6,477,693.77
AÑO DEL PROYECTO		0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
<b>FLUJO CAJA</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€1,714,224.51</b>	<b>-€1,437,639.29</b>	<b>-€1,151,564.89</b>	<b>-€855,731.58</b>	<b>-€549,861.67</b>	<b>-€233,669.09</b>	<b>€93,140.82</b>	<b>€430,871.77</b>	<b>€779,836.78</b>	<b>€1,140,358.60</b>	<b>€1,512,770.07</b>	<b>€1,897,414.49</b>	<b>€2,294,646.06</b>	<b>€2,704,830.27</b>	<b>€3,128,344.32</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€1,714,224.51</b>	<b>-€3,151,863.79</b>	<b>-€4,303,428.68</b>	<b>-€5,159,160.26</b>	<b>-€5,709,021.93</b>	<b>-€5,942,691.02</b>	<b>-€5,849,550.20</b>	<b>-€5,418,678.42</b>	<b>-€4,638,841.64</b>	<b>-€3,498,483.04</b>	<b>-€1,985,712.97</b>	<b>-€88,298.48</b>	<b>€2,206,347.58</b>	<b>€4,911,177.84</b>	<b>€8,039,522.16</b>
<b>TASA DE CORTE</b>			8.50%														
VAN			€233,939.35														
TIR			9.02%														

**ANEXO 9.**

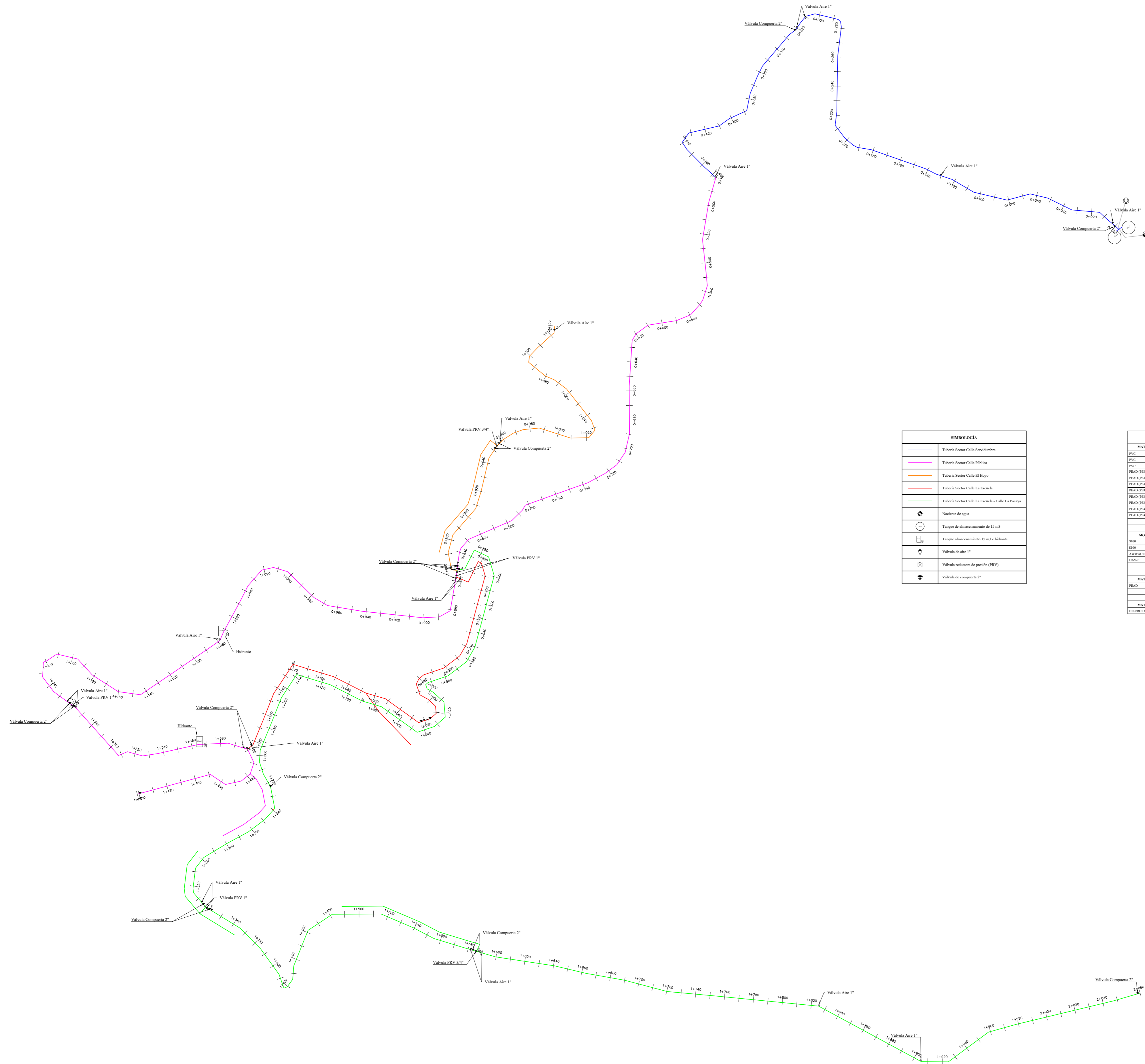
<b>FLUJO DE CAJA PE4710 - DIÁMETROS SUGERIDOS</b>																	
<b>INGRESOS</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	
Cobro por servicio de agua residencial		€11,884,160.61	€12,292,147.57	€12,712,251.76	€13,144,795.44	€13,590,109.94	€14,048,535.99	€14,520,424.06	€15,006,134.71	€15,506,039.03	€16,020,518.94	€16,549,967.66	€17,094,790.07	€17,655,403.20	€18,232,236.60	€18,825,732.82	
Cobro por servicio de agua comercial		€931,415.04	€950,043.34	€969,044.21	€988,425.09	€1,008,193.59	€1,028,357.47	€1,048,924.61	€1,069,903.11	€1,091,301.17	€1,113,127.19	€1,135,389.74	€1,158,097.53	€1,181,259.48	€1,204,884.67	€1,228,982.36	
Cobro por servicio de agua preferencial		€1,613,085.12	€1,645,346.82	€1,678,253.76	€1,711,818.83	€1,746,055.21	€1,780,976.31	€1,816,595.84	€1,852,927.76	€1,889,986.31	€1,927,786.04	€1,966,341.76	€2,005,668.60	€2,045,781.97	€2,086,697.61	€2,128,431.56	
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>€0.00</b>	<b>€14,428,660.77</b>	<b>€14,887,537.74</b>	<b>€15,359,549.72</b>	<b>€15,845,039.36</b>	<b>€16,344,358.75</b>	<b>€16,857,869.77</b>	<b>€17,385,944.51</b>	<b>€17,928,965.58</b>	<b>€18,487,326.51</b>	<b>€19,061,432.17</b>	<b>€19,651,699.15</b>	<b>€20,258,556.20</b>	<b>€20,882,444.65</b>	<b>€21,523,818.88</b>	<b>€22,183,146.74</b>	
<b>EGRESOS</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	
Costos de mantenimiento	5.0%	-€1,182,684.88	-€1,206,338.58	-€1,230,465.35	-€1,255,074.66	-€1,280,176.15	-€1,305,779.68	-€1,331,895.27	-€1,358,533.17	-€1,385,703.84	-€1,413,417.91	-€1,441,686.27	-€1,470,520.00	-€1,499,930.40	-€1,529,929.01	-€1,560,527.59	
Costos de fontanero del Acueducto		-€5,002,267.97	-€5,102,313.32	-€5,204,359.59	-€5,308,446.78	-€5,414,615.72	-€5,522,908.03	-€5,633,366.19	-€5,746,033.52	-€5,860,954.19	-€5,978,173.27	-€6,097,736.74	-€6,219,691.47	-€6,344,085.30	-€6,470,967.01	-€6,600,386.35	
Cargas sociales del fontanero	26.5%	-€1,181,228.62	-€1,204,853.20	-€1,228,950.26	-€1,253,529.27	-€1,278,599.85	-€1,304,171.85	-€1,330,255.28	-€1,356,860.39	-€1,383,997.60	-€1,411,677.55	-€1,439,911.10	-€1,468,709.32	-€1,498,083.51	-€1,528,045.18	-€1,558,606.08	
Costos de cloración del agua		-€600,000.00	-€612,000.00	-€624,240.00	-€636,724.80	-€649,459.30	-€662,448.48	-€675,697.45	-€689,211.40	-€702,995.63	-€717,055.54	-€731,396.65	-€746,024.59	-€760,945.08	-€776,163.98	-€791,687.26	
Interés sobre el préstamo bancario		-€5,835,458.97	-€5,628,764.32	-€5,404,500.63	-€5,161,174.52	-€4,897,165.69	-€4,610,716.12	-€4,299,918.32	-€3,962,702.72	-€3,596,823.79	-€3,199,845.15	-€2,769,123.32	-€2,301,790.14	-€1,794,733.64	-€1,244,577.34	-€647,657.75	
Depreciación equipo hidráulico	10	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	-€2,115,769.77	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	
Depreciación construcciones	15	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	-€7,391,084.07	
Valor en Libros Equipo Hidraulico																	
Valor en Libros Construcciones																	
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>€0.00</b>	<b>-€23,308,494.28</b>	<b>-€23,261,123.26</b>	<b>-€23,199,369.67</b>	<b>-€23,121,803.86</b>	<b>-€23,026,870.55</b>	<b>-€22,912,877.99</b>	<b>-€22,777,986.36</b>	<b>-€22,620,195.04</b>	<b>-€22,437,328.88</b>	<b>-€22,227,023.26</b>	<b>-€19,870,938.15</b>	<b>-€19,597,819.59</b>	<b>-€19,288,862.00</b>	<b>-€18,940,766.58</b>	<b>-€18,549,949.10</b>	
Utilidad Bruta		-€8,879,833.51	-€8,373,585.53	-€7,839,819.94	-€7,276,764.50	-€6,682,511.80	-€6,055,008.22	-€5,392,041.84	-€4,691,229.46	-€3,950,002.36	-€3,165,591.09	-€2,19,239.00	€660,736.61	€1,593,582.65	€2,583,052.29	€3,633,197.65	
Impuestos	0%	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	
<b>Utilidad Neta</b>		<b>-€8,879,833.51</b>	<b>-€8,373,585.53</b>	<b>-€7,839,819.94</b>	<b>-€7,276,764.50</b>	<b>-€6,682,511.80</b>	<b>-€6,055,008.22</b>	<b>-€5,392,041.84</b>	<b>-€4,691,229.46</b>	<b>-€3,950,002.36</b>	<b>-€3,165,591.09</b>	<b>-€2,19,239.00</b>	<b>€660,736.61</b>	<b>€1,593,582.65</b>	<b>€2,583,052.29</b>	<b>€3,633,197.65</b>	
Depreciación Equipo Hidraulico	10	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€2,115,769.77	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	
Depreciación Construcciones	15	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	€7,391,084.07	
Valor en Libros Equipo Hidraulico																	
Valor en Libros Construcciones																	
Tubería de PVC ASTM 2241 de 4", SDR32.5		-€265,756.48															
Tubería de PVC ASTM 2241 de 2", SDR32.5		-€247,507.92															
Accesorios de PVC ASTM 2466 de 1 1/2" a 4" SCH40.	15%	-€76,989.66															
Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR17.		-€3,371,544.00															
Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR13.5		-€811,734.00															
Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR11		-€1,255,834.80															
Tubería de HDPE PE-4710 de 2", DR17		-€3,060,895.20															
Tubería de HDPE PE-4710 de 2", DR13.5		-€240,213.60															
Tubería de HDPE PE-4710 de 2", DR11		-€482,031.00															
Tubería de HDPE PE-4710 de 1 1/2", DR17		-€598,752.00															
Tanque de almacenamiento de 15 000 litros de Polietileno de Alta Densidad.		-€6,376,500.00															
Válvula control de tanque tipo modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, 1".		-€293,794.00															
Válvula reductora de presión Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1".		-€836,970.00															
Válvula de compuerta de AWWA C-515 en hierro dúctil de 2", Clase 150.		-€1,326,800.00															
Válvula de aire combinada Modelo DAV-P-KA, con rosca de 1".		-€972,375.00															
Hidrante tipo Cabezote de 4" marca Apolo, con sus accesorios.		-€940,000.00															
<b>TOTAL EQUIPO HIDRÁULICO</b>		<b>-€21,157,697.66</b>															
Loza de concreto para colocación de tanques de almacenamiento.		-€1,600,000.00															
Malla perimetral tipo ciclón para resguardo de tanques de almacenamiento.		-€896,000.00															
Instalación de tubería en camino de lastre.		-€8,995,474.08															
Instalación de tubería en camino de asfalto.		-€88,760,312.73															
Termosfusión de PE4710		-€4,544,000.00															
Imprevistos de intalación	5.0%	-€6,070,474.22															
<b>TOTAL DE CONSTRUCCIÓN CIVIL</b>		<b>-€110,866,261.03</b>															
Aporte del AyA	48.0%	€63,371,500.17															
Préstamo Bancario	52.0%	€68,652,458.52															
Amortización del préstamo bancario		-€2,431,701.76	-€2,638,396.41	-€2,862,660.10	-€3,105,986.21	-€3,369,995.04	-€3,656,444.61	-€3,967,242.41	-€4,304,458.01	-€4,670,336.94	-€5,067,315.58	-€5,498,037.41	-€5,965,370.59	-€6,472,427.09	-€7,022,583.39	-€7,619,502.98	
<b>AÑO DEL PROYECTO</b>	<b>0</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	
<b>FLUJO CAJA</b>	<b>€0.00</b>	<b>-€1,804,681.43</b>	<b>-€1,505,128.10</b>	<b>-€1,195,626.21</b>	<b>-€875,896.87</b>	<b>-€545,653.00</b>	<b>-€204,599.00</b>	<b>€147,569.58</b>	<b>€511,166.37</b>	<b>€886,514.53</b>	<b>€1,273,947.16</b>	<b>€1,673,807.66</b>	<b>€2,086,450.09</b>	<b>€2,512,239.63</b>	<b>€2,951,552.97</b>	<b>€3,404,778.74</b>	
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>€0.00</b>	<b>-€1,804,681.43</b>	<b>-€3,309,809.53</b>	<b>-€4,505,435.74</b>	<b>-€5,381,332.62</b>	<b>-€5,926,985.62</b>	<b>-€6,131,584.61</b>	<b>-€5,984,015.03</b>	<b>-€5,472,848.66</b>	<b>-€4,586,334.13</b>	<b>-€3,312,386.97</b>	<b>-€1,638,579.31</b>	<b>€447,870.78</b>	<b>€2,960,110.41</b>	<b>€5,911,663.38</b>	<b>€9,316,442.12</b>	
<b>TASA DE CORTE</b>		<b>8.50%</b>															
<b>VAN</b>		<b>€619,704.27</b>															
<b>TIR</b>		<b>9.81%</b>															

**ANEXO 10.**

**FLUJO DE CAJA PE4710 - DIÁMETROS NORMA AYA**

INGRESOS		AÑO 0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	
Cobro por servicio de agua residencial			€11,884,160.61	€12,292,147.57	€12,712,251.76	€13,144,795.44	€13,590,109.94	€14,048,535.99	€14,520,424.06	€15,006,134.71	€15,506,039.03	€16,020,518.94	€16,549,967.66	€17,094,790.07	€17,655,403.20	€18,232,236.60	€18,825,732.82	
Cobro por servicio de agua comercial			€931,415.04	€950,043.34	€969,044.21	€988,425.09	€1,008,193.59	€1,028,357.47	€1,048,924.61	€1,069,903.11	€1,091,301.17	€1,113,127.19	€1,135,389.74	€1,158,097.53	€1,181,259.48	€1,204,884.67	€1,228,982.36	
Cobro por servicio de agua preferencial			€1,613,085.12	€1,645,346.82	€1,678,253.76	€1,711,818.83	€1,746,055.21	€1,780,976.31	€1,816,595.84	€1,852,927.76	€1,889,986.31	€1,927,786.04	€1,966,341.76	€2,005,668.60	€2,045,781.97	€2,086,697.61	€2,128,431.56	
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>€0.00</b>	<b>€14,428,660.77</b>	<b>€14,887,537.74</b>	<b>€15,359,549.72</b>	<b>€15,845,039.36</b>	<b>€16,344,358.75</b>	<b>€16,857,869.77</b>	<b>€17,385,944.51</b>	<b>€17,928,965.58</b>	<b>€18,487,326.51</b>	<b>€19,061,432.17</b>	<b>€19,651,699.15</b>	<b>€20,258,556.20</b>	<b>€20,882,444.65</b>	<b>€21,523,818.88</b>	<b>€22,183,146.74</b>	
EGRESOS		AÑO 0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	
Costos de mantenimiento		5.0%	-€1,474,010.86	-€1,503,491.08	-€1,533,560.90	-€1,564,232.12	-€1,595,516.76	-€1,627,427.10	-€1,659,975.64	-€1,693,175.15	-€1,727,038.66	-€1,761,579.43	-€1,796,811.02	-€1,832,747.24	-€1,869,402.18	-€1,906,790.23	-€1,944,926.03	
Costos de fontanero del Acueducto			-€5,002,267.97	-€5,102,313.32	-€5,204,359.59	-€5,308,446.78	-€5,414,615.72	-€5,522,908.03	-€5,633,366.19	-€5,746,033.52	-€5,860,954.19	-€5,978,173.27	-€6,097,736.74	-€6,219,691.47	-€6,344,085.30	-€6,470,967.01	-€6,600,386.35	
Cargas sociales del fontanero		26.5%	-€1,181,228.62	-€1,204,853.20	-€1,228,950.26	-€1,253,529.27	-€1,278,599.85	-€1,304,171.85	-€1,330,255.28	-€1,356,860.39	-€1,383,997.60	-€1,411,677.55	-€1,439,911.10	-€1,468,709.32	-€1,498,083.51	-€1,528,045.18	-€1,558,606.08	
Costos de cloración del agua			-€600,000.00	-€612,000.00	-€624,240.00	-€636,724.80	-€649,459.30	-€662,448.48	-€675,697.45	-€689,211.40	-€702,995.63	-€717,055.54	-€731,396.65	-€746,024.59	-€760,945.08	-€776,163.98	-€791,687.26	
Interés sobre el préstamo bancario			-€5,636,185.61	-€5,436,549.32	-€5,219,943.94	-€4,984,927.10	-€4,729,933.83	-€4,453,266.14	-€4,153,081.69	-€3,827,381.56	-€3,473,996.92	-€3,090,574.58	-€2,674,561.35	-€2,223,186.99	-€1,733,445.82	-€1,202,076.64	-€625,541.08	
Depreciación equipo hidráulico		10	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	-€2,698,421.73	
Depreciación construcciones		15	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	-€7,410,505.80	
Valor en Libros Equipo Hidráulico																		
Valor en Libros Construcciones																		
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€24,002,620.59</b>	<b>-€23,968,134.45</b>	<b>-€23,919,982.22</b>	<b>-€23,856,787.60</b>	<b>-€23,777,052.99</b>	<b>-€23,679,149.12</b>	<b>-€23,561,303.78</b>	<b>-€23,421,589.54</b>	<b>-€23,257,910.51</b>	<b>-€23,067,987.90</b>	<b>-€22,850,922.66</b>	<b>-€22,608,865.41</b>	<b>-€22,341,467.69</b>	<b>-€22,054,548.83</b>	<b>-€21,741,652.60</b>	
Utilidad Bruta			-€9,573,959.82	-€9,080,596.71	-€8,560,432.49	-€8,011,748.23	-€7,432,694.24	-€6,821,279.35	-€6,175,359.27	-€5,492,623.97	-€4,770,584.00	-€4,006,555.73	-€3,199,223.51	-€2,357,690.79	-€1,498,083.51	-€647,096.96	-€229,270.05	€3,251,494.15
Impuestos		0%	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	
<b>Utilidad Neta</b>			<b>-€9,573,959.82</b>	<b>-€9,080,596.71</b>	<b>-€8,560,432.49</b>	<b>-€8,011,748.23</b>	<b>-€7,432,694.24</b>	<b>-€6,821,279.35</b>	<b>-€6,175,359.27</b>	<b>-€5,492,623.97</b>	<b>-€4,770,584.00</b>	<b>-€4,006,555.73</b>	<b>-€3,199,223.51</b>	<b>-€2,357,690.79</b>	<b>-€1,498,083.51</b>	<b>-€647,096.96</b>	<b>-€229,270.05</b>	<b>€3,251,494.15</b>
Depreciación Equipo Hidráulico		10	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	€2,698,421.73	
Depreciación Construcciones		15	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	€7,410,505.80	
Valor en Libros Equipo Hidráulico																		
Valor en Libros Construcciones																		
Tubería de PVC ASTM 2241 de 4", SDR32.5 en Campana Cementada.			-€265,756.48															
Tubería de PVC ASTM 2241 de 2", SDR32.5 en Campana Cementada.			-€247,507.92															
Accesorios de PVC ASTM 2466 de 1 1/2" a 4" SCH40		15%	-€76,989.66															
Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR17 en tubos de 11.90 m			-€12,081,366.00															
Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR13.5 en tubos de 11.90 m			-€1,333,563.00															
Tubería de HDPE PE-4710 de 3", DR11 en tubos de 11.90 m			-€2,232,595.20															
Tanque de almacenamiento de 15 000 litros de Polietileno de Alta Densidad.			-€6,376,500.00															
Válvula control de tanque tipo modulante Serie 100, Modelo 45 en Latón, 1".			-€293,794.00															
Válvula reductora de presión Serie 100, Modelo 45 en Latón, con rosca de 1".			-€836,970.00															
Válvula de compuerta de AWWA C-515 en hierro dúctil de 2", Clase 150.			-€1,326,800.00															
Válvula de aire combinada Modelo DAV-P-KA, con rosca de 1".			-€972,375.00															
Hidrante tipo Cabezote de 4" marca Apolo, con sus accesorios.			-€940,000.00															
<b>TOTAL EQUIPO HIDRÁULICO</b>			<b>-€26,984,217.26</b>															
Loza de concreto para colocación de tanques de almacenamiento.			-€1,600,000.00															
Malla perimetral tipo ciclón para resguardo de tanques de almacenamiento.			-€896,000.00															
Instalación de tubería en camino de lastre.			-€8,995,474.08															
Instalación de tubería en camino de asfalto.			-€88,760,312.73															
Termofusión de PE4710			-€4,544,000.00															
Imprevistos de intalación		5.0%	-€6,361,800.20															
<b>TOTAL DE CONSTRUCCIÓN CIVIL</b>			<b>-€111,157,587.01</b>															
Aporte del AyA		52.0%	€71,833,738.22															
Préstamo Bancario		48.0%	€66,308,066.05															
Amortización del préstamo bancario			-€2,348,662.29	-€2,548,298.59	-€2,764,903.97	-€2,999,920.81	-€3,254,914.07	-€3,531,581.77	-€3,831,766.22	-€4,157,466.35	-€4,510,850.99	-€4,894,273.32	-€5,310,286.56	-€5,761,660.91	-€6,251,402.09	-€6,782,771.27	-€7,359,306.83	
AÑO DEL PROYECTO		0	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	
<b>FLUJO CAJA</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€1,813,694.59</b>	<b>-€1,519,967.77</b>	<b>-€1,216,408.94</b>	<b>-€902,741.51</b>	<b>-€578,680.79</b>	<b>-€243,933.60</b>	<b>€101,802.04</b>	<b>€458,837.21</b>	<b>€827,492.53</b>	<b>€1,208,098.47</b>	<b>€1,600,995.74</b>	<b>€2,006,535.67</b>	<b>€2,425,080.67</b>	<b>€2,857,004.58</b>	<b>€3,302,693.12</b>	
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>		<b>€0.00</b>	<b>-€1,813,694.59</b>	<b>-€3,333,662.37</b>	<b>-€4,550,071.30</b>	<b>-€5,452,812.81</b>	<b>-€6,031,493.60</b>	<b>-€6,275,427.20</b>	<b>-€6,173,625.16</b>	<b>-€5,714,787.95</b>	<b>-€4,887,295.42</b>	<b>-€3,679,196.94</b>	<b>-€2,078,201.21</b>	<b>-€71,665.53</b>	<b>€2,353,415.14</b>	<b>€5,210,419.72</b>	<b>€8,513,112.83</b>	
<b>TASA DE CORTE</b>			<b>8.50%</b>															
VAN			€256,439.43															
TIR			9.04%															

**ANEXO 11. Planos.**



SIMBOLOGÍA	
	Tubería Sector Calle Servidumbre
	Tubería Sector Calle Pública
	Tubería Sector Calle El Hoyo
	Tubería Sector Calle La Escuela
	Tubería Sector Calle La Escuela - Calle La Pazña
	Naciente de agua
	Tanque de almacenamiento de 15 m <sup>3</sup>
	Tanque almacenamiento 15 m <sup>3</sup> e hidrante
	Válvula de aire 1"
	Válvula reductora de presión (PRV)
	Válvula de compuerta 2"

MATERIALES			
TUBERÍA			
MATERIAL	DIÁMETRO NOMINAL (DN, pulgadas)	RELACION DIMENSIONES	CANTIDAD
PVC	4	SEW 32.2	4 Tubos
PVC	2	SEW 32.2	12 Tubos
PVC	1.5	SEW 32.2	4 Tubos
PEAD (PE4710)	3	DR 21	72 Tubos
PEAD (PE4710)	2.5	DR 13.5	14 Tubos
PEAD (PE4710)	2.0	DR 11	18 Tubos
PEAD (PE4710)	2	DR 11	142 Tubos
PEAD (PE4710)	2	DR 13.5	9 Tubos
PEAD (PE4710)	2	DR 11	15 Tubos
PEAD (PE4710)	1.5	DR 9	45 Tubos
PEAD (PE4710)	1.5	DR 9	15 Tubos

VALVULERÍA			
MODELO	DIÁMETRO NOMINAL (DN, pulgadas)	TIPO VALVULA	CANTIDAD
S100	1	REDUCTORA DE PRESION	4 U
S100	1	CONTROL MODULANTE	4 U
LANWACIS	2	COMPUERTA	31 U
DAV-P	1	AIRE COMBINADA	25 U

TANQUES DE ALMACENAMIENTO		
MATERIAL	DIÁMETRO TANQUE (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
PEAD	2.4	15
		4 U

HIDRANTES			
MATERIAL	DIÁMETRO NOMINAL (DN, pulgadas)	TIPO HIDRANTE	CANTIDAD
HIDRANTE DUCTIL	4	TIPO POSTE	2 U

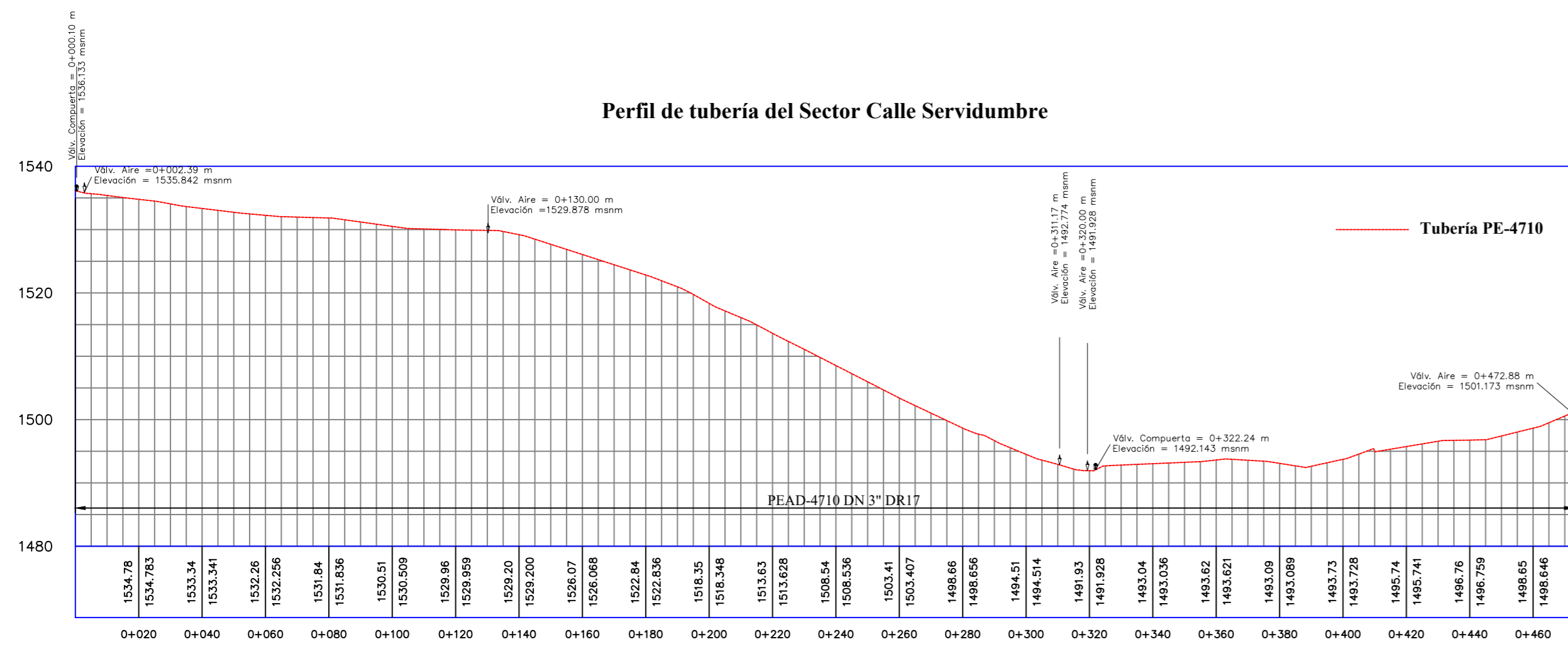
**PROYECTO DE GRADUACIÓN  
ANÁLISIS Y DISEÑO HIDRÁULICO  
PARA LA CONDUCCIÓN Y EL  
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN  
LA COMUNIDAD DE EL MANZANO,  
JERICÓ DE DESAMPARADOS.**

**UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA**

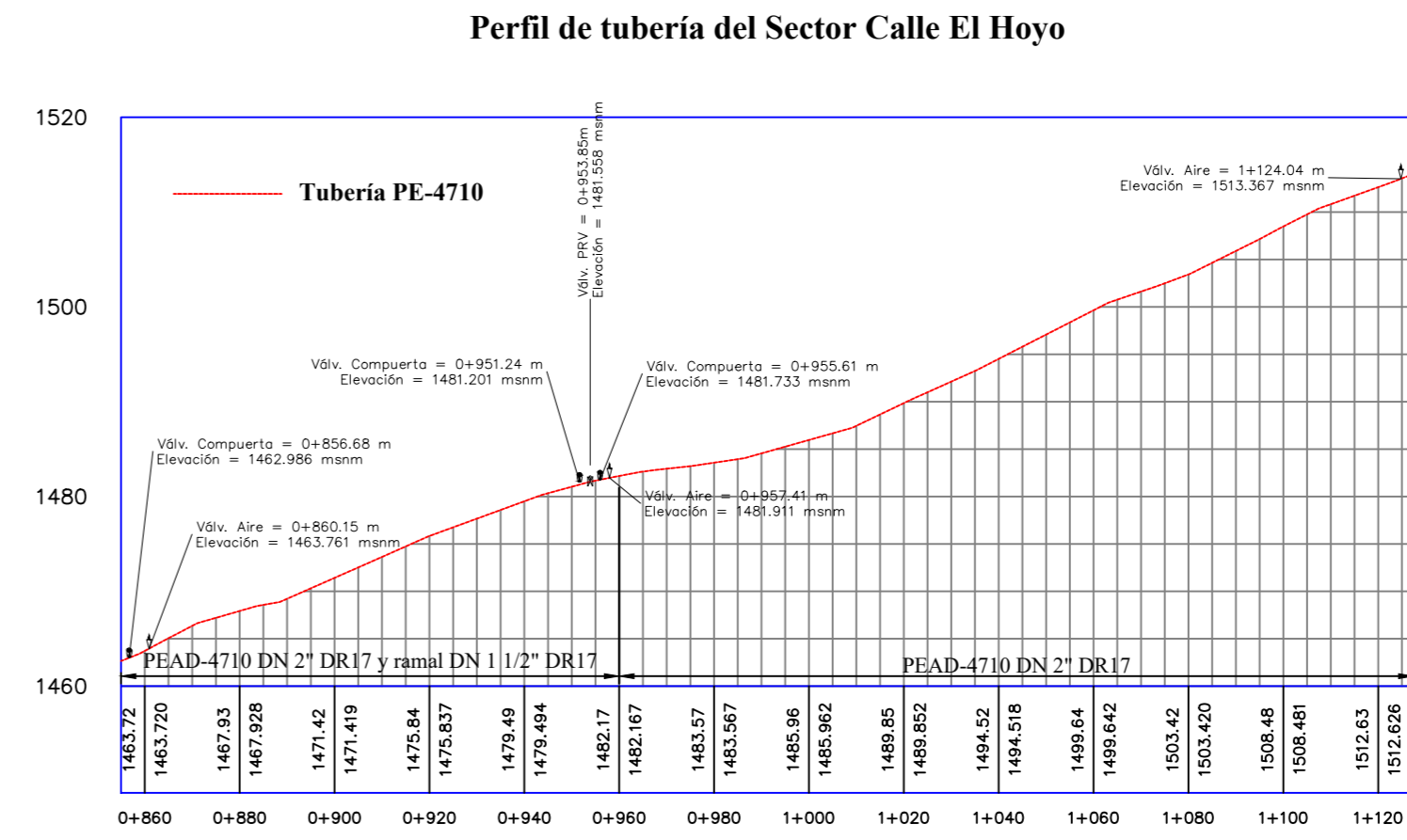
ESTUDIANTE  
Ricardo Valverde Jiménez

CARNÉ  
B06506

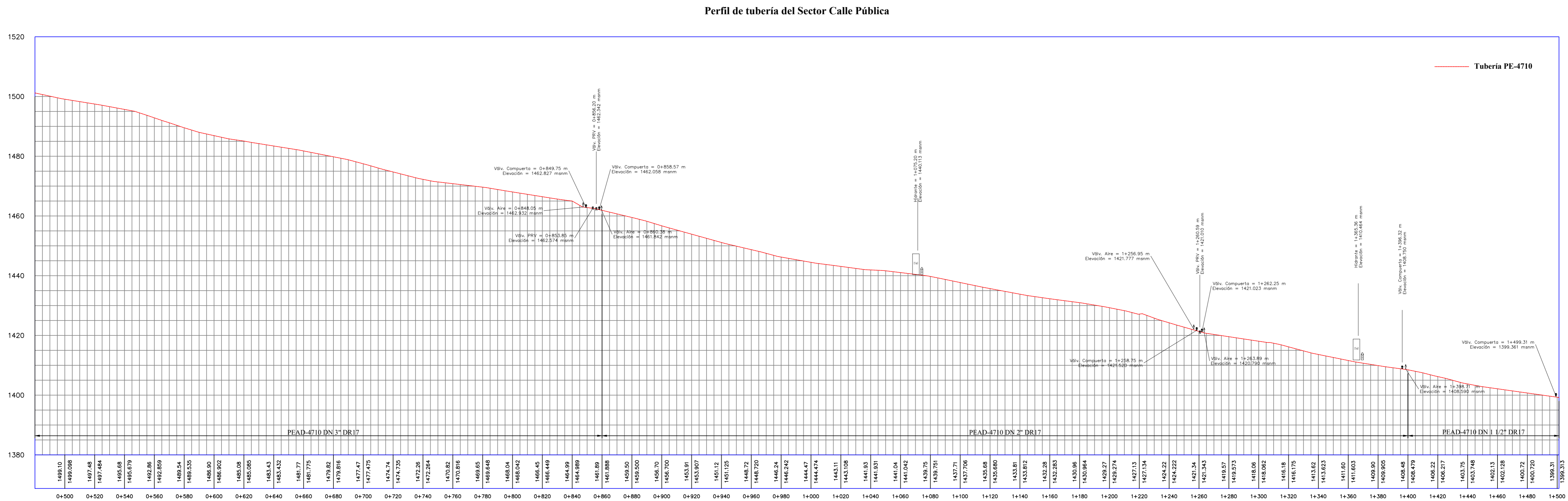
**CONTENIDO**  
  
Vista planta de los sectores y las líneas de distribución con  
tubería de PEAD (PE4710) del Acueducto de El Manzano.



Escala Horizontal = 1:1500  
Escala Vertical = 1:3000



Escala Horizontal = 1:1500  
Escala Vertical = 1:3000



Escala Horizontal = 1:1500  
Escala Vertical = 1:3000

PROYECTO DE GRADUACIÓN  
ANÁLISIS Y DISEÑO HIDRÁULICO  
PARA LA CONDUCCIÓN Y EL  
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN  
LA COMUNIDAD DE EL MANZANO,  
JERICÓ DE DESAMPARADOS.

UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

ESTUDIANTE  
Ricardo Valverde Jiménez

CARNÉ  
B06506

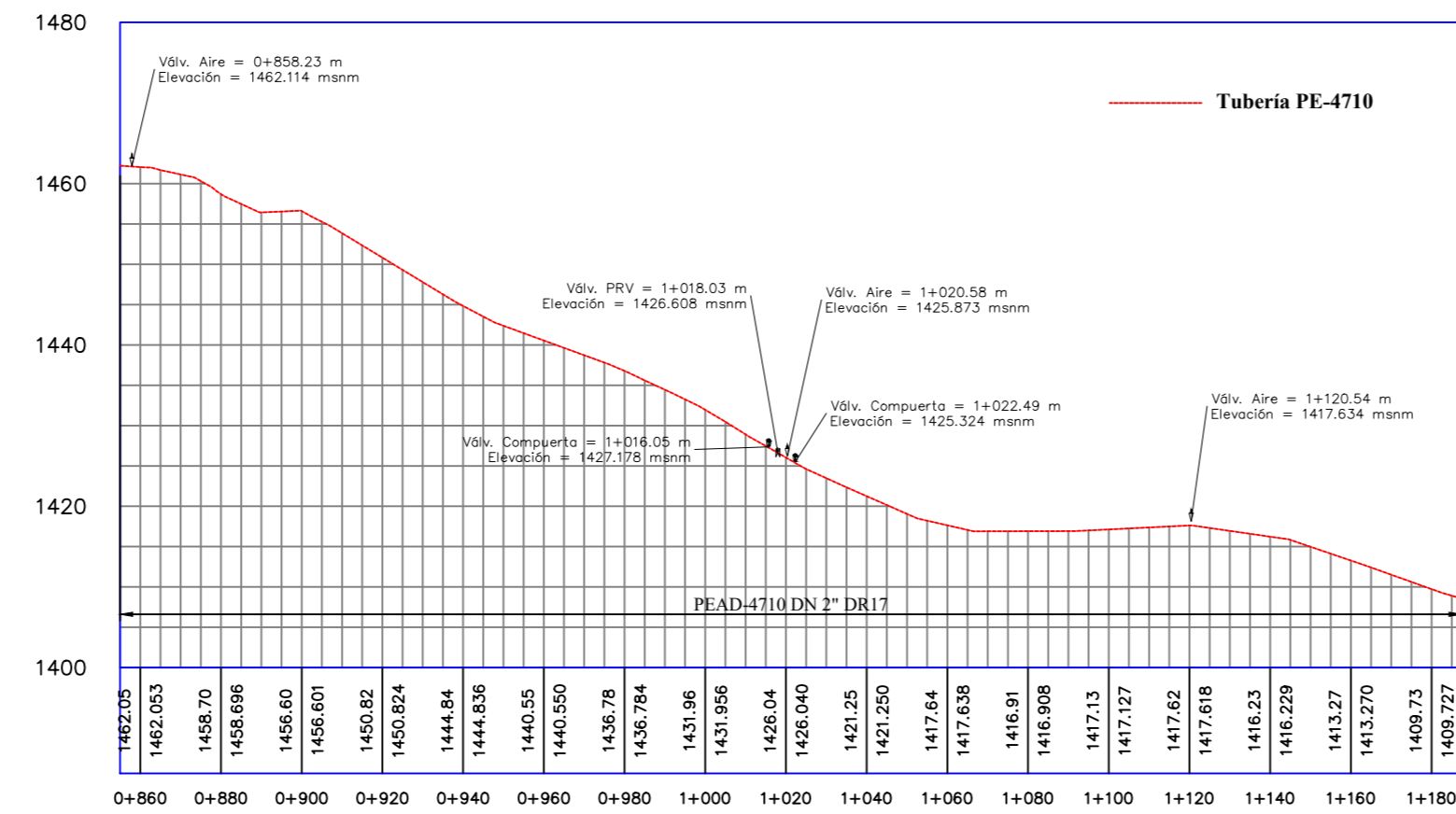
CONTENIDO

Perfil de tubería del Sector Calle Servidumbre.  
Perfil de tubería del Sector Calle El Hoyo.  
Perfil de tubería del Sector Calle Pública.

ESCALA	FECHA	LÁMINA
Indicadas	Junio 2022	2 / 3



Perfil de tubería del Sector Calle La Escuela



Escala Horizontal = 1:1750  
Escala Vertical = 1:3500

Perfil de tubería del Sector Calle La Escuela - Calle La Pacaya

