



**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

*Propuesta de trabajo final de graduación para optar por el grado académico de  
Licenciatura en Ingeniería Civil*

*Modalidad Proyecto*

**PROPUESTA DE ANÁLISIS HIDRÁULICO Y MEJORAMIENTO AL  
ACUEDUCTO LA ESPERANZA DE CÓBANO, UTILIZANDO  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SOFTWARE DE DISEÑO EPANET**

**Autor:**


Jack Arthur Molina Palian

**San Pedro, Montes de Oca**

**06 de mayo, 2023**


## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Propuesta de análisis hidráulica y mejoramiento al acueducto La Esperanza de Cóbano, utilizando información geográfica y software de diseño EPANET, por el (la) estudiante: Molina Palian Jack Arthur, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

**ALBERTO  
GONZALEZ  
SOLERA  
(FIRMA)**  Firmado digitalmente  
por ALBERTO  
GONZALEZ SOLERA  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.05.10  
11:22:14 -06'00'

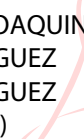
---

Alberto González Solera  
Tutor

**ALLAN ALFONSO  
UMAÑA ORTIZ  
(FIRMA)**  Firmado digitalmente  
por ALLAN ALFONSO  
UMAÑA ORTIZ (FIRMA)  
Fecha: 2023.05.06  
09:38:11 -06'00'

---

Allan Umaña Ortiz  
Lector

**JOSE JOAQUIN  
RODRIGUEZ  
RODRIGUEZ  
(FIRMA)**  Firmado digitalmente  
por JOSE JOAQUIN  
RODRIGUEZ  
RODRIGUEZ (FIRMA)  
Fecha: 2023.05.05  
18:18:42 -06'00'

---

José Joaquín Rodríguez Rodríguez  
Lector

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Jack Arthur Molina Palian estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

Propuesta de análisis hidráulico y mejoramiento al acueducto La Esperanza de Cóbano, utilizando información geográfica y software de diseño Epanet.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en San José, 12 de mayo de 2023

Jack

---

**Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)**

**Universidad Latina de Costa Rica**

<b>Yo (Nosotros):</b>	Jack Arthur Molina Palian.
<b>De la Carrera / Programa:</b>	Licenciatura en Ingeniería Civil.
<b>Modalidad de TFG:</b>	Proyecto.
<b>Titulado:</b>	Propuesta de análisis hidráulico y mejoramiento al acueducto La Esperanza de Cóbano, utilizando información geográfica y software de diseño Epanet.

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el “**AUTOR**”), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la “**OBRA**”). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la “**UNIVERSIDAD**”), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD** **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO**: El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO**: El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO**: El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día 06 de mayo de 2023 a las 17:00

Firma del estudiante(s):

Jack

## **Resumen**

El proyecto final de graduación actual se está llevando a cabo para mostrar el modelo y el análisis de la ASADA La Esperanza de Cóbano en su estado actual, utilizando información geográfica y el programa de diseño Epanet. El objetivo como tal, es mejorar los acueductos en el futuro. Para conseguir esto, es necesario recolectar datos y formar parámetros base para el diseño del modelo. Se realizará un cálculo de balance hidráulico de las zonas para un funcionamiento adecuado de los acueductos, considerando un crecimiento poblacional de 20 años y asegurando un servicio de calidad y cantidad de agua distribuida en ambas zonas.

Además, se tendrán en cuenta los problemas externos como el clima de la zona de estudio y las altitudes del lugar para facilitar información base precisa, por ejemplo, para la colocación de tuberías, tanques, medidores y otros elementos que conforme la red de distribución actual. Este enfoque se mantendrá durante todo el desarrollo del proyecto.

Finalmente, se establecerán parámetros futuros para el mantenimiento de toda la red de distribución, así como para los demás elementos de los acueductos, para certificar su eficiente vida útil.

## **Abstract**

The current final graduation project is being carried out to show the model and analysis of the ASADA La Esperanza de Cóbano in its current state, using geographic information and the Epanet design program. The objective as such is to improve the aqueducts in the future. To achieve this, it is necessary to collect data and form base parameters for the model design. A calculation of the hydraulic balance of the zones will be carried out for an adequate functioning of the aqueducts, considering a population growth of 20 years, and ensuring a quality service and quantity of water distributed in both zones.

In addition, external problems such as the climate of the study area and the altitudes of the place will be taken into account to provide precise base information, for example, for the placement of pipes, tanks, meters, and other elements that make up the current distribution network. This approach will be maintained throughout the development of the project.

Finally, future parameters will be established for the maintenance of the entire distribution network, as well as for the other elements of the aqueducts, to certify their efficient useful life.

## Tabla de contenidos

1. Introducción.....	12
1.1 Antecedentes .....	13
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.3 Objetivo general .....	15
1.4 Objetivos específicos.....	15
1.5 Justificación.....	15
1.6 Alcances y Limitaciones .....	16
1.6.1 Alcances.....	16
1.6.2 Limitaciones .....	17
1.7 Impacto.....	18
1.8 Hipótesis.....	19
2. Fundamentación teórica.....	21
2.1 Recurso hídrico en Costa Rica .....	21
2.2 Importancia del ciclo hidrológico .....	23
2.3 Estimación de poblaciones .....	24
2.4 Consideración básica para el diseño y cálculo .....	24
2.4.1 Topografía .....	25
2.5 Programa Epanet .....	25
2.5.1 Expresión Hazen-Williams.....	27
2.5.2 Metodología Hardy-Cross .....	27
2.6 Sistemas para el suministro de agua potable.....	27
2.6.1 Población de diseño .....	27
2.6.2 Periodos de diseño .....	29
2.6.2.1 Tubería de conducción y distribución.....	29
2.6.2.2 Obras de captación.....	29
2.6.2.3 Tanque de provisión.....	29
2.6.3 Dotaciones .....	29
2.6.5 Prevista .....	30
2.6.6 Demanda máxima .....	30
2.6.7 Velocidad y presión .....	31
2.6.8 Dimensionamiento de tuberías .....	31



2.6.9	Diámetro mínimo.....	32
2.6.10	Macromedidores y micromedición.....	33
2.6.11	Desinfección.....	33
2.7	Componentes del sistema de un acueducto.....	34
2.7.1	Microcuenca.....	34
2.7.2	Captación.....	34
2.7.3	Tuberías.....	34
2.7.4	Válvulas.....	34
2.7.4.1	Válvula de compuerta.....	34
2.7.4.2	Válvula de globo.....	35
2.7.4.3	Válvula de bola.....	36
2.7.4.4	Válvula de mariposa.....	36
2.7.5	Hidrantes.....	37
2.7.6	Tanques de almacenamiento.....	37
2.7.7	Medidores.....	38
2.7.9	Hidrómetros.....	39
2.7.8	Estaciones de bombeo.....	40
3.	Marco metodológico.....	43
3.1	Paradigma, enfoque metodológico y métodos de investigación.....	43
3.2	Categorías de análisis de la investigación.....	44
3.3	Población y muestra, técnicas de muestreo.....	45
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	45
3.5	Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de los datos.....	46
4.	Análisis de resultados.....	48
4.1	Visitas a campo y situación actual de la ASADA.....	48
4.1.1	Tanque de almacenamiento de 50m <sup>3</sup> .....	48
4.1.2	Naciente principal.....	49
4.1.3	Fuentes secundarias.....	50
4.2	Levantamiento topográfico.....	51
4.3	Balance hídrico.....	52
4.4	Análisis de población.....	53
4.5	Dotación.....	54
4.6	Población de la zona de estudio.....	56
4.7	Crecimiento poblacional y obtención de caudales.....	57

4.8 Fuentes de abastecimiento de agua y aforos .....	59
4.9 Resultados de proyecciones .....	60
4.10 Creación del modelo en EPANET .....	61
4.11 Construcción de la infraestructura del modelo.....	63
4.11 Asignación de elevaciones .....	64
4.12 Asignación de demanda .....	65
4.13 Asignación de datos finales del modelo.....	66
4.14 Resultados de modelos.....	67
4.15 Modelo existente sin demanda .....	67
4.15.1 Características de nodos .....	67
4.15.2 Características de tubería.....	68
4.16 Modelo propuesto 2023.....	69
4.16.1 Características de nodos .....	69
4.16.2 Características de tubería.....	70
4.17 Modelo propuesto 2028.....	71
4.17.1 Características de nodos .....	71
4.17.2 Características de tubería.....	72
4.18 Modelo propuesto 2033.....	73
4.18.1 Características de nodos .....	73
4.18.2 Características de tubería.....	74
4.19 Modelo propuesto 2038.....	75
4.19.1 Características de nodos .....	75
4.19.2 Características de tubería.....	76
4.20 Modelo propuesto 2043.....	77
4.20.1 Características de nodos .....	77
4.20.2 Características de tubería.....	78
5. Conclusiones y recomendaciones.....	80
5.1 Conclusiones .....	80
5.2 Recomendaciones.....	81
6. Referencias bibliográficas .....	83
7. Anexos.....	87
8. Glosario .....	112

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Cuencas hidrográficas.....	22
Ilustración 2 Aprovechamiento de agua potable en diferentes campos.....	23
Ilustración 3 Válvula de compuerta.....	35
Ilustración 4 Válvula de globo.....	35
Ilustración 5 Válvula de bola.....	36
Ilustración 6 Válvula de mariposa.....	36
Ilustración 7 Hidrante Costa Rica.....	37
Ilustración 8 Tanque de almacenamiento de agua potable, La Esperanza.....	37
Ilustración 9 Medidor de agua potable.....	38
Ilustración 10 Hidrómetro.....	39
Ilustración 11 Tanque de almacenamiento de agua.....	49
Ilustración 12 Naciente principal.....	49
Ilustración 13 Prevista de naciente #1.....	50
Ilustración 14 Prevista de naciente #2.....	51
Ilustración 15 Levantamiento topográfico en Civil3D.....	52
Ilustración 16 La Esperanza de Cóbano.....	54
Ilustración 17 Gráfico de balance hídrico.....	60
Ilustración 18 Diagrama para modelación de la red.....	62
Ilustración 19 Red de distribución de la ASADA La Esperanza de Cóbano.....	63
Ilustración 20 Elevaciones en Epanet.....	64
Ilustración 21 Demanda de nodos.....	65
Ilustración 22 Modelo Epanet.....	66

## Índice de tablas

Tabla 1 Cálculo de servicio equivalentes según tipo de actividad a desarrollar.....	28
Tabla 2 Coeficientes máximos para Hazen-Williams.....	32
Tabla 3 Categorías de análisis de la investigación.....	44
Tabla 4 Balance hídrico actual.....	53
Tabla 5 Datos de dotación.....	55
Tabla 6 Dotación según medición.....	55
Tabla 7 Servicios equivalentes.....	56
Tabla 8 Población abastecida por el acueducto .....	57
Tabla 9 Población total por sexo, total de viviendas por ocupación y promedio de ocupantes según provincia, cantón y distrito .....	57
Tabla 10 Población y servicio.....	58
Tabla 11 Caudales.....	58
Tabla 12 Fuentes de abastecimiento .....	59
Tabla 13 Proyecciones .....	60
Tabla 14 Características de los nodos modelo existente.....	67
Tabla 15 Características generales de la tubería existente.....	68
Tabla 16 Características generales de los nodos propuesta 2023 .....	69
Tabla 17 Características generales de las tuberías propuesta 2023 .....	70
Tabla 18 Características generales de los nodos propuesta 2028 .....	71
Tabla 19 Características generales de las tuberías propuesta 2028 .....	72
Tabla 20 Características generales de los nodos propuesta 2033 .....	73
Tabla 21 Características generales de las tuberías propuesta 2033 .....	74
Tabla 22 Características generales de los nodos propuesta 2038 .....	75
Tabla 23 Características generales de las tuberías propuesta 2038 .....	76
Tabla 24 Características generales de los nodos propuesta 2043 .....	77
Tabla 25 Características generales de las tuberías propuesta 2043 .....	78
Tabla 26 Precio de tuberías.....	82

## Índice de anexos

Anexo 1 Tabla de censo .....	87
Anexo 2 Detalles constructivos del sistema de distribución.....	88
Anexo 3 Plano general de la red de distribución .....	89
Anexo 4 Lámina 3 parte 1.....	90
Anexo 5 Lámina 4 parte 2.....	91
Anexo 6 Lámina 5 parte 3.....	92
Anexo 7 Lámina 6 parte 4.....	93
Anexo 8 Lámina 7 parte 5.....	94
Anexo 9 Lámina 8: Perfiles .....	95
Anexo 10 Tabla de nodos para modelo existente .....	97
Anexo 11 Tabla de tuberías modelo existente .....	99
Anexo 12 Tabla de nodos para propuesta 2023 .....	101
Anexo 13 Tabla de nodos para propuesta 2028 .....	103
Anexo 14 Tabla de nodos para propuesta 2033 .....	105
Anexo 15 Tabla de nodos para propuesta 2038 .....	107
Anexo 16 Tabla de nodos para propuesta 2043 .....	109
Anexo 17 Tabla de tuberías para propuesta.....	111

## **1. Introducción**

Durante este proyecto se va a realizar un análisis geográfico e hidráulico para el área de La Esperanza de Cóbano, con el fin de presentar un mejoramiento en la zona tomando en cuenta los limitantes que se presentan en el acueducto.

Es importante mencionar el programa (Epanet) con el que se va a trabajar, debido que se utilizará para la implementación de la planificación, el diseño y operaciones que se van a crear en los sistemas de distribución de aguas en el lugar.

Además, una ASADA (Asociación administradora de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales) administra y opera el servicio de abastecimiento de agua para consumo humano y se ocupan del tratamiento de aguas servidas y preparadas en las comunidades. Cada ASADA implementa químicos especificados y se lleva un control cada cierto tiempo para que no haya ningún problema a la hora de llevarlas a nuestros hogares para la purificación de las aguas. Las ASADAS se basan o rigen para la cooperación, aplicación y mantenimiento en tres regulaciones las cuales son: ley constitutiva del AyA, ley de asociaciones y reglamento de la ASADAS.

Para este proyecto, es importante el seguimiento de todos los requisitos generales que son aplicables al sistema de aguas residuales establecidos por la norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial para un mejor cálculo a la hora de realizar y entregar el modelo finalizado con los parámetros necesarios adquiridos por medio de la recolección de datos y también los datos que se incorporarán al software explicado anteriormente para tomar decisiones las finales y tener una mejor confiabilidad de los resultados obtenidos. En esencia, las propuestas aplicadas con dicha norma se formularán de tal forma que llegue a la buena práctica y además cumpliendo con la legislación nacional.

## 1.1 Antecedentes

El análisis en los programas como Epanet, demuestran que son capaces de analizar a una mayor y mejor escala, los sistemas hidráulicos implementados en una comunidad.

En el manual para la ASADAS de nuestro país, se indica que en la década de los años 90 se institucionalizó la figura de las ASADAS, con su respectivo reglamento expresado por el Ministerio de Ambiente y Energía y el Ministerio de Salud (Monge, Paz y Ovares, 2013).

(Monge, 2013) destacó que en el año 1974 se creó el Fondo de Desarrollo Social y de Asignaciones Familiares (FODESAF). Con este fondo, se financió un plan de acueductos que permitió construir cerca de 200 sistemas.

Desde 1995, este programa ha financiado “buena parte del costo de la construcción de acueductos rurales, bajo la modalidad del llamado Programa de Ayuda Comunal, PAC, cuyo objetivo central sigue siendo lograr la participación de las comunidades en la solución de sus propios problemas, mediante su aporte destinado a la construcción, administración y mantenimiento de los acueductos” (Loaiza, 1998, p. 133).

Analizando como se maneja el control del servicio de agua potable en otros países, se tiene en cuenta: la institucionalización del servicio de agua potable en El Salvador el cual tuvo un enorme impulso con la creación de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) en 1961. Este ente centralizó el servicio y significó la participación del Estado en su distribución. Aun así, a través de los años, la ANDA ha brindado sus servicios con distintos niveles de calidad, haciendo que la cobertura de agua potable sea sumamente desigual en este país centroamericano (Fonseca, 2021).

A nivel mundial, los recursos hídricos se renuevan a través del ciclo natural del agua, impulsado principalmente por el clima. Existen diferentes formas de definir y medir la escasez del agua, el más conocido es el agua renovable per cápita anual, donde se utilizan los valores máximos para distinguir entre los diferentes niveles de estrés hídrico (Falkenmark & Widstrand, 1992). Hay que tomar en cuenta que la medición mencionada anteriormente, solo funciona para medir el total de agua que está disponible dependiendo del número de habitantes del país, sin consideraciones de factores que se den localmente.

## 1.2 Planteamiento del problema

El problema reside en los acueductos rurales, debido a la escasez de inspecciones y análisis de una mala distribución en el servicio de agua potable que se distribuye en la zona de La Esperanza de Cóbano. El área total del distrito de Cóbano cuenta con una población de 7494 habitantes según lo registra los datos de censo del INEC.

Es importante destacar que una ASADA (Asociación administradora de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales) administra y opera servicios de abastecimiento de agua para el consumo humano y se ocupa del tratamiento de aguas en las comunidades. Además, las ASADAS ofrecen el saneamiento de las aguas, acciones de protección de recurso hídrico con respecto al mantenimiento del sistema de acueducto y abastecimiento de agua en nuestros hogares.

Debido a lo anteriormente explicado, se determina el problema que presentan las ASADAS en los lugares a analizar (La Esperanza) debido a un incremento de la población, así como el deterioro de cada uno de los elementos que conforman el sistema de acueducto, como: fuentes de abastecimiento, tanque de almacenamiento, sistema de desinfección y tuberías de conducción y distribución del agua. También, debido a que las ASADAS se conforman de pequeñas comunidades, se someten ayudar con abonos para sostener el acueducto, sin embargo, dichos abonos pueden ser bajos para los requerimientos mínimos de mantenimiento, por lo cual es posible que no se dé el mantenimiento adecuado y también las reparaciones a largo plazo. La ASADA en estudio, geográficamente son afectados por el clima y localización de los almacenamientos.

Conociendo el problema, se establecen varias soluciones evaluando las infraestructuras presentes en dichos lugares, para obtener una verificación del rendimiento que presenta el acueducto y diseñar un análisis hidráulico y así llegando a un mejoramiento del sistema de acueducto en ambas zonas. Además, utilizando información geográfica del lugar, se establecerá un mejor rendimiento del sistema de tuberías, almacenamiento y abastecimiento de agua potable para la población e inclusive mejorar la calidad del agua; implícitamente una mejor sostenibilidad de mantenimiento a largo plazo.

Estando al tanto de lo anteriormente mencionado, llegamos a la siguiente pregunta: ¿Cuál será la optimización apropiada para un mejor funcionamiento de la ASADA la Esperanza de Cóbano?



### **1.3 Objetivo general**

Elaborar una propuesta para el mejoramiento del acueducto de La Esperanza de Cóbano por medio de un análisis hidráulico, utilizando la información geográfica de la zona y software de diseño Epanet con el fin de solventar los problemas actuales que tiene la red de distribución.

### **1.4 Objetivos específicos**

1. Diseñar un modelo hidráulico del estudio en la zona geográfica de La Esperanza de Cóbano.
2. Validar el buen funcionamiento a largo plazo del proyecto a diseñar.
3. Identificar los problemas de los acueductos para fomentar su máximo desempeño.
4. Describir geográficamente el estado actual del acueducto, tanto en su geografía como a nivel del desempeño de servicio e infraestructura.
5. Verificar el cumplimiento mínimo de los requisitos para una buena calidad de servicio del acueducto.

### **1.5 Justificación**

En general, las ASADAS ayudan a la distribución de agua potable a nuestros hogares y es de suma importancia ya que todas las personas vivimos de ello, por lo que la calidad y la eficiencia de que llegue el agua a nuestros hogares es vital que siempre este presente y lista cuando la necesitemos, por otra parte, es importante determinar la disponibilidad del recurso hídrico; si no fuera el caso de inspeccionar dicho recurso, el desarrollo económico y social de la zona se vería afectado, lo que lleva a costos de inversión más altos en un futuro.

Actualmente, la ASADA en estudio reconocen que la infraestructura presenta deficiencias en varias partes, por lo que es importante realizar una propuesta para su mejoramiento y mejor funcionalidad. También, es significativo mejorar la continuidad, calidad y cantidad del agua potable que estén recibiendo las personas en la zona para no afectar con la salud de la población influenciada en el área de estudio.

Una de las razones principales para realizar este proyecto es la necesidad que presenta los

acueductos de mejorar su sistema hidráulico en el país; este proyecto aspira a diseñar y crear un modelo que respalde el medio hidráulico que actualmente se utiliza a diario.

Otra razón para crear esta propuesta es porque este proyecto busca optimizar de manera precisa todas las funcionalidades hidráulicas que se presentan en dichos acueductos. Todas las personas de las zonas en estudio se beneficiarían aparte de la propia ASADA como tal, si se implementara dicho proyecto.

Por último, es importante realizar este proyecto, ya que, en la ASADA en estudio, geográficamente se encuentra en altitudes bajas debido a que se ubican cerca del mar y también presentan climas con temperaturas muy altas lo cual perjudica a la infraestructura del sistema del acueducto por medio de deterioro continuo y alto mantenimiento, lo cual eleva los precios en mano de obra para sostener el sistema y brindar un servicio limitado debido a los gastos que se pueden optimizar y resolver; por lo que se pretende investigar a fondo y proponer formas para erradicar lo anteriormente mencionado y diseñar un sistema que se pueda mantener duradero durante el tiempo utilizando materiales de buena calidad pensado para dichos climas.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

### **1.6.1 Alcances**

1. Se realizará una inspección de la zona para la recolección de datos hidráulicos.
2. Se elaborará un modelo hidráulico utilizando el software Epanet.
3. Se investigará sobre la zona geográfica que presenta la zona de La Esperanza de Cóbano para una mejor ubicación de tuberías.
4. Se diseñará un modelo el cual no afecte el crecimiento de la población durante un periodo de 20 años.
5. Se analizará y se generará una recolección de datos exhaustiva para conseguir la mayor cantidad de antecedentes y realizar un proyecto adecuado a la situación actual del acueducto.
6. Se buscarán soluciones para una mejor optimización del funcionamiento hidráulico generando un mejor comportamiento del servicio de agua potable brindado a la población de La Esperanza de Cóbano.

## **1.6.2 Limitaciones**

1. No se cuenta con topografía detallada.
2. Se desconocen el estado de todas las tuberías para el abastecimiento de agua.
3. La economía de la ASADA no presenta un financiamiento adecuado para el propuesto sistema de acueducto en forma inmediata.
4. No existen ningún tipo de planos constructivos del acueducto.

## **1.7 Impacto**

Lo que pretende hacer este proyecto es hacer que el acueducto de La Esperanza de Cóbano note un cambio significativo en su infraestructura y la funcionalidad óptima que debería tener para tanto el incremento constante de la población en la zona como el mantenimiento que sea necesario para una mejor calidad de agua consumida por el ser humano. Además, con esta propuesta actuará de forma positiva hacia la zona debido a que se darán u ofrecerán empleos para la construcción del nuevo sistema.

A nivel económico, la zona obtendrá ciertas formas nuevas y sostenibles de recibir más cantidad de ingresos por los diferentes trabajos que se darán y futuros trabajos el cual se necesitará el uso de agua, además a nivel social como la población incrementará en un futuro pues beneficiará a la futura población que se auxiliará con el recurso.

A nivel ambiental siempre es beneficioso el contar con el servicio de agua potable de forma inmediata para cualquier causa que ocurra y poder recurrir a un servicio tan importante como lo es el agua, el cual es de suma importancia realizar este proyecto para obtener mejor estancia y un excelente sostenimiento ambiental.

## **1.8 Hipótesis**

Esta propuesta de trabajo final de graduación no cuenta con una hipótesis debido a que se presentará con una modalidad de proyecto.

# **Capítulo I**

## **Fundamentación teórica**

## **2. Fundamentación teórica**

Es importante mencionar que, para este proyecto se fundamentará teóricamente todos los factores de cálculos relacionados con la investigación a partir de la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial y la norma técnica de AYA para emitir aval técnico para el aprovechamiento de agua para consumo humano en inmuebles que integran el patrimonio natural del estado. Cabe destacar que dichas normas presentan de manera detallada cualquier tipo de cálculo necesario para realizar el proyecto y presenta una gran base para el diseño o modelo que se pretende realizar para el futuro de la ASADA de La Esperanza de Cóbano.

### **2.1 Recurso hídrico en Costa Rica**

Costa Rica cuenta con una dotación privilegiada de agua. Tiene una precipitación aproximada de 110 km<sup>3</sup> anuales de agua, que permite al país abastecer a la población, la industria y la agricultura, así como también generar hidroelectricidad y conservar ecosistemas. De este total, unos 73 km<sup>3</sup> corresponden a la escorrentía superficial y aproximadamente 37 km<sup>3</sup> a la recarga de acuíferos (MINAET, 2008).

La disponibilidad media de agua varía considerablemente en las diferentes cuencas del país, mientras que, por otra parte, el agua disponible en el país no siempre está al alcance de sus habitantes debido a la distribución natural de la lluvia en el espacio y en el tiempo, y a las debilidades en la gestión del recurso. (Alcantarillados A. y., 2017)

En la siguiente imagen se presentan una distribución geográfica de 34 cuencas hidrográficas:

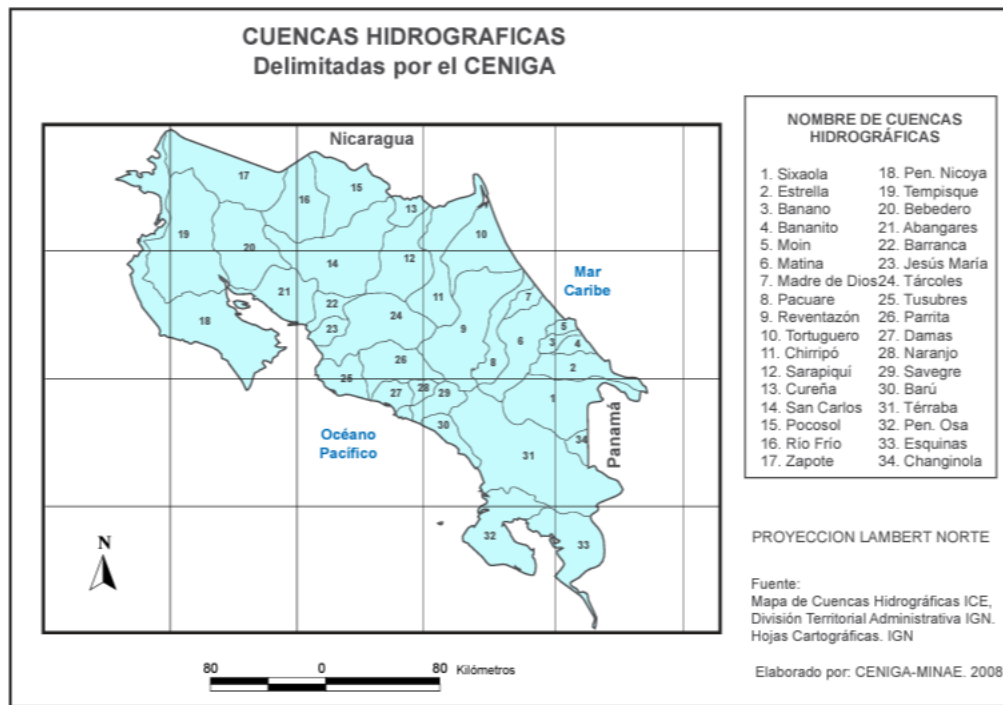


Ilustración 1 Cuencas hidrográficas

Fuente: MINAE.

La orografía del país ha permitido una alta disponibilidad del recurso hídrico, ya sea mediante el uso de las fuentes superficiales o a través de las fuentes subterráneas, dando mayores oportunidades de aprovechamiento para sus distintos usos. (Alcantarillados A. y., 2017)

Al respecto, Costa Rica ha sido mundialmente reconocida por ser un país amante de su naturaleza, amigable con el ambiente, protector de su flora y fauna. No obstante, la contaminación de sus ríos y acuíferos, sequías, racionamientos y recientes conflictos por el uso del recurso hídrico, son una llamada de atención sobre la urgente necesidad de lograr acciones efectivas en el ordenamiento territorial, definición de responsabilidades institucionales, inversión en obras de infraestructura y políticas públicas que permitan garantizar el acceso equitativo del recurso hídrico para todos los habitantes del país, priorizando el derecho humano de acceso al agua potable. (Alcantarillados A. y., 2017)



<b>Actividad</b>	<b>Aprovechamiento</b>
Consumo humano	22 %
Agropecuario	21 %
Agroindustrial	19 %
Industrial	13 %
Comercial	0 %
Riego	10 %
Turismo	8 %

Ilustración 2 Aprovechamiento de agua potable en diferentes campos

Fuente: Informe gestión del recurso hídrico y saneamiento en Costa Rica.

El acceso al recurso hídrico para consumo humano debe ser un tema central de toda discusión y análisis. Por este motivo, resulta estratégico crear mecanismos de diálogo y acuerdos entre los diferentes sectores para consensuar estrategias que encaminen la sostenibilidad y disposición del recurso hídrico, priorizando su acción en favor de la salud, calidad de vida y desarrollo para todos los habitantes. (Alcantarillados A. y., 2017)

## **2.2 Importancia del ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico es un proceso esencial que ocurre en todos los cuerpos de agua del mundo, incluyendo aquellos en Costa Rica. Este ciclo incluye la evaporación del agua de la superficie de los cuerpos de agua, la formación de nubes, la precipitación de la lluvia, la infiltración del agua en el suelo, la recarga de los acuíferos, y la escorrentía hacia los cuerpos de agua, lo que cierra el ciclo.

En Costa Rica, el ciclo hidrológico es fundamental para la vida y el desarrollo del país, y

es por esto por lo que se han establecido varias instituciones encargadas de su gestión y monitoreo. Por ejemplo, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) es responsable de proveer servicios de agua potable y saneamiento básico en todo el país, mientras que el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) es la entidad encargada de la gestión y protección de las áreas naturales protegidas en Costa Rica.

Además, el Sistema Nacional de Monitoreo de Aguas (SNMA) realiza mediciones periódicas de los ríos, lagos y acuíferos del país, proporcionando información valiosa sobre el ciclo hidrológico y la cantidad de agua disponible en los cuerpos de agua. Por último, el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) es responsable de la gestión y administración de las aguas subterráneas en Costa Rica, lo que incluye la regulación del uso de los acuíferos y la supervisión de los pozos y sistemas de riego. La comprensión del ciclo hidrológico en Costa Rica es esencial para el desarrollo sostenible del país y para garantizar la disponibilidad de agua para todos los ciudadanos.

### **2.3 Estimación de poblaciones**

Para este proyecto de investigación se utilizarán los datos del censo que se realizó durante el 2011 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Costa Rica. El INEC recopiló datos a través de una encuesta exhaustiva a nivel nacional, que abarcó una amplia gama de temas, desde la composición demográfica hasta las condiciones de vida de la población. Los datos proporcionados por el INEC fueron esenciales para este proyecto, ya que me permitieron analizar y comparar las diferentes variables en el tiempo, así como identificar tendencias en la población. Además, los datos recopilados por el INEC son reconocidos por su precisión y confiabilidad, lo que me permite tener una base sólida para mi análisis y conclusiones.

### **2.4 Consideración básica para el diseño y cálculo**

Una de las consideraciones más importantes a la hora de realizar el diseño y los cálculos de los sistemas de alcantarillados hay que tomar en cuenta el siguiente miramiento:

### **2.4.1 Topografía**

La circulación del agua debe ser por gravedad y las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno.

### **2.5 Programa Epanet**

Según EPA (United States Environmental Protection Agency) “EPANET es una aplicación de software utilizada en todo el mundo para modelar sistemas de distribución de agua. Fue desarrollado como una herramienta para comprender el movimiento y el destino de los componentes del agua potable dentro de los sistemas de distribución y se puede utilizar para muchos tipos diferentes de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución. Hoy en día, los ingenieros y consultores utilizan EPANET para diseñar y dimensionar nueva infraestructura de agua, modernizar la infraestructura obsoleta existente, optimizar las operaciones de tanques y bombas, reducir el uso de energía, investigar problemas de calidad del agua y prepararse para emergencias. También se puede utilizar para modelar amenazas de contaminación y evaluar la resiliencia ante amenazas de seguridad o desastres naturales.”

También indican que “EPANET es un software de dominio público que se puede copiar y distribuir libremente. Es un programa basado en Windows® que funcionará con todas las versiones de Windows. El desarrollo continuo y las correcciones de errores se están produciendo en un sitio de proyecto de código abierto en GitHub. Los errores de software y las solicitudes de funciones se (EPA, 2023) pueden informar en el sitio como problemas, y la información está disponible para aquellos interesados en contribuir con el código y/o ver el plan de garantía de calidad, las pautas para colaboradores, la hoja de ruta de desarrollo de software, el conjunto de pruebas automatizadas y otra información.” Básicamente nos explican que el software en sí es un programa para todas las personas y completamente libre de copyright (EPA, 2023).

Con EPANET, los usuarios pueden realizar simulaciones de largo plazo del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua dentro de las redes de tuberías presurizadas, que consisten en tuberías, nodos (uniones), bombas, válvulas, tanques de almacenamiento y reservorios. Se puede usar para rastrear el flujo de agua en cada tubería, la presión en cada nodo, la altura del agua en cada tanque, una concentración química, la edad del agua y el origen del

rastreo en toda la red durante un período de simulación.

La interfaz de usuario de EPANET proporciona un editor visual de redes que simplifica el proceso de construcción de modelos de redes de tuberías y la edición de sus propiedades y datos. Se utilizan varias herramientas de informes y visualización de datos para ayudar a interpretar los resultados de un análisis de red, incluidos mapas de red codificados por colores, tablas de datos, uso de energía, reacción, calibración, gráficos de series temporales y gráficos de perfil y contorno. (EPA, 2023).

Dentro de las capacidades que nos presenta este programa, tenemos también algunas importantes para el modelado específicamente el hidráulico, ya que abarca también otros campos como lo pueden ser la calidad del agua; como lo pueden ser las capacidades de:

- Capacidad para utilizar demandas dependientes de la presión en análisis hidráulicos.
- Operación del sistema basada tanto en controles simples de nivel de tanque o temporizador como en controles complejos basados en reglas.
- No hay límite en el tamaño de la red que se puede analizar.
- Calcula la pérdida de carga por fricción utilizando las fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- Incluye pérdidas de carga menores por codos, accesorios, etc.
- Modelos bombas de velocidad constante o variable.
- Calcula la energía y el costo de bombeo.
- Modela varios tipos de válvulas, incluidas las de cierre, retención, regulación de presión y control de flujo.
- Permite que los tanques de almacenamiento tengan cualquier forma (es decir, el diámetro puede variar con la altura).
- Considera múltiples categorías de demanda en los nodos, cada una con su propio patrón de variación de tiempo.
- Modela el flujo dependiente de la presión que sale de los emisores (rociadores).
- Proporciona resultados sólidos para convergencia hidráulica y condiciones de flujo bajo/cero.

Estas capacidades del programa anteriormente mencionadas fueron brindadas (EPA, 2023).

### **2.5.1 Expresión Hazen-Williams**

La fórmula proviene del resultado de un enorme análisis estadístico de datos experimentales. Hay que tomar en cuenta el comportamiento de las variables que son involucradas en el flujo de agua por tuberías de cualquier material y que no sobrepasen los diámetros dentro del rango (0,05m a 3,50m).

### **2.5.2 Metodología Hardy-Cross**

Este método de prueba y error utiliza la expresión de Hazen-Williams para estimar las pérdidas de presión en las tuberías de una red. Se supone que la configuración de la red está dada y no se modificará como los materiales, diámetros y longitudes de la tubería son constantes (Jorge, 2003).

El algoritmo requiere la introducción de caudales iniciales, y balancea iterativamente la red hasta minimizar las diferencias de presión en cada anillo (Jorge, 2003).

## **2.6 Sistemas para el suministro de agua potable**

### **2.6.1 Población de diseño**

La población mínima de diseño se calcula por medio del número de unidades que se contempla en el proyecto multiplicado por un factor de hacinamiento el cual contribuye o va de la mano con el valor que se obtiene a partir del último registro de la población.

Para conseguir la población que corresponde a las unidades que no pertenecen a las habitacionales, se debe aplicar los valores que son detallados en la tabla que se va a presentar seguidamente; el cual determina la equivalencia con el consumo de una unidad habitacional, esto para estimar u obtener el parámetro de la población y el consumo en los proyectos en el cual la actividad esencial va dependiendo de si es industrial, comercial, entre otro tipo de actividades.

Tabla 1 Cálculo de servicio equivalentes según tipo de actividad a desarrollar

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Tipo de actividad del nuevo desarrollo	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE) *
oficinas administrativas y bancarias (industrial, general) o	(incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidades de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 5000 Unidades de Cálculo
Centros de recreación, turísticos o club campestre.	Metro cuadrado de área de parcela o predio  (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo
Hoteles, Moteles	Habitación	Un servicio Equivalente por cada 3 Unidades de Cálculo
Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	Estudiante	Un servicio Equivalente por cada 25 Unidades de Cálculo
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio  (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidad de Cálculo
Restaurantes, sodas Bares y similares	Metro cuadrado de área de parcela o predio.  (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 100 Unidad de Cálculo
Locales comerciales, Centros comerciales,	Metro cuadrado de área de parcela o predio	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo

## **2.6.2 Periodos de diseño**

### **2.6.2.1 Tubería de conducción y distribución**

Para líneas de conducción el periodo estimado por la norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial dicta es de 25 años. Por consiguiente, para líneas de distribución se establece un periodo de 20 años.

### **2.6.2.2 Obras de captación**

Para el cálculo del caudal que uno requiera para el proyecto a partir de la toma de agua ya sea en río o quebrada, incluyendo la estructura que es diseñada para retener la arena que se tienen las aguas servidas o las aguas superficiales y también para el caudal de una captación de nacimiento aproximadamente de 25 a 50 años, el valor obtenido va a depender del caudal de las aguas versus el caudal de diseño según su capacidad y las regulaciones que sean aportadas por la legislación en el momento presente.

### **2.6.2.3 Tanque de provisión**

Con respecto a los tanques de almacenamiento se establece un periodo de 25 años, en caso de que la zona del proyecto no sea un lugar urbanístico, es obligatorio dejar un espacio previo a la construcción de otro tanque que sea similar.

## **2.6.3 Dotaciones**

Establecer la cantidad de agua (caudal en litros por segundo) requerida por unidad de producción o necesidad, para cada una de las actividades humanas; que sirva de base para la evaluación técnica de necesidades y resolver sobre las solicitudes de asignación de caudal en las concesiones e inscripciones (Ministerio del Ambiente y Energía,2022).

La dotación en general es el consumo individual diario promedio de la población en la zona de estudio. Para poder realizar el diseño de todo el sistema de abastecimiento se necesitan aplicar las

siguientes dotaciones brutas:

Para el caso de que no existan datos reales de los patrones de consumo y demandas en la localidad en estudio, se conviene manejar los siguientes valores mínimos:

- A. Poblaciones rurales: 200 l/p/d
- B. Poblaciones costeras: 375 l/p/d
- C. Poblaciones urbanas: 300 l/p/d
- D. Área metropolitana: 375 l/p/d

Por otro lado, según los datos de patrones de consumo y demandas de la zona de estudio, si los mismos se tienen a disposición del diseñador.

### **2.6.5 Prevista**

La prevista para un domicilio debe de andar con una tubería de 12 mm y 13 mm de diámetro, de no ser así se requerirá de un análisis y posteriormente una memoria de calculo que lo explique de forma detallada.

### **2.6.6 Demanda máxima**

Hay que tomar en cuenta 2 factores para el diseño de un sistema de abastecimiento:

- A. El caudal máximo diario es igual a 1,2 veces el caudal promedio diario (FMD).
- B. El caudal máximo horario es igual a 1,8 veces el caudal máximo diario (FMH).

Todo esto se puede usar dependiendo de la necesidad en la siguiente expresión:

$$QMD = QPD \cdot FMD$$



Donde:

*QPD*: Caudal promedio diario

*QMD*: Caudal máximo diario

*FMD*: Factor máximo diario

### **2.6.7 Velocidad y presión**

Con respecto a la velocidad para una red de distribución de agua potable es de 3 m/s. Para la presión en el punto más bajo será de 50 mca (metros columna de agua), sin embargo, para puntos aislados la presión permitida hasta 70 mca (metros columna de agua).

### **2.6.8 Dimensionamiento de tuberías**

Es importante establecer el dimensionamiento de las tuberías a partir de las fórmulas Hazen-Williams, a continuación se presenta una tabla donde se muestran los coeficientes máximos para la fórmula Hazen-Williams según el material que se decida usar para las tuberías:

Tabla 2 Coeficientes máximos para Hazen-Williams

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y

Material	Valor máximo de C (Adimensional)
Poliétileno de Alta Densidad (PEAD)	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	130
Concreto	120 - 140
Hierro galvanizado	120
Hierro dúctil	120
Hierro fundido <sup>a</sup>	130
Hierro fundido (10 años de edad)	107 - 113
Hierro fundido (20 años de edad)	89 - 100
Hierro fundido (30 años de edad)	75 - 90
Hierro fundido (40 años de edad)	64 - 83
Acero	130
Acero <sup>a</sup>	140 - 150
Acero rolado	110
Cobre	130 - 140

### 2.6.9 Diámetro mínimo

Cuando el diámetro nominal de la tubería a la cual se interconectará la nueva red del proyecto es de 100 mm o menos, el diámetro nominal mínimo de la tubería de interconexión del hidrante debe ser de 100 mm. Cuando el diámetro nominal de la tubería a la cual se interconectará la nueva red del proyecto es igual o mayor a 150 mm, la interconexión del hidrante debe ser de 150 mm. Se acepta un diámetro de 75 mm en sitios de desarrollo limitados, tales como rotondas y martillos, únicamente cuando en ese tramo no se instale un hidrante. En líneas de conducción y de aducción, el diámetro mínimo de la tubería será el que determine el cálculo hidráulico. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo según el diámetro nominal seleccionado (Instituto Costarricense de Aguas y Alcantarillados).

### **2.6.10 Macromedidores y micromedición**

Las macromediciones son un tipo de medición a gran escala que se realiza en sistemas de distribución de agua potable y aguas residuales. Las macromediciones permiten obtener una visión general del funcionamiento del sistema y detectar posibles fugas, pérdidas o errores en el sistema. La información recopilada a través de las macromediciones puede ser analizada para evaluar el rendimiento del sistema, identificar áreas de mejora y tomar medidas para reducir el consumo de agua y mejorar la eficiencia energética.

Con respecto a la micromedición, es completamente obligatorio el uso de medidores en cualquier servicio del acueducto sin importar el nivel de complejidad.

La micromedición es un proceso de medición de agua que utiliza dispositivos de alta precisión para registrar el consumo de agua al instante. La micromedición permite una monitorización continua del consumo de agua ya que, brinda una mayor precisión y eficiencia en la gestión del agua, y ayuda a reducir las pérdidas en la red de distribución.

La implementación de sistemas de micromedición también es una estrategia clave para mejorar la sostenibilidad en la gestión del agua. Al permitir una gestión más eficiente del recurso hídrico, se pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y los costos asociados con la producción y distribución de agua potable. La micromedición se ha convertido en una herramienta esencial para la gestión eficiente del agua en todo el mundo.

Sin embargo, la implementación de sistemas de micromedición también puede presentar desafíos. La instalación de los equipos de micromedición requiere una inversión inicial característica, y la calibración y mantenimiento de estos aparatos puede resultar costosa y compleja. Además, se requiere una formación adecuada del personal encargado de la instalación y mantenimiento de los equipos de micromedición para garantizar su correcta labor.

### **2.6.11 Desinfección**

Es muy importante pasar por este proceso siempre, sin importar cualquier percance en el camino para establecer su potabilización y entregar de manera inmediata. La medicación más común es por cloración, el cual se determina el porcentaje de concentración aplicada al agua para eliminar y filtrar de la manera más óptima.

## **2.7 Componentes del sistema de un acueducto**

### **2.7.1 Microcuenca**

Es la fuente de abastecimiento que posea la zona, por consiguiente, se consiguen de ríos, lagos u otras fuentes naturales o inclusive creadas por el ser humano.

### **2.7.2 Captación**

En la zona de estudio que se está analizando, la captación de agua se realiza principalmente a través de pozos. Es importante realizar una gestión adecuada de los recursos hídricos para asegurar su disponibilidad a largo plazo y así poder minimizar los impactos negativos que se proporcionen a las comunidades.

### **2.7.3 Tuberías**

Es el elemento o componente más importante ya que se encarga de transportar todas las aguas a cualquier lugar; se encuentran acopladas a una red de distribución por medio de otro tipo de conexiones. Existen diferentes tipos de material con el que están hechas estas tuberías, por ejemplo: tuberías de hierro, tuberías de plástico, tuberías de PVC, tuberías de polipropileno, entre otras menos utilizadas.

### **2.7.4 Válvulas**

Es un utensilio o aparato de regulación del agua que pasa por las tuberías, ya que sin ellas no se mantendrían un control del agua y las presiones que provoca el agua por las tuberías van dependiendo de la topografía y el uso adecuado que requiere el agua para su transportación. Existen diferentes tipos de válvulas, entre ellas las más utilizadas son:

#### **2.7.4.1 Válvula de compuerta**

Es una válvula cuya función es iniciar o detener el flujo de agua; se abre y se cierra como su nombre lo dice, en forma de compuerta, de arriba hacia abajo. Posee una desventaja el cual no es adecuada para regular el caudal debido a que cuando se abre la compuerta se somete a vibraciones.



Ilustración 3 Válvula de compuerta

Fuente: Tecnoval, 2023

#### 2.7.4.2 Válvula de globo

Válvula que se utiliza para detener, iniciar o regular al flujo del fluido. Al vástago de la válvula dependiendo de para qué se utilice, puede tener distintas posiciones o formas de construcción del vástago.



Ilustración 4 Válvula de globo

Fuente: Tecnoval, 2023

### 2.7.4.3 Válvula de bola

Válvula de movimiento de rotación muy rápida, con un tapón que tienen forma de esfera pero que posee un orificio por donde pasa el agua o el flujo de cualquier sustancia o gas. Estas válvulas solo se utilizan para iniciar y detener el flujo.



Ilustración 5 Válvula de bola

Fuente: Tecnoval, 2023

### 2.7.4.4 Válvula de mariposa

El movimiento de esta válvula es rotativo. Son muy eficaces para la regulación grandes cantidades de líquidos o gas que pase por las tuberías y que no posean tanta presión de caudal.



Ilustración 6 Válvula de mariposa

Fuente: Tecnoval, 2023

### 2.7.5 Hidrantes

Son equipos imprescindibles para la suministración de agua en caso de que un incendio ocurra. Los hidrantes usualmente se colocan en la red de abastecimiento de agua y además son establecidas para el uso de bomberos en las partes exteriores de edificios. Existen dos tipos de hidrantes: hidrantes de columna seca o húmeda o hidrantes bajo tierra.



Ilustración 7 Hidrante Costa Rica

Fuente: El mundo, 2017

### 2.7.6 Tanques de almacenamiento

Estos tanques son capaces de almacenar masivas cantidades de agua para mantener una reserva que pueda abastecer a toda una comunidad y estipular cumplir con la demanda de la población con la situación que esté ocurriendo en el momento.



Ilustración 8 Tanque de almacenamiento de agua potable, La Esperanza

Fuente: Fuente propia

### 2.7.7 Medidores

En Costa Rica, los medidores de agua son un elemento fundamental en la gestión de los recursos hídricos. Estos dispositivos se utilizan para medir la cantidad de agua que se consume en hogares, empresas e industrias, lo que es fundamental para asegurar un uso responsable del agua y garantizar la sostenibilidad de este recurso natural.

Los medidores de agua se instalan en la tubería principal que suministra agua a la propiedad y registran el volumen de agua que fluye a través de ellos. Estos dispositivos se pueden encontrar en diferentes tipos y tamaños, dependiendo de la demanda de agua de cada propiedad. Por ejemplo, en hogares se utilizan medidores de agua de menor tamaño, mientras que en empresas e industrias se utilizan medidores de mayor capacidad.

La medición del consumo de agua es importante ya que permite que las empresas proveedoras de agua calculen las facturas de los usuarios y garanticen un uso responsable del agua. Además, el uso de medidores de agua es obligatorio en Costa Rica según la Ley de Agua Potable y Saneamiento, lo que garantiza que todos los usuarios de agua contribuyan equitativamente al costo del suministro de agua y tratamiento de aguas residuales.

Además, los medidores de agua también son una herramienta importante en la detección de fugas y desperdicios de agua en las tuberías. Una fuga en una tubería puede causar un gran desperdicio de agua y aumentar significativamente el costo de la factura de agua. Los medidores de agua pueden detectar fugas y alertar a los usuarios para que las reparen lo antes posible, lo que ayuda a ahorrar agua y reducir el costo de las facturas.



Ilustración 9 Medidor de agua potable

Fuente: Fuente propia



### 2.7.9 Hidrómetros

Según el Instituto costarricense de acueductos y alcantarillados (2017) indica que: “Toda conexión debe estar dotada de su correspondiente medidor. Los hidrómetros y las cajas que se seleccionen deben cumplir con la norma AR-HSA- 2008 (Hidrómetros para el servicio de acueducto), emitida por ARESEP en su versión vigente. Se acepta que los hidrómetros se coloquen de forma vertical u horizontal, en ambos casos dentro de una caja de protección, construida en línea con el límite de la propiedad con acceso a la vía pública”.

Básicamente lo que nos da a entender es que el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) es la entidad responsable de regular el suministro de agua potable y alcantarillado en Costa Rica, por lo que, según la normativa correspondiente, los hidrómetros y las cajas que se seleccionen para la conexión deben cumplir con la norma AR-HSA-2008 emitida por ARESEP, establece las especificaciones técnicas para los hidrómetros utilizados en el servicio de acueducto. Esta norma establece los requisitos técnicos y de calidad que deben cumplir los hidrómetros para garantizar la precisión de las mediciones de consumo de agua.

También se indica que se acepta la colocación de los hidrómetros de forma vertical u horizontal dentro de una caja de protección. Esta caja debe construirse en línea con el límite de la propiedad y tener acceso a la vía pública para facilitar el acceso y la lectura del medidor. Estas regulaciones son importantes para garantizar la eficiente operación y mantenimiento del sistema de suministro de agua potable y para asegurar que los consumidores paguen de manera justa por el consumo de agua.



Ilustración 10 Hidrómetro

Fuente: RQL, 2023

### **2.7.8 Estaciones de bombeo**

Son estructuras que tienen como objetivo impulsar el agua una hacia una red de distribución. Una estación de bombeo puede ser una solución para repartir el líquido por toda una gran amplitud. Existen diferentes tipos de bombeo:

#### **A. Sistemas de bombeo centrífugo**

Cuando se habla de un sistema de bombeo centrífugo, estamos ante una bomba hidráulica que será responsable de transformar la energía mecánica del impulsor en energía cinética que será necesaria para ejercer presión sobre el líquido.

Los sistemas de bombeo centrífugo suelen estar formados por un impulsor giratorio que está conectado a un eje. Este eje se encuentra también conectado a una fuente de energía. Gracias a este impulsor se va aumentando la velocidad del agua, facilitando que el agua se descargue por la tubería. Está diseñada para disminuir el caudal del agua y hacer que su velocidad se convierta en presión.

Son sistemas de bombeo que se suelen usar para generar corrientes y facilitar que fluya el agua. Algunas de las industrias en las que suele usarse este tipo de bomba son la química, alimentaria y la industria cosmética (Vacca Engineering, 2020).

#### **B. Sistemas de bombeo sumergible**

Para conocer qué son los sistemas de bombeo hay que tener en cuenta que hay sistemas de bombeo sumergible. Estos sistemas de bombeo son muy adecuados para el vaciado de piscinas, de pozos o de grandes depósitos de agua.

Son sistemas que para utilizarlos se sumergen en el líquido y llevan un sistema eléctrico que está protegido para no filtrar el agua. Cuando decides usar este tipo de bombas de agua tienes que analizar cuál es el caudal máximo que puede generar, cuál es la longitud de la cuerda y la profundidad máxima que puede alcanzar la bomba.

Son sistemas de bombeo que pueden generar una gran fuerza para hacer subir el agua debido a que no dependen de la presión del aire del exterior. Son muchos usos los que pueden aplicarse cuando se usa este tipo de sistemas de bombeo.

En los ámbitos en los que se usan más habitualmente son en el suministro de aguas subterráneas, la irrigación en tareas del sector agrícola, extracción de aguas subterráneas, entre otras (Vacca Engineering, 2020).

### C. Sistemas de bombeo solar

Dentro de los tipos de sistema de bombeo hay un tercer sistema que es el sistema de bombeo solar. Este tipo de sistemas de bombeo se caracteriza porque son sistemas que funcionan gracias a la acción del calor del sol.

Son sistemas sostenibles porque no consumen de otras fuentes de energía y solo consumen energía procedente del sol. Estos sistemas suelen contar con un sistema de paneles solares que captan la energía del sol y la convierten en energía eléctrica.

Esta energía se suministra a la bomba para que pueda funcionar. Son sistemas que tienen una gran popularidad en las diferentes industrias porque son sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

Son sistemas muy empleados en procesos como el riego de jardines y se suele usar en áreas en las que por diferentes razones no hay electricidad. En este tipo de sistemas de bombeo puedes encontrar desde sistemas muy sencillos que permiten regar pequeños estanques hasta sistemas mucho más complejos que permitirán desarrollar otras funciones como el riego automático con GPS (Vacca Engineering, 2020).

# **Capítulo II**

## **Marco Metodológico**

### **3. Marco metodológico**

#### **3.1 Paradigma, enfoque metodológico y métodos de investigación**

Es importante destacar y tener en cuenta que el agua potable en la población es importante para el uso diario de las personas y que se necesita generar o crear un aporte necesario para aquellas personas que tiene una limitante de ella ya sea por la cantidad que obtienen o la calidad que el agua presenta en sus hogares por lo tanto se emplea generar un mejoramiento para el beneficio de las personas que abunda o que controla el acueducto de Río Grande.

En contexto, el proyecto presenta una orientación cuantitativa. Esto debido a que se pretende realizar un modelaje o diseño hidráulico desde cero de un sistema de un acueducto el cual sería la ASADA de La Esperanza de Cóbano ubicado en la provincia de Puntarenas. Además, se harán mediciones estadísticamente confiables por medio de un GPS, y obteniendo información de la ASADA y de las personas que habitan la zona.

Los métodos de investigación se darán por medio de visitas al lugar o la zona para realizar conversaciones, reuniones y obtener la mejor proporción de datos para poder realizar el proyecto. También se utilizará anteriormente identificado el programa Epanet, además de un aparato de geolocalización, como lo es el GPS.

### 3.2 Categorías de análisis de la investigación

Una vez se plantearon los objetivos específicos del proyecto, se genera automáticamente variables que se necesitan medir y, por lo tanto, hacen que el trabajo obtenga una mayor confiabilidad.

Tabla 3 Categorías de análisis de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Objetivo	Variable dependiente	Variable independiente	Herramienta o instrumento
Diseñar un modelo hidráulico del estudio en la zona geográfica de Río Grande.	Diseño de modelo hidráulico.	Geografía de la zona de Río Grande.	Programa EPANET.
Validar el buen funcionamiento a largo plazo del proyecto a diseñar.	El buen funcionamiento del proyecto.	Validar el funcionamiento a largo plazo.	Herramientas de medición.
Identificar los problemas de los acueductos para fomentar su máximo desempeño.	Problemas de los acueductos en generar.	Fomentar el desempeño máximo del acueducto.	Reuniones y encuestas.
Describir geográficamente el estado actual del acueducto, tanto	Describir el estado actual del acueducto.	Definir y comprobar el estado del acueducto a nivel de	Herramienta de medición (GPS) y

geográficamente como a nivel del desempeño de servicio e infraestructura.		servicio e infraestructura.	visitas.
Verificar el cumplimiento mínimo de los requisitos para una buena calidad de servicio del acueducto.	Verificar que el cumplimiento de servicio sea buena.	La calidad del servicio del acueducto.	Programa EPANET y herramientas de medición.

### 3.3 Población y muestra, técnicas de muestreo

La población en beneficio de este trabajo final de graduación son La Esperanza de Cóbano, ubicada en el cantón de Puntarenas ya que, se ha convertido en un importante punto de referencia en la región. Con una cantidad aproximada de 7494 habitantes en la zona de estudio.

### 3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para establecer la recolección de datos se determinarán por medio de entrevistas a los que se encuentran trabajando en el acueducto, como con una parte de la población que reside la zona donde el acueducto brinda sus servicios. Esto se hará también por medio de la recolección física de datos en sitio por medio de visitas que se realizará frecuentemente. También se establecerá la estimación de la población futura por medio de datos recolectados del último censo de la población en estudio resultantes del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).

Para este apartado las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos de este proyecto se presentan las siguientes:

Primeramente, la recolección de datos que se hizo por medio de las inspecciones en campo sobre donde se encuentran las tuberías, tanque de almacenamiento, naciente principal y nacientes secundarias; dichas inspecciones se realizaron con el fontanero para una mejor precisión de localización de las tuberías que se encuentran bajo tierra en la zona de La Esperanza de Cóbano.

### **3.5 Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de los datos**

Por medio de la recolección de datos definida anteriormente, se establecerá el procesamiento y el análisis de los datos por medio de herramientas como lo puede ser el GPS para establecer una topografía más detallada de la zona en estudio y además por medio de los programas establecidos como Epanet para modelar la red de distribución existente así como el modelaje de la misma red pero con el análisis a impartir en esta propuesta, Civil3D para establecer los puntos geolocalizados con el gps, estableciendo elevaciones para crear curvas de nivel y los perfiles de las tuberías y AutoCAD para dibujos de detalles constructivos de las tuberías, planos de perfiles, planos de la red en general y otros planos puntuales.



# **Capítulo III**

## **Análisis de resultados**

## **4. Análisis de resultados**

### **4.1 Visitas a campo y situación actual de la ASADA**

Antes de coleccionar y analizar los datos es importante determinar y establecer como se presenta el sistema de agua potable de la ASADA La Esperanza de Cóbano para poner en contexto los hechos que se presentan en la ASADA diariamente.

Con respecto a las visitas a campo o inspecciones que se realizaron se presentaron en 3 días seguidos, las cuales fueron:

- 1 de marzo 2023: Se logró llegar a las 2 de la tarde para conocer y reunirnos con integrantes de la ASADA para establecer la zona de trabajo y planificación para el siguiente día.
- 2 de marzo 2023: se realizó la inspección y recolecta de datos como coordenadas y establecimiento de nodos con el fontanero de las tuberías y visitas a las nacientes y tanque de almacenamiento.
- 3 de marzo 2023: se realizaron reuniones con integrantes de la ASADA y se terminó con la recolecta de datos tanto de establecimiento de puntos, como datos de presiones en diferentes zonas de la red.

A continuación, se presentan diferentes elementos de la red de distribución la cual se maneja actualmente:

#### **4.1.1 Tanque de almacenamiento de 50m<sup>3</sup>**

Para la situación actual del acueducto, se presenta solo un tanque de almacenamiento de 50m<sup>3</sup> de capacidad para una cantidad de servicios de 137. Ubicado en las coordenadas geográficas de: 379697.006 en X y 1078987.730 en Y; a una altura de 130,26msnm y presenta unas dimensiones de 5m de ancho y largo y 2,5m de altura. Cabe destacar que el tanque de almacenamiento se encuentra en propiedad privada.

A continuación, se presenta una imagen del tanque de almacenamiento lo cual se puede presenciar mejor las dimensiones y el estado del tanque en la actualidad. Cabe destacar que el tanque se encuentra en propiedad privada y no se encuentra registrada en el AYA.



Ilustración 11 Tanque de almacenamiento de agua

Fuente: fuente propia

#### 4.1.2 Naciente principal

Esta naciente es actualmente la única que está conectada al tanque de almacenamiento con un caudal de 2,15 L/s y geográficamente ubicada en los puntos de: 379729.6883 en X y 1079666.6810 en Y con una altitud de 170msnm.



Ilustración 12 Naciente principal

Fuente: fuente propia

### 4.1.3 Fuentes secundarias

Como fuentes secundarias que tiene la ASADA actualmente se presentan 2 las cuales son las siguientes:

Actualmente, se encuentran como previstas para ser conectadas al tanque de almacenamiento o cuando se innove otro tanque de almacenamiento.

Para esta prevista #1 de naciente secundaria se encuentra ubicada en 379722.4062 en X y a 1079301.0580 en Y a una altura de 147msnm.



Ilustración 13 Prevista de naciente #1

Fuente: fuente propia

Para la prevista de nacimiento #2 se encuentra geográficamente ubicada en 379825.1015 en X y 1079011.8960 en Y a una altura de 139,300msnm.



Ilustración 14 Prevista de nacimiento #2

Fuente: fuente propia

#### **4.2 Levantamiento topográfico**

La ASADA no contó con la facilidad de tener un levantamiento topográfico por lo que se tuvo que realizar el levantamiento de forma manual de la siguiente manera; con un gps se establecieron puntos donde el fontanero indicaba por donde pasaba la tubería a lo largo de toda la zona a estudiar y se anotaron tanto la geolocalización como la altura de los nodos. Una vez se obtuvieron los datos se recopilaron en un Civil3D, en donde se localizaron los puntos y se hizo los pasos para realizar las curvas de nivel como tal de tal forma que quedó como se muestra en la siguiente imagen:



Ilustración 15 Levantamiento topográfico en Civil3D

Fuente: fuente propia Civil3D

### 4.3 Balance hídrico

Para este punto se realizó el balance hídrico en un intermedio de 20 años y es importante identificar que se tomaron en cuenta los valores de factor de hacinamiento del censo que brinda el INEC del 2011 ya que no han actualizado el censo y lo actualizaran más adelante en este año. A continuación, se muestra una tabla del balance hídrico en el cual se contempla la única fuente de abastecimiento que está conectada al tanque para tener una idea de cómo se está comportando el balance hídrico en la actualidad:

Tabla 4 Balance hídrico actual

Fuente: Elaboración propia

<b>Resultados del Balance Hídrico</b>					
<i>Proyecciones</i>					
<b>Año</b>	<b>Servicios</b>	<b>Demanda (L/s)</b>	<b>Producción (L/s)</b>	<b>Balance Hídrico (L/s)</b>	<b>Interpretación</b>
2023	138	1.19	2.15	0.96	Buscar nuevas fuentes
2028	147	1.26	2.10	0.83	Buscar nuevas fuentes
2033	156	1.34	2.04	0.70	Buscar nuevas fuentes
2038	166	1.43	1.99	0.57	Buscar nuevas fuentes
2043	176	1.52	1.94	0.43	URGENTE: buscar nuevas fuentes

En esta tabla se puede observar como el balance hídrico me indica que actualmente la única fuente de abastecimiento que está conectada al tanque no abastece de manera óptima a la población actual y en sí durante los años pues tampoco va a hacerlo y que se necesita instalar en un periodo corto de tiempo un nuevo tanque de almacenamiento y conectar las otras 2 fuentes o inclusive solo 1 para que durante los últimos 15 años la ASADA cuente con la capacidad hídrica necesaria.

#### **4.4 Análisis de población**

El distrito de Cóbano abarca mucha más área de la cual se estudió, por lo que la población a analizar será la localidad de La Esperanza de Cóbano, dicha zona se establece como una población rural, por lo que según los datos que nos brinda el INEC tenemos como factor de hacinamiento 3,17 personas por casa y con un crecimiento poblacional del 1,2%.

Gracias a los registros que tiene la ASADA, nos brindaron la cantidad de servicios que brindan agua potable la cual sería de 137.

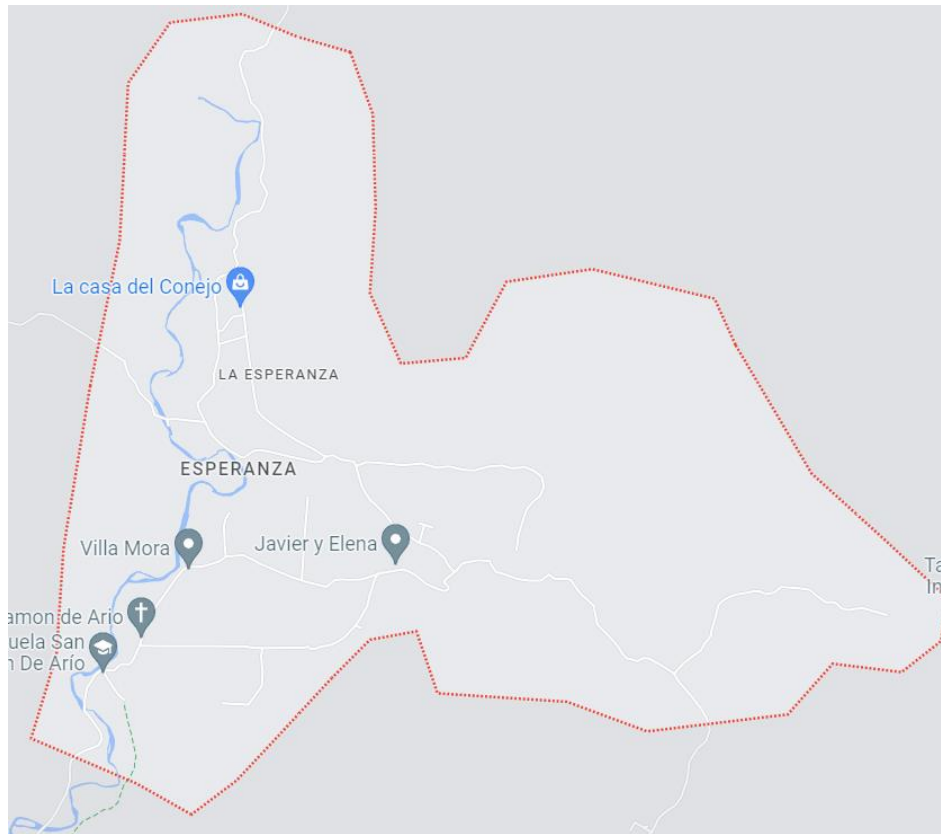


Ilustración 16 La Esperanza de Cóbano

Fuente: Google maps

#### 4.5 Dotación

Primeramente, se obtuvo los datos de micromedición por medio de los registros de la ASADA como tal el cual se obtuvo solamente los registros del año 2021 ya que los del 2022 no estaban completos por lo que se utilizaron los de dicho año.

Para este proyecto se consideró una dotación de 151 l/p/d, los cuales se obtuvieron de acuerdo con la cantidad de servicios por mes y los factores de máximo diario de 1.2 y factor máximo horario de 1.8.

Con respecto a los datos de micromedición la ASADA no contaba con los datos de macromedición por lo que se toma el porcentaje de agua no contabilizada automáticamente de un 30%. Este valor se considera de forma simultánea debido a posibles errores en mediciones, conexiones que son ilegales, rebalses en los tanques de almacenamiento y fugas en la tubería de toda la red, entre otros problemas.

A continuación, se muestra una tabla de Excel obtenida del balance hídrico que se realizó



para el proyecto y también una tabla de la dotación según medición:

Tabla 5 Datos de dotación

Fuente: fuente propia

<b>Dotación (Litros/persona/día)</b>	151
<b>% de Agua No Contabilizada (ANC)</b>	30%
<b>Factor Máximo Diario</b>	1,2
<b>Factor Máximo Horario</b>	1,8

Tabla 6 Dotación según medición

Fuente: fuente propia

<b>Mes</b>	<b>Servicios</b>	<b>Total macromedición m<sup>3</sup></b>	<b>Total micromedición m<sup>3</sup></b>	<b>Dotación mensual (l/p/d)</b>	<b>ANC</b>
<i>Enero</i>	137		1537	<b>114</b>	<b>0%</b>
<i>Febrero</i>	137		1816	<b>135</b>	<b>0%</b>
<i>Marzo</i>	137		2034	<b>151</b>	<b>0%</b>
<i>Abril</i>	137		1621	<b>120</b>	<b>0%</b>
<i>Mayo</i>	137		1470	<b>109</b>	<b>0%</b>
<i>Junio</i>	137		1632	<b>121</b>	<b>0%</b>
<i>Julio</i>	137		1792	<b>133</b>	<b>0%</b>
<i>Agosto</i>	137		1460	<b>108</b>	<b>0%</b>
<i>Setiembre</i>	137		1539	<b>114</b>	<b>0%</b>
<i>Octubre</i>	137		1550	<b>115</b>	<b>0%</b>
<i>Noviembre</i>	137		1508	<b>112</b>	<b>0%</b>
<i>Diciembre</i>	137		1504	<b>112</b>	<b>0%</b>
				<b>151</b>	<b>30%</b>

#### 4.6 Población de la zona de estudio

Según la tabla 1, se calculó la cantidad total de servicios según la lista que establece la normativa para calcular una estimación total de servicios equivalentes para una cantidad de 137 servicios en total, en la siguiente tabla se muestra el cálculo de servicios equivalentes según el tipo de actividad a desarrollar de la población en estudio:

Tabla 7 Servicios equivalentes

Fuente: fuente propia

<b>Cantidad de servicios</b>	<b>Tipo de actividad</b>	<b>Cantidad total de UC</b>	<b>Unidad de cálculo (UC)</b>	<b>Servicios equivalentes</b>
0	Hoteles, moteles	0	habitaciones	-
2	Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	40	estudiantes	2
1	Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución*	500	m <sup>2</sup>	1
2	Restaurantes, sodas, bares y similares*	0	m <sup>2</sup>	
2	Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias (industrial o general) *	400	m <sup>2</sup>	2
0	Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	0	m <sup>2</sup>	-
0	Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	0	m <sup>2</sup>	-
0	Centros de recreación, turísticos o club campestre	0	m <sup>2</sup>	-

La anterior tabla nos muestra resultados de la actividad de la población según sea el tipo y se obtuvo alrededor de 437 personas que abastece la ASADA o el acueducto como tal y por lo tanto un factor de hacinamiento de 3,17 personas por casa como promedio.

Tabla 8 Población abastecida por el acueducto

Fuente: Balance hídrico, fuente propia

<b>Cantidad de servicios equivalentes:</b>	137	<b>servicios</b>
<b>Factor hacinamiento:</b>	3,17	<b>personas/casa</b>
<b>Población abastecida:</b>	437	<b>personas</b>

#### 4.7 Crecimiento poblacional y obtención de caudales

En la obtención de resultados, con respecto al crecimiento poblacional, es importante reconocer el uso de los registros que posee la entidad INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) del año 2011 el cual se obtiene los siguientes datos relevantes para el cálculo y conociendo un porcentaje de crecimiento poblacional anual del 1.2%:

Tabla 9 Población total por sexo, total de viviendas por ocupación y promedio de ocupantes según provincia, cantón y distrito

Fuente: INEC

Provincia, cantón y distrito	Población			Total	Viviendas				Viviendas colectivas
	Total	Hombres	Mujeres		Viviendas individuales				
					Total	Ocupadas	Desocupadas	Promedio de ocupantes	
<b>Cócano</b>	7494	3869	3625	3158	3158	2364	794	3,2	-

Para poder obtener estos valores se realizaron 2 fórmulas tanto de la población como de los servicios de la siguiente manera:

$$P = P_{ac} + (P_{ac} \times \text{Crecimiento})$$

Donde:

P= Población.

$P_{ac}$ = Población actual.

Crecimiento= % de crecimiento.

$$S = P \div F_{ha}$$

Donde:

P= Población.

S= Servicios

$F_{ha}$ = Factor de hacinamiento.

Obteniendo los resultados de la siguiente tabla:

Tabla 10 Población y servicio

Fuente: Excel, elaboración propia

<b>Año</b>	2023	2028	2033	2038	2043
<b>Población</b>	437	463	493	523	556
<b>Servicios</b>	138	147	156	166	176

Ahora de acuerdo con las fórmulas anteriores y demás que se hablaron en capítulos anteriores se prosigue con los cálculos de caudales que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11 Caudales

Fuente: fuente propia en Excel

<b>Año</b>	<b>2023</b>	<b>2028</b>	<b>2033</b>	<b>2038</b>	<b>2043</b>	
<b>Caudal Promedio (L/s)</b>	0,99	1,05	1,12	1,19	1,26	
<b>Caudal Máximo Diario (L/s)</b>	1,19	1,26	1,34	1,43	1,52	<b>Producción</b>

<b>Caudal Máximo Horario (L/s)</b>	2,15	2,27	2,42	2,57	2,73	<b>Distribución</b>
------------------------------------	------	------	------	------	------	---------------------

#### 4.8 Fuentes de abastecimiento de agua y aforos

Para obtener estos datos se contó con el fontanero y miembros de la ASADA como tal el cual nos brindaron la siguiente información:

Tabla 12 Fuentes de abastecimiento

Fuente: Tabla de Excel, elaboración propia

<b>Naciente</b>	<b>Caudal - Q (L/s)</b>
<b>Naciente No.1</b>	2,15
<b>Naciente No.2</b>	0,52
<b>Naciente No.3</b>	0,9

En primera instancia hay que mencionar que el acueducto no cuenta con pozos como tal y solo cuenta con nacientes. Además, hay que mencionar que la naciente No.1 es la que actualmente es la única que está se encuentra conectada al tanque, por lo que es la única que brinda el servicio del agua y tanto la naciente No.2 como la No.3 se encuentran solamente como previstas. Ahora bien, con respecto a los aforos hay que recalcar que solo tenían aforos de la que se encuentra conectada actualmente al tanque e hicieron 2 aforos:

- Primer aforo se realizó el 17 de enero del 2023 a las 10am con un caudal de 2,15 L/s
- Segundo aforo se realizó el 17 de febrero del 2023 a las 10am con un caudal de 2,15L/s

A continuación, se presentan los aforos de las otras 2 nacientes que no se encuentran conectadas al tanque de almacenamiento:

- Para la naciente No. 2, el aforo se realizó el 30 de marzo del 2023 con un caudal de 0.52L/s
- Para la naciente No. 3, el aforo se realizó el 30 de marzo del 2023 con un caudal de 0.90L/s

#### 4.9 Resultados de proyecciones

A continuación, se presenta una tabla en donde se analiza en un periodo de 20 años la cantidad de servicios como crece, la demanda y la producción. Además de obtener los resultados del balance hídrico para poder hacer una interpretación de los resultados:

Tabla 13 Proyecciones

Fuente: Excel, elaboración propia

Año	Servicios	Demanda (L/s)	Producción (L/s)	Balance Hídrico (L/s)	Interpretación
2023	138	1,19	3,57	2,38	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2028	147	1,26	3,48	2,22	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2033	156	1,34	3,40	2,05	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2038	166	1,43	3,31	1,88	ASADA cuenta con capacidad hídrica
2043	176	1,52	3,23	1,71	ASADA cuenta con capacidad hídrica

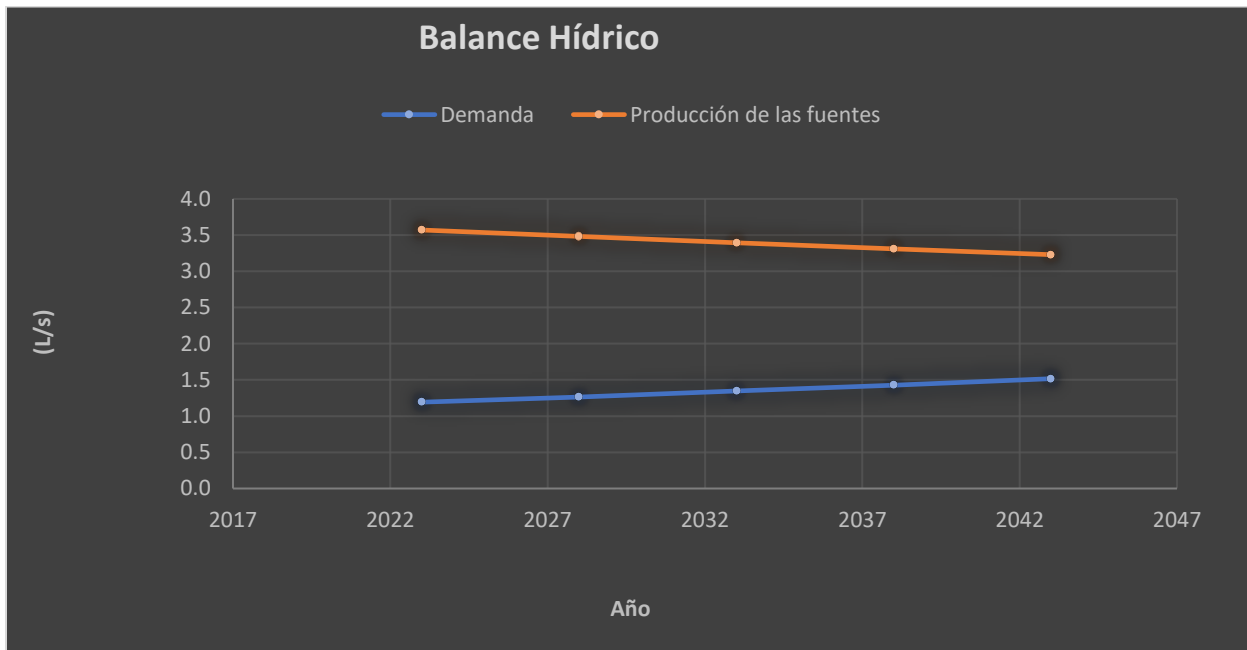


Ilustración 17 Gráfico de balance hídrico

Fuente: Excel, elaboración propia

En la tabla 12, se puede analizar que, durante el periodo de 20 años, la ASADA como tal cuenta con una capacidad hídrica adecuada para seguir abasteciendo a la población de la zona de estudio, sin embargo, hay que tomar en cuenta varias razones el cual se van a recalcar en la propuesta, recomendaciones y conclusiones.

Como nota, se considera la siguiente fórmula para el cálculo del balance hídrico:

$$\text{Balance Hídrico} = \text{Producción} - \text{Demanda}$$

#### **4.10 Creación del modelo en EPANET**

Con el propósito de analizar y mejorar el rendimiento del sistema de distribución de agua potable de la ASADA (Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado) de la zona de estudio, se llevó a cabo la creación de un modelo hidráulico mediante el uso de EPANET el cual es una herramienta importante para realizar la red de distribución de agua potable y observar cómo se comporta el sistema. Con la información que brinda el modelo, es posible identificar áreas que requieren mejoras y tomar decisiones informadas para el beneficio de la comunidad.

Es importante recalcar que la creación de este modelo hidráulico no solo accedió analizar el comportamiento del sistema de distribución de agua potable, sino que también se convirtió en una herramienta valiosa para la toma de decisiones concretas en cuanto a la planificación de la red de distribución de agua potable.

Se crearon 6 modelos de los cuales se hablará sobre el comportamiento progresivo y se denominan de la siguiente manera:

- Modelo existente sin demanda
- Modelo de propuesta 2023
- Modelo de propuesta 2028
- Modelo de propuesta 2033
- Modelo de propuesta 2038
- Modelo de propuesta 2048

En sí, para obtener datos confiables y correctos de todos los modelos se hace la simulación de localidad de nodos, diámetros y longitud de tuberías, elevación de los nodos, distribución de demanda, y dimensiones del tanque de almacenamiento.

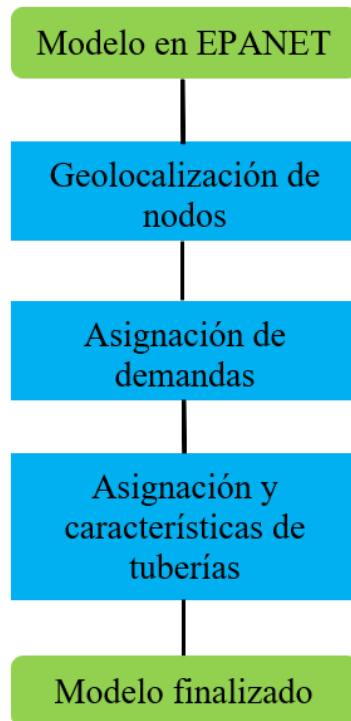


Ilustración 18 Diagrama para modelación de la red

Fuente: elaboración propia

Para poder realizar el modelo lo más exacto posible se necesitan datos actualizados que posea la ASADA y demás estudios previos a la realización de modelo, sin embargo la ASADA no poseía ningún tipo de estudio como lo pueden ser, curvas de nivel, planos de la red de distribución, el estudio del censo que brinda el INEC se encuentra bastante viejo, por lo que puede varias valores de hacinamientos, los datos de micromedición antiguos y también los datos de macromedición inexistentes, por lo que la exactitud no será del todo precisa.



#### 4.11 Construcción de la infraestructura del modelo

Para poder hacer el modelo en sí, es imprescindible poder realizar ciertos pasos para componer la red de distribución de agua potable, como se explicó anteriormente la ASADA no posee ningún tipo de plano ya que nunca se ha manejado con ello por lo que se crea el modelo a partir de las inspecciones que se realizaron. Donde se recopilaron los nodos con sus elevaciones por medio del gps y características de tuberías por medio de la información que brindó el fontanero al respecto del sistema que actualmente se está usando.

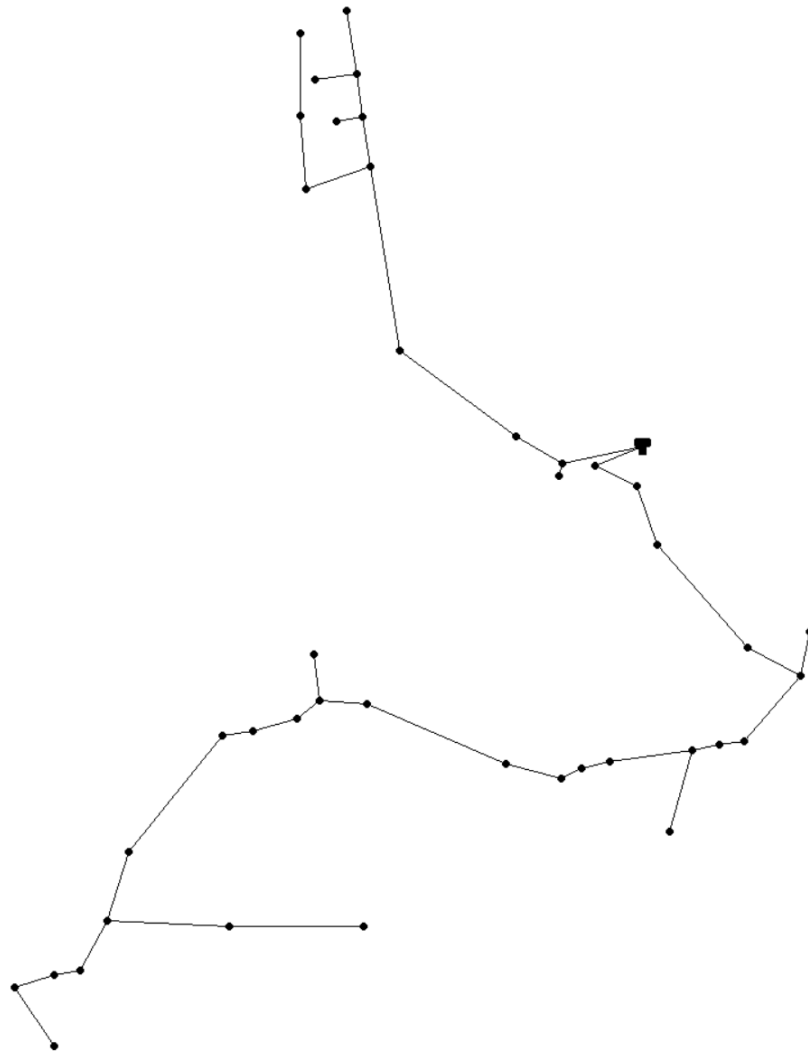


Ilustración 19 Red de distribución de la ASADA La Esperanza de Cóbano

Fuente: Epanet, Elaboración propia

#### 4.11 Asignación de elevaciones

Para la asignación de elevaciones en el modelo primero se tuvo que obtener los nodos a partir de la visita a la zona de estudio por medio del gps a una precisión de elevación de no más de 5m y ubicar los puntos de acuerdo con la indicación del fontanero, una vez conseguido esos datos se realiza la localización de esos puntos manualmente en el programa Epanet, se ubicaron 42 puntos en total.

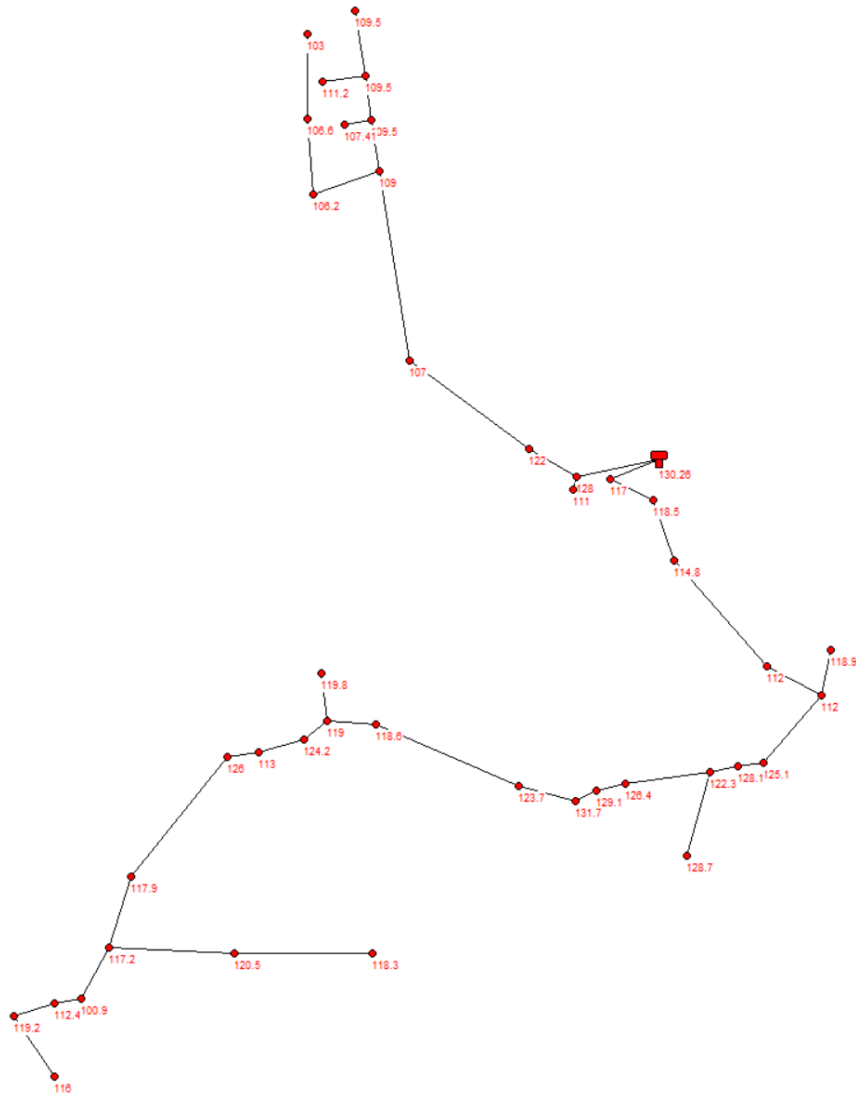


Ilustración 20 Elevaciones en Epanet

Fuente: Elaboración propia

## 4.12 Asignación de demanda

Una vez se asignan elevaciones, se continua con la demanda, por lo que se aplica por medio de los datos obtenidos del balance hídrico que se realizó en Excel y se analiza por medio de la tabla 12, cuanto es el total de producción del sistema y se divide el resultado por el número de nodos. Una vez obtenido el resultado, se asigna la demanda de cada nodo manualmente.

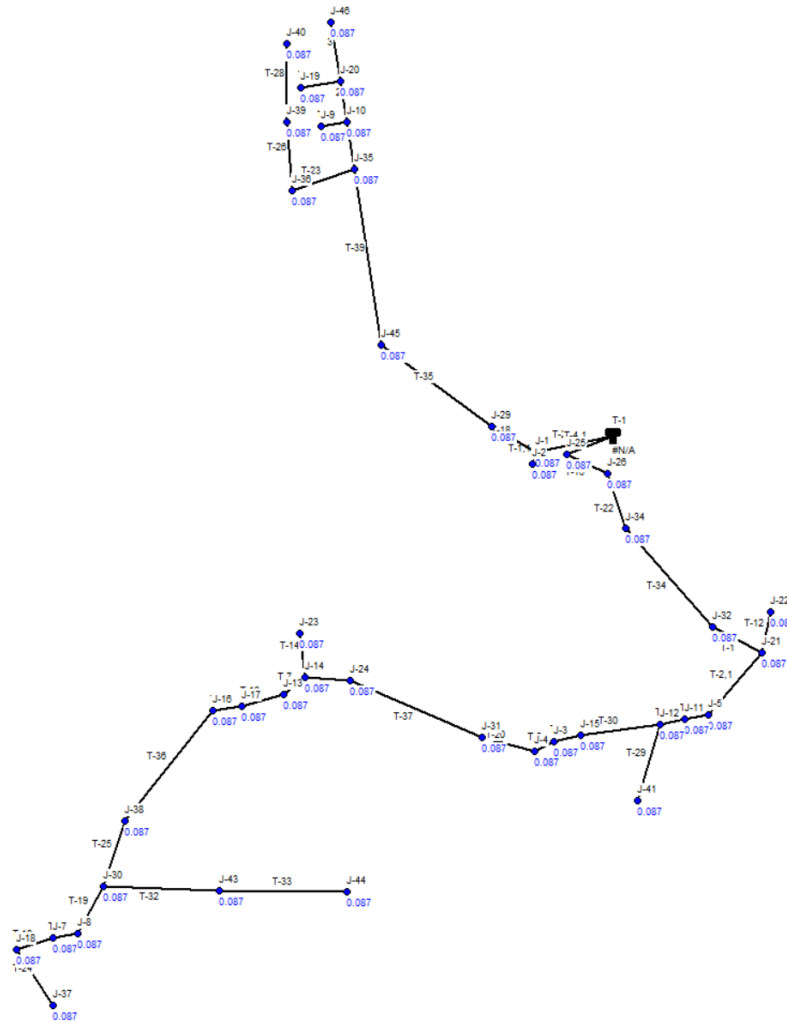


Ilustración 21 Demanda de nodos

Fuente: Elaboración propia

#### 4.13 Asignación de datos finales del modelo

Por último, se asignan datos de diámetro de tubería y calibración del modelo para poder correr el modelo con un comportamiento apropiado de toda la red de distribución. Se corroboran asignación de datos anteriores para verificar el comportamiento del sistema como tal y poder realizar un análisis contundente.

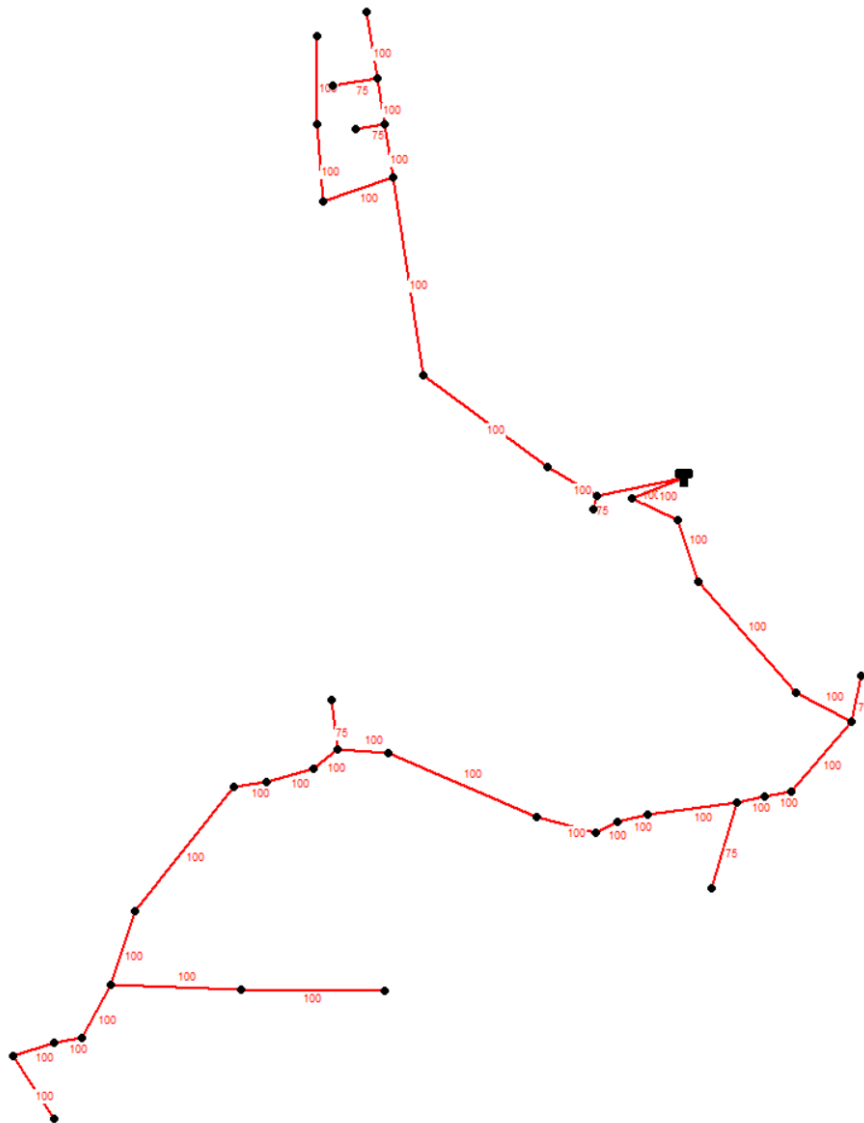


Ilustración 22 Modelo Epanet

Fuente: Elaboración propia

#### 4.14 Resultados de modelos

Especificar en este apartado que, de los siguientes modelos se mostraran tablas completas de las características tanto de nodos como de tuberías en los anexos.

#### 4.15 Modelo existente sin demanda

##### 4.15.1 Características de nodos

A continuación, se muestra detalles generales que presentan los nodos de la red de distribución:

Tabla 14 Características de los nodos modelo existente

Fuente: Elaboración propia

Características Generales en los Nodos		
Elevaciones en los Nodos (m)		
Mínima	Máxima	Promedio
100.90	131.70	117.18
Demandas en los Nodos (l/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0	0	0
Presiones en los Nodos (mca)		
Mínima	Máxima	Promedio
-0.44	30.30	14.05

Se puede observar un problema en el modelo existente con respecto a las presiones que se presenta cuando no hay demanda el cual, se observa una presión negativa y esto debido a que no se respeta el diámetro mínimo de tuberías. También se menciona que para este modelo se realizó con un comportamiento donde la demanda es 0 para ver el comportamiento que presenta en horas donde no se utilice del todo el servicio de agua potable.

#### 4.15.2 Características de tubería

A continuación, se muestra detalles generales que presentan las tuberías de la red de distribución:

Tabla 15 Características generales de la tubería existente

Fuente: Elaboración propia

Longitud total de la red (m)	7554.27
Diámetro Mínimo (mm)	38
Diámetro Máximo (mm)	100

Con respecto a la tabla 14, se puede observar que se encuentran tuberías entre un rango de 38 mm a 100 mm de diámetro, lo cual incumple con la norma, esto debido a que el diámetro mínimo que maneja la normativa es de un diámetro de 75mm. Para la red existente, toda la tubería se maneja con material PVC.

## 4.16 Modelo propuesto 2023

### 4.16.1 Características de nodos

A continuación, se muestra detalles generales que presentan los nodos de la red de distribución, además es importante mencionar que para la propuesta para el nodo J-4 se realiza una excavación de 2 metros de profundidad, esto para proporcionar una mejora en la distribución de las presiones:

Tabla 16 Características generales de los nodos propuesta 2023

Fuente: Elaboración propia

Elevaciones en los Nodos (m)		
Mínima	Máxima	Promedio
100.90	131.70	117.18
Demandas en los Nodos (l/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.087	0.087	0.087
Presiones en los Nodos (mca)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.26	28.69	13.22

Para este caso se utilizó una demanda de 0.087 como se observa en la tabla 15, también se puede destacar que, para el modelo propuesto, las presiones cumplen con la normativa. Como nota adicional, la demanda total es de 3.57 l/s.

#### 4.16.2 Características de tubería

A continuación, se muestra detalles generales que presentan las tuberías de la red de distribución:

Tabla 17 Características generales de las tuberías propuesta 2023

Fuente: Elaboración propia

Longitud total de la red (m)	7554.27
Diámetro Mínimo (mm)	75
Diámetro Máximo (mm)	100

Como se puede ver en la tabla 16, se presenta diámetro mínimo de 75 mm, lo cual cumple con la normativa del AYA y además la tubería será de material PVC con cédula SDR-26 para la red de distribución principal.



## 4.17 Modelo propuesto 2028

### 4.17.1 Características de nodos

A continuación, se muestra detalles generales que presentan los nodos de la red de distribución:

Tabla 18 Características generales de los nodos propuesta 2028

Fuente: Elaboración propia

Elevaciones en los Nodos (m)		
Mínima	Máxima	Promedio
100.90	131.70	117.18
Demandas en los Nodos (l/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.085	0.085	0.085
Presiones en los Nodos (mca)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.32	28.76	13.25

Para este caso se utilizó una demanda de 0.085 como se observa en la tabla 17, también se puede destacar que, para el modelo propuesto, las presiones cumplen con la normativa. Además, para este caso ya se comienza a analizar la red de distribución a partir de un periodo de 5 años. Como nota adicional, la demanda total es de 3.49 l/s.

#### 4.17.2 Características de tubería

A continuación, se muestra detalles generales que presentan las tuberías de la red de distribución:

Tabla 19 Características generales de las tuberías propuesta 2028

Fuente: Elaboración propia

Longitud total de la red (m)	7554.27
Diámetro Mínimo (mm)	75
Diámetro Máximo (mm)	100

Con respecto a la tabla 18, de igual manera se analizó la distribución de diámetro de tubería mínimo que la normativa permite y también se utilizó tubería PVC con cédula SDR-26 para la red de distribución principal.

## 4.18 Modelo propuesto 2033

### 4.18.1 Características de nodos

A continuación, se muestra detalles generales que presentan los nodos de la red de distribución:

Tabla 20 Características generales de los nodos propuesta 2033

Fuente: Elaboración propia

Elevaciones en los Nodos (m)		
Mínima	Máxima	Promedio
100.90	131.70	117.18
Demandas en los Nodos (l/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.083	0.083	0.083
Presiones en los Nodos (mca)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.37	28.82	13.29

Para este caso se utilizó una demanda de 0.083 como se observa en la tabla 19, también se puede destacar que, para el modelo propuesto, las presiones cumplen con la normativa. Además, para este caso ya se comienza a analizar la red de distribución a partir de un periodo de 10 años. Como nota adicional, la demanda total es de 3.40 l/s.

#### 4.18.2 Características de tubería

A continuación, se muestra detalles generales que presentan las tuberías de la red de distribución:

Tabla 21 Características generales de las tuberías propuesta 2033

Fuente: Elaboración propia

Longitud total de la red (m)	7554.27
Diámetro Mínimo (mm)	75
Diámetro Máximo (mm)	100

Con respecto a la tabla 20, de igual manera se analizó la distribución de diámetro de tubería mínimo que la normativa permite y también se utilizó tubería PVC con cédula SDR-26 para la red de distribución principal.

## 4.19 Modelo propuesto 2038

### 4.19.1 Características de nodos

A continuación, se muestra detalles generales que presentan los nodos de la red de distribución:

Tabla 22 Características generales de los nodos propuesta 2038

Fuente: Elaboración propia

Elevaciones en los Nodos (m)		
Mínima	Máxima	Promedio
100.90	131.70	117.18
Demandas en los Nodos (l/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.081	0.081	0.081
Presiones en los Nodos (mca)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.42	28.89	13.34

Para este caso se utilizó una demanda de 0.081 como se observa en la tabla 21, también se puede destacar que, para el modelo propuesto, las presiones cumplen con la normativa. Además, para este caso ya se comienza a analizar la red de distribución a partir de un periodo de 15 años. Como nota adicional, la demanda total es de 3.32 l/s.

#### 4.19.2 Características de tubería

A continuación, se muestra detalles generales que presentan las tuberías de la red de distribución:

Tabla 23 Características generales de las tuberías propuesta 2038

Fuente: Elaboración propia

Longitud total de la red (m)	7554.27
Diámetro Mínimo (mm)	75
Diámetro Máximo (mm)	100

Con respecto a la tabla 22, de igual manera se analizó la distribución de diámetro de tubería mínimo que la normativa permite y también se utilizó tubería PVC con cédula SDR-26 para la red de distribución principal.

## 4.20 Modelo propuesto 2043

### 4.20.1 Características de nodos

A continuación, se muestra detalles generales que presentan los nodos de la red de distribución:

Tabla 24 Características generales de los nodos propuesta 2043

Fuente: Elaboración propia

Elevaciones en los Nodos (m)		
Mínima	Máxima	Promedio
100.90	131.70	117.18
Demandas en los Nodos (l/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.079	0.079	0.079
Presiones en los Nodos (mca)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.47	28.95	13.36

Para este caso se utilizó una demanda de 0.079 como se observa en la tabla 23, también se puede destacar que, para el modelo propuesto, las presiones cumplen con la normativa. Además, para este caso ya se comienza a analizar la red de distribución a partir de un periodo de 20 años. Como nota adicional, la demanda total es de 3.24 l/s.

#### 4.20.2 Características de tubería

A continuación, se muestra detalles generales que presentan las tuberías de la red de distribución:

Tabla 25 Características generales de las tuberías propuesta 2043

Fuente: Elaboración propia

Longitud total de la red (m)	7554.27
Diámetro Mínimo (mm)	75
Diámetro Máximo (mm)	100

Con respecto a la tabla 24, de igual manera se analizó la distribución de diámetro de tubería mínimo que la normativa permite y también se utilizó tubería PVC con cédula SDR-26 para la red de distribución principal.



**Capítulo IV**  
**Conclusiones y**  
**recomendaciones**

## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

Se logró diseñar un modelo hidráulico de acuerdo con la geografía de la zona de estudio la cual es La Esperanza de Cóbano, también se validó el buen funcionamiento a largo plazo del proyecto a diseñar en un periodo de 20 años.

Se identificó los problemas que presentaron los acueductos para poder fomentar su máximo desempeño; además se describió geográficamente como se encuentra hoy en día el acueducto, tanto a nivel de geografía como su desempeño de servicio e infraestructura.

Se logró verificar el cumplimiento mínimo de los requisitos para una buena calidad de servicio el cual brinda el acueducto.

En este trabajo final de graduación se logró analizar el estado actual del sistema de agua potable de la ASADA La Esperanza de Cóbano. Para ello, se recopilaron datos relevantes y se utilizaron herramientas de análisis que permitieron obtener una visión precisa de cómo se encuentra actualmente la ASADA. Por medio del análisis, se reconocieron diversas áreas de optimización del sistema, lo que puede resultar en una mejora significativa en la calidad del servicio de agua potable que la ASADA ofrece a la comunidad.

La herramienta de cálculo Excel fue utilizada para llevar a cabo cálculos necesarios para obtener un balance hídrico correspondiente para la ASADA, con el fin de comprobar si existe la disponibilidad de crear nuevos servicios para un período de 20 años. Con estos resultados se logró estimar que para el año 2043 la ASADA abastecerá un aproximado de 556 personas aproximadamente.

Se logró verificar el cumplimiento mínimo de los requisitos que pide la normativa en cuanto a dimensiones de tuberías ya que como se pudo observar en la tabla 14 el diámetro mínimo de tubería es de 38mm, lo cual incumple la normativa, presiones negativas y otros requerimientos que exige la normativa la cual en el modelo existente no cumplía.

Se construyó un modelo hidráulico utilizando el software de Epanet con el fin de lograr obtener los datos a analizar del modelo existente para poder crear una propuesta adecuada según la normativa y correspondiente con el área de estudio que se analizó.

Por medio de reuniones e inspecciones con el fontanero se llegó a abarcar todo el sistema de red de agua potable para poder obtener todos los datos necesarios como coordenadas de nodos

necesarias para obtener curvas de nivel y elevaciones de cada nodo necesario para el análisis en el modelo con Epanet.

En conclusión, la red de distribución existente presenta problemas que a lo largo del tiempo van a afectar y se necesita realizar un cambio prudente con la implementación de tuberías nuevas en algunas zonas específicas para una mejor distribución de agua y para brindar un mejor servicio a largo plazos cuando en un futuro se amplie la población con la creación de nuevas casas y cantidad de servicios.

## **5.2 Recomendaciones**

Para este proyecto, primeramente, se recomienda ubicar tanto el tanque de almacenamiento como las fuentes de abastecimiento de agua potable en propiedades que no sean privadas o en reservas forestales ya que esto puede causar discrepancias tanto con el propietario del lote como la ASADA y el AYA, además de tener una prevista de construcción de otro tanque de almacenamiento para poder conectar las otras fuentes de abastecimiento.

Se habló con los asociados de la ASADA e indicaron que las fuentes no estaban registradas, por lo que se recomienda que se fomente una solicitud de registro para las fuentes al AYA, esto con el fin de tener un control sobre ello.

Es necesario llevar a cabo una limpieza apropiada de las instalaciones donde se ubican los pozos y tanque de almacenamiento, esto con el fin de mantener las infraestructuras en óptimas condiciones y asegurar que se cumplan los estándares de calidad y seguridad necesarios para el suministro de agua potable. En sí, la limpieza de estas áreas contribuye a que haya menos cantidad de residuos que dañen a corto o largo plazo las construcciones.

Se recomienda de forma urgente, realizar algún tipo de mejoramiento en lo que es la recopilación o el almacenamiento de datos que tienen recopilados, esto debido a los posibles errores que pueden causar las personas a la hora de registrar la micromedición de las casas e incentivar a la continua realización de aforos de las fuentes y tanque de almacenamiento para ver si existe algún cambio drástico; para tener un seguimiento de cómo se van comportando a lo largo del tiempo. Además, se recomienda tener o implementar a la red medidas de macromedición en las fuentes de abastecimiento de agua potable y al igual que la micromedición obtener datos mensuales de los datos que se obtengan para tener un cálculo en el balance hídrico más preciso.

Asegurarse que en un futuro se realice un cambio de tuberías que tengan un diámetro inferior

a 75 mm de diámetro como se observa en el anexo 4 y 6; específicamente en la parte 1 y parte 3 de las láminas de red de distribución, esto debido a que incumple con la normativa actual. Es importante la sustitución de esas tuberías por otras con diámetro mínimo según normativa y también el tipo de material de acuerdo con la resistencia de presiones como por ejemplo se obtiene de la cédula SDR-26. Se adjunta una tabla de un presupuesto aproximado del cambio de tuberías correspondientes:

Tabla 26 Precio de tuberías

Fuente: Elaboración propia

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Cantidad (/6)	Precio (C\$)
Tub de 100 mm	932.04	155.34	C\$ 17 303 322.60
Tub de 75 mm	532.34	88.72	C\$ 5 940 914.40
		Total	C\$ 23 244 237.00

Además, se recomienda revisar de forma frecuente si se encuentra algún defecto o problema alrededor de toda la red como lo puede ser una tubería rota, salida de agua que no sea esperada, entre otras dificultades, para que sean atendidas lo más rápido posible. También tener en cuenta posibles micromedidores que se encuentran en mal estado cambiarlo lo antes posibles para empezar a tomar medidas de micromedición en toda la red de distribución.

Se debe realizar una mejora para la obtención de datos de agua no contabilizada ya que no presentan ningún dato al respecto, por lo que no es correcto usar el valor general del 30% en el balance y se recomienda establecer sistemas de macromedición en cada fuente de abastecimiento y responsabilizarse con la obtención de datos mensualmente para implementar los datos al balance hídrico en un futuro y obtener resultados más precisos.

En última instancia, se recomienda estudiar las propuestas de mejora de los resultados que se obtuvieron del balance hídrico y los modelos propuestos en Epanet para poder saber qué cambios se deben realizar para un mejor y óptimo funcionamiento de la ASADA con el paso del tiempo, esto debido a que exista una posibilidad de aumento de población inesperada y esto puede afectar en la distribución del servicio que actualmente se brinda.

## 6. Referencias bibliográficas

- Alcantarillados, A. y. (2017). *Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica*. Obtenido de Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/AyA%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Agua%20Potable%20de%20Costa%20Rica%202017-2030.pdf
- ALCANTARILLADOS, I. C. (22 de Setiembre de 2017). *NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y PLUVIAL*. Obtenido de NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y PLUVIAL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf
- Alcantarillados, I. C. (29 de Noviembre de 2022). *Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Obtenido de Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados: https://www.aya.go.cr/SitePages/Principal.aspx
- ALCANTARILLADOS, I. C. (s.f.). *NORMA TÉCNICA DE AYA PARA EMITIR AVAL TÉCNICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN INMUEBLES QUE INTEGRAN EL PATRIMONIO NATURAL DEL ESTADO*. Obtenido de NORMA TÉCNICA DE AYA PARA EMITIR AVAL TÉCNICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN INMUEBLES QUE INTEGRAN EL PATRIMONIO NATURAL DEL ESTADO: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://aya.go.cr/Noticias/Documents/NORMA%20AVAL%20T%C3%89CNICO%20(Ley%209590)%20ACUERDO%202020-323.pdf
- Arauz, E. (2019). *Diagnóstico, análisis y rediseño hidráulico del acueducto de Pozos, distrito Santiago, cantón Puriscal, provincia San José*. Obtenido de Diagnóstico, análisis y rediseño hidráulico del acueducto de Pozos, distrito Santiago, cantón Puriscal, provincia San José: file:///D:/AD00248DOC.pdf
- Arguedas Alvarado, J. R., & Bonilla Bolaños, E. E. (febrero de 2013). *Asada Pueblo Nuevo de Paquera, Puntarenas*. Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de Asada Pueblo Nuevo de Paquera, Puntarenas: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://aresep.go.cr/images/documentos/AGUA/5.Estudios/Informe\_ASADA\_PUEBLO\_NUEVO\_DE\_PAQUERA.pdf
- Arias, J. (6 de Mayo de 2021). *Evaluación hidráulica y sanitaria de la planta potabilizadora de San Mateo, Alajuela*. Obtenido de Evaluación hidráulica y sanitaria de la planta potabilizadora de San Mateo, Alajuela: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1665/1/TFG\_Ulatina\_Jonathan\_Arias\_Madrigal\_20180211397.pdf
- Básico, M. d. (Noviembre de 2000). *Sistemas de acueducto*. Obtenido de Sistemas de acueducto: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://mail.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Normas%20ambientales/1990-2000/2000/Resolucion%201096%20de%202000%20-%20Titulo%20B.pdf

- Chinchilla, A. (30 de Mayo de 2020). *Metodología para el análisis de la capacidad hidráulica de un sistema de acueducto rural*. Obtenido de Metodología para el análisis de la capacidad hidráulica de un sistema de acueducto rural: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/264/2/TFG\_Ulatina\_Alejandro\_Chinchilla\_Loaliza.pdf
- Colombia, R. d. (Noviembre de 2000). *TÍTULO B Sistemas de Acueducto*. Obtenido de TÍTULO B Sistemas de Acueducto: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf
- Cordero, F. (7 de Mayo de 2021). *DISEÑO TÉCNICO DE RED SANITARIA Y PRESUPUESTO PARA DISTRITO GUBERNAMENTAL GARABITO*. Obtenido de DISEÑO TÉCNICO DE RED SANITARIA Y PRESUPUESTO PARA DISTRITO GUBERNAMENTAL GARABITO: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1424/1/TFG\_Ulatina\_Fabiola\_Cordero\_Rodriguez\_201202098192.pdf
- EPA. (17 de ENERO de 2023). *EPA*. Obtenido de EPA: https://www.epa.gov/water-research/epanet
- Garabito, M. d. (2022). *Distritos*. Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de Distritos: https://www.munigarabito.go.cr/garabito/distritos#tarcoles
- Hidalgo, P. (Mayo de 2020). *ESTUDIO TÉCNICO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO: DISTRIT GUBERNAMENTAL GARABITO*. Obtenido de ESTUDIO TÉCNICO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO: DISTRIT GUBERNAMENTAL GARABITO: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/251/1/TFG\_Ulatina\_Priscilla\_Hidalgo\_Guevara.pdf
- Jurídica, S. C. (15 de Octubre de 2022). *Ley Constitutiva Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados*. Obtenido de Ley Constitutiva Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\_texto\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=37097&nValor3=39114&strTipM=TC
- Merizalde, J. (Noviembre de 2003). *Análisis hidráulico del acueducto de Santiago de Puriscal*. Obtenido de Análisis hidráulico del acueducto de Santiago de Puriscal: file:///D:/CEDO%20AyA%20T%20391.pdf
- Monge, E., J., L. P., & Ovares, C. (Agosto de 2013). *Transparencia y rendición de cuentas en las ASADAS*. Obtenido de Transparencia y rendición de cuentas en las ASADAS: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20para%20las%20ASADAS%20-%20Cedarena%20-%20Transparencia%20y%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas.pdf
- Mora, O. (s.f.). *Fortaleciendo la gestión integral y participativa*. Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de Fortaleciendo la gestión integral y participativa: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.riob.org/en/file/290686/download?token=EUw3LrYU
- Moreno, L. (5 de Septiembre de 2017). *PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LAS AVENIDAS TOMÁS GUARDIA Y JUAN SANTAMARÍA DEL CANTÓN CENTRAL DE ALAJUELA A PARTIR DE DIAGNÓSTICO*

- DEL ESTADO ACTUAL*. Obtenido de PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LAS AVENIDAS TOMÁS GUARDIA Y JUAN SANTAMARÍA DEL CANTÓN CENTRAL DE ALAJUELA A PARTIR DE DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/975/1/TFG\_Ulatina\_Luis\_Moreno\_Mora.pdf
- Moya, L. (Septiembre de 2020). *Evaluación hidráulica y sanitaria de la planta potabilizadora de rincón de Zaragoza, Palmares*. Obtenido de Evaluación hidráulica y sanitaria de la planta potabilizadora de rincón de Zaragoza, Palmares: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/172/1/TFG\_Ulatina\_Julian\_Serna\_Galvis.pdf
- Murillo, G. S. (Agosto de 2018). *Evaluación general del sistema de agua potable y e Licenciatura e n Ingeniería aspectos básicos de saneamiento de la ASADA Agrimaga, ubicada en el cantón de Guácimo, en Limón, influenciado por el Acuífero GuácimoPococi*. Obtenido de Evaluación general del sistema de agua potable y e Licenciatura e n Ingeniería aspectos básicos de saneamiento de la ASADA Agrimaga, ubicada en el cantón de Guácimo, en Limón, influenciado por el Acuífero GuácimoPococi.: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10092/evaluacion\_general\_sistema\_agua\_potable\_aspectos\_basicos\_saneamiento\_asada.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paquera, M. d. (2019). *Historial municipal*. Recuperado el 15 de Octubre de 2022, de Historial municipal: <https://www.concejopaquera.go.cr/index.php/mn-conozcanos/mn-mimunicipalidad/mn-historiamunicipal>
- Quiros, L. (Abril de 2019). *ESTUDIO TÉCNICO HIDRÁULICO PARA LA AMPLIACIÓN DEL ACUEDUCTO ADMINISTRADO POR LA ASADA GRIFO ALTO, PURISCAL, ESPECÍFICAMENTE LOS BARRIOS CALLE MÁQUINAS, CALLE DEL TAJO Y OJO DE AGUA*. Obtenido de ESTUDIO TÉCNICO HIDRÁULICO PARA LA AMPLIACIÓN DEL ACUEDUCTO ADMINISTRADO POR LA ASADA GRIFO ALTO, PURISCAL, ESPECÍFICAMENTE LOS BARRIOS CALLE MÁQUINAS, CALLE DEL TAJO Y OJO DE AGUA: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/766/1/TFG\_Ulatina\_Leonardo\_Quiros\_Quiros.pdf
- Salas, F. (17 de Enero de 2022). *REDISEÑO DE LA TUBERÍA: PROPUESTA Y PLAN DE MANTENIMIENTO CON SU PRESUPUESTO DETALLADO, PARA LA ASADA EN ARENAL DE CHIRES, PURISCAL, SAN JOSÉ*. Obtenido de REDISEÑO DE LA TUBERÍA: PROPUESTA Y PLAN DE MANTENIMIENTO CON SU PRESUPUESTO DETALLADO, PARA LA ASADA EN ARENAL DE CHIRES, PURISCAL, SAN JOSÉ: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1524/1/TFG\_Ulatina\_Fabian\_Salas\_Jimenez\_201001085472.pdf
- Salazar, E. B. (Septiembre de 2013). *Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejora*. Obtenido de Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejora: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Diagn%C3%B3stico%20%20del%20acueducto%20de%20Santa%20Cruz%20y%20propuesta%20de%20mejora%20%20Esteban%20Bejarano%20SP.pdf

Soto, M. (2012). *METODOLOGÍA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE ACUEDUCTO CON BAJAS POBLACIONES. CASO DE ESTUDIO CORREGIMIENTO LAS PALMAS*. Obtenido de METODOLOGÍA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE ACUEDUCTO CON BAJAS POBLACIONES. CASO DE ESTUDIO CORREGIMIENTO LAS PALMAS: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063114.pdf>

Zúñiga, E. F. (15 de Junio de 2021). *Revistas UCR*. Obtenido de Revistas UCR: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/sociales/article/view/49243/49034>



## 7. Anexos

Provincia, cantón y distrito	Población <sup>1/</sup>			Total	Viviendas				Viviendas colectivas
	Total	Hombres	Mujeres		Viviendas individuales				
					Total	Ocupadas	Desocupadas	Promedio de ocupantes <sup>2/</sup>	
<b>Puntarenas</b>	<b>115019</b>	<b>57246</b>	<b>57773</b>	<b>39095</b>	<b>39077</b>	<b>33 228</b>	<b>5 849</b>	<b>3,4</b>	<b>18</b>
Puntarenas	8335	4028	4307	3282	3280	2726	554	3	2
Pitahaya	2211	1140	1071	725	724	609	115	3,6	1
Chomes	5522	2865	2657	2199	2199	1608	591	3,4	-
Lepanto	9502	4767	4735	3300	3299	2794	505	3,4	1
Paquera	6686	3449	3237	2767	2767	2006	761	3,3	-
Manzanillo	2811	1471	1340	971	971	783	188	3,6	-
Guacimal	923	488	435	424	424	302	122	3,1	-
Barranca	30650	14702	15948	9130	9127	8452	675	3,6	3
Monte Verde	4155	2022	2133	1523	1523	1280	243	3,2	-
<b>Cóbano</b>	<b>7494</b>	<b>3869</b>	<b>3625</b>	<b>3158</b>	<b>3158</b>	<b>2364</b>	<b>794</b>	<b>3,2</b>	<b>-</b>

Anexo 1 Tabla de censo

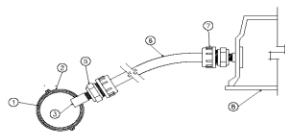
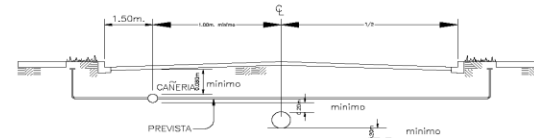
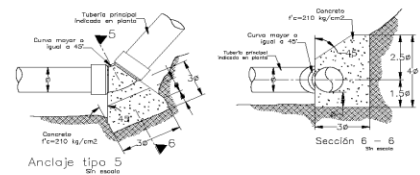
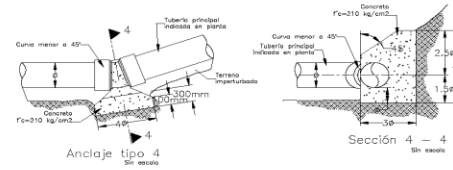
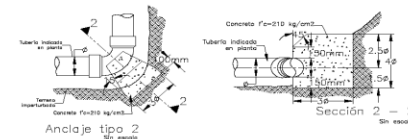
Fuente: INEC, 2011

# DETALLES CONSTRUCTIVOS SISTEMA DE AGUA POTABLE: LA ESPERANZA DE CÓBANO

## NORMAS A CUMPLIR DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

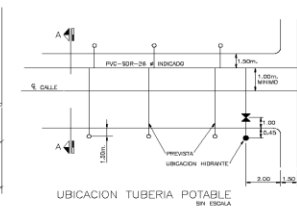
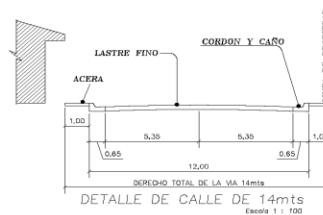
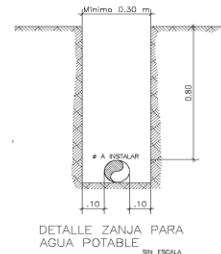
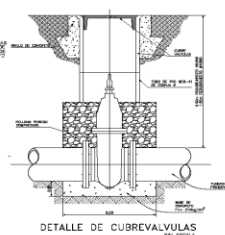
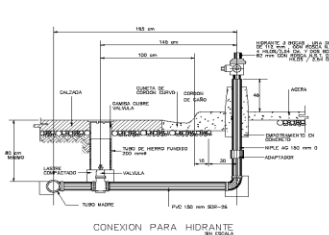
- PARA LA TUBERÍA PRINCIPAL DE PVC SDR-26 SE UTILIZARÁ TUBERÍA DE INTACO LA CUAL CUMPLE CON LA NORMA INTE 16-01-01 (CORRESPONDENCIA ASTM-D2241).
- PARA LA TUBERÍA PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS PEAD 13mm SDR-9 SE UTILIZARÁ TUBERÍA DE INTACO LA CUAL CUMPLE CON LA NORMA INTE 16-05-02 (CORRESPONDENCIA AWWA-C901).
- ACCESORIOS PVC TIPO REDUCCIONES, TEE, CODOS, CRUCES, ACOPLÉS, TAPONES, ENTRE OTROS; A INSTALAR CUMPLEN CON LA NORMA ASTM D2467.
- LAS VÁLVULAS A UTILIZAR CON UN DIÁMETRO NOMINAL SEGÚN LO REQUERIDO EN PLANTA (100mm) CUMPLEN CON LA NORMA ISO 10631.
- TODAS LAS NORMAS HACEN REFERENCIA A LA NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y PLUVIAL DEL AyA 2017.

### Anclajes para tubería potable



MATERIALES A USAR EN PREVISTA DE ADUCCION DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD		
Nº	CANTIDAD	ELEMENTO
1	VARIABLE	TUBERIA PVC-ADIM-023M 100mm
2	1 un	SILETA PVC CON ROSCA Y ESPIGA
3	1 un	ESPIGA
5	1 un	UNION DE COMPRESION DE PVC (MACHO)
6	VARIABLE	TUBERIA (MANGUERA) DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, SEGUN NORMA INTEC 18-05-02-95 SDR-9, CON DIAMETRO EXTERNO 25.3mm
7	1 un	UNION DE COMPRESION DE PVC (HEMERA)
8	1 un	CAJA PASA HIDRANTE

PREVISTA DOMICILIARIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA ADUCCION SIN ESCALA

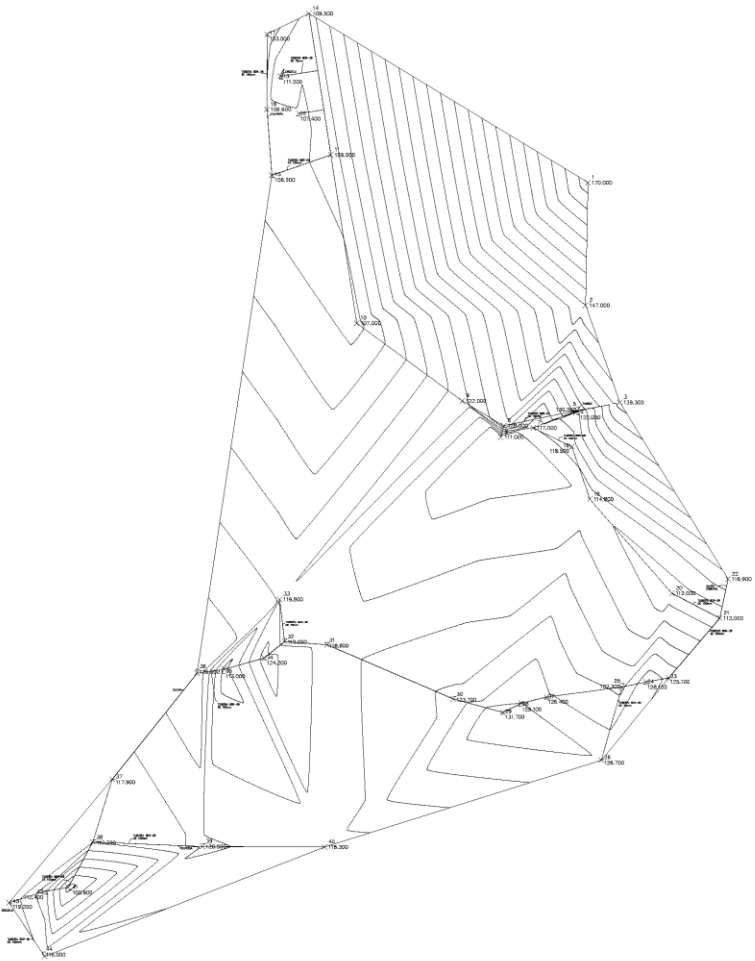


PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO DE LA ESPERANZA DE CÓBANO			
PROFESIONAL RESPONSABLE DEL DISEÑO: MANABE JOAQUIN PALAZO TEL: 0612345678 CORREO: joao_p@ingenieros.com			
PROFESIONAL RESPONSABLE DE LA DIRECCION TECNICA: MANABE JOAQUIN PALAZO TEL: 0612345678 CORREO: joao_p@ingenieros.com			
PROFESIONALES PARTICIPANTES:	INGENIERO	INGENIERO	INGENIERO
FABRICACION:	CONSTRUCCION:	INSTALACION:	REVISION:
FECHA DE EMISION: MARZO 2023			
DETALLES CONSTRUCTIVOS SISTEMA DE AGUA POTABLE			
PROYECTO:	ESCALA:	HOJA:	TOTAL:
1	1:100	16	16

Anexo 2 Detalles constructivos del sistema de distribución

Fuente: Elaboración propia

# PLANO DE RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA ESPERANZA DE CÓBANO



SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO DE LA ESPERANZA		
<small>                 INSTITUCIÓN EJECUTORA DEL PLAN: MUNICIPALIDAD DE LA ESPERANZA DE CÓBANO                  INSTITUCIÓN FINANCIADORA: BANCO MUNDIAL                  INSTITUCIÓN ASISTENTE TÉCNICA: CONSULTORÍA             </small>		
PROYECTO	UBICACIÓN	ESCALA
PROYECTO DE AGUA POTABLE	LA ESPERANZA DE CÓBANO	1:500
INTERVENCIÓN DEL GRUPO PRECISIÓN TÉCNICA: JAOH MOLINA PALMA		
INFORMACIÓN EJECUTIVO PÚBLICO		
PROFESORADO JAOH MOLINA PALMA		
CONTENIDO		
PROPUESTA PARA RED DE DISTRIBUCIÓN LA ESPERANZA DE CÓBANO		
FECHA	EDICIÓN	CAMPO DE USO
15/03/2023	A	PROYECTO
DEL PLANO SE DEBE VERIFICAR EL CONTENIDO DEL PLANO EN EL MOMENTO DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.		

Anexo 3 Plano general de la red de distribución

Fuente: Elaboración propia



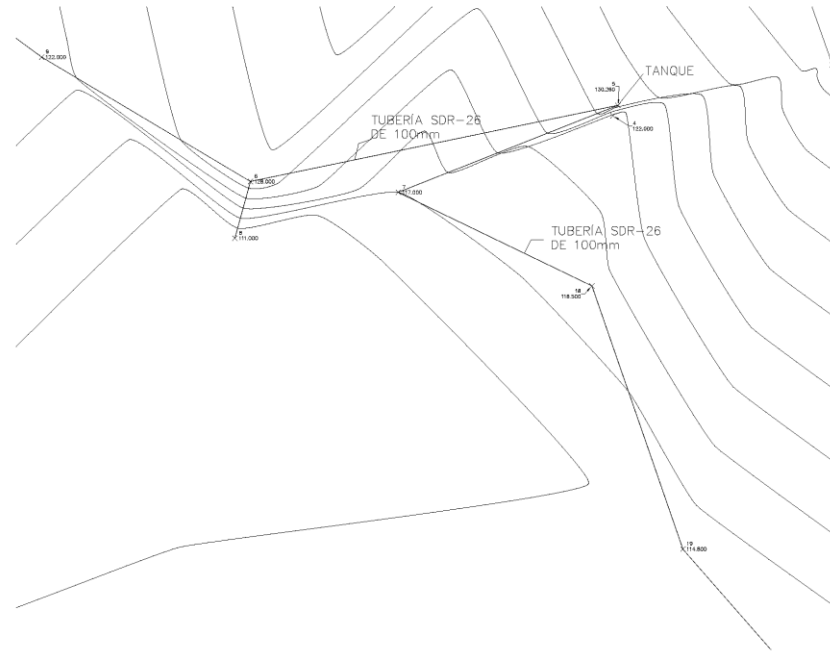
PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
 ESCALA : 800

Anexo 4 Lámina 3 parte 1

Fuente: Elaboración propia

SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO DE LA ESPERANZA		
AUTORIDAD EJECUTORA DEL PROYECTO: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)		
PROYECTO	ESTADO	MUNICIPIO
PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN	GUAYANA	CASAPÁ
PROYECTANTE DEL GRUPO: JORGE MOLINA PALMIER		
INGENIEROS DEL GRUPO: INGENIERO TÉCNICO: JORGE MOLINA PALMIER		
ESTADÍSTICA REGISTRADA: PUEBLO		
PROYECTANTE: JORGE MOLINA PALMIER		
CONTENIDO: PROPUESTA PARA RED DE DISTRIBUCIÓN LA ESPERANZA DE CASAPÁ		
FECHA	ESCALA	HOJA N.º
15/05/2015	1:800	3/8
ELABORADO POR: JORGE MOLINA PALMIER		

PARTE 2

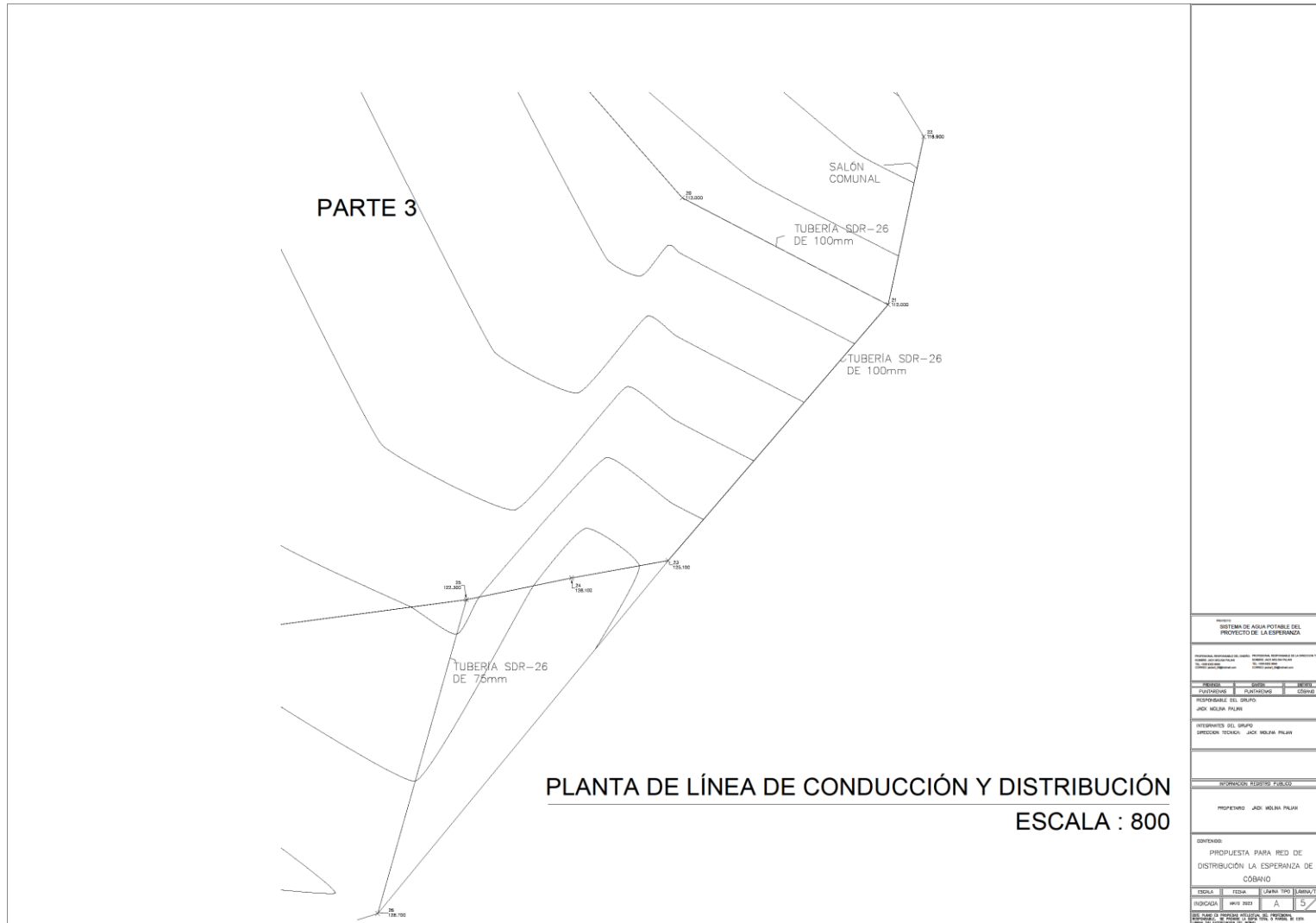


PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
 ESCALA : 800

SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO DE LA ESPERANZA			
INSTITUCIÓN EJECUTORA DEL TRABAJO: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)			
PROYECTO	ÁREA	PROYECTO	PROYECTO
PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO
RESPONSABLE DEL GRUPO: JACK MOLINA PALMIER			
INTEGRANTES DEL GRUPO: DISEÑADOR TÉCNICO: JACK MOLINA PALMIER			
INFORMACIÓN PÚBLICA			
PROFESOR: JACK MOLINA PALMIER			
CONTENIDO: PROPUESTA PARA RED DE DISTRIBUCIÓN LA ESPERANZA DE CÓBANO			
ESCALA	1:800	CANTAS TIRAS	1/6
INDICACIÓN	1/6	INDICACIÓN	1/6
DEL PLANO DE DISEÑO PRESENTADO EN EL PROYECTO DE LA ESPERANZA DE CÓBANO			

Anexo 5 Lámina 4 parte 2

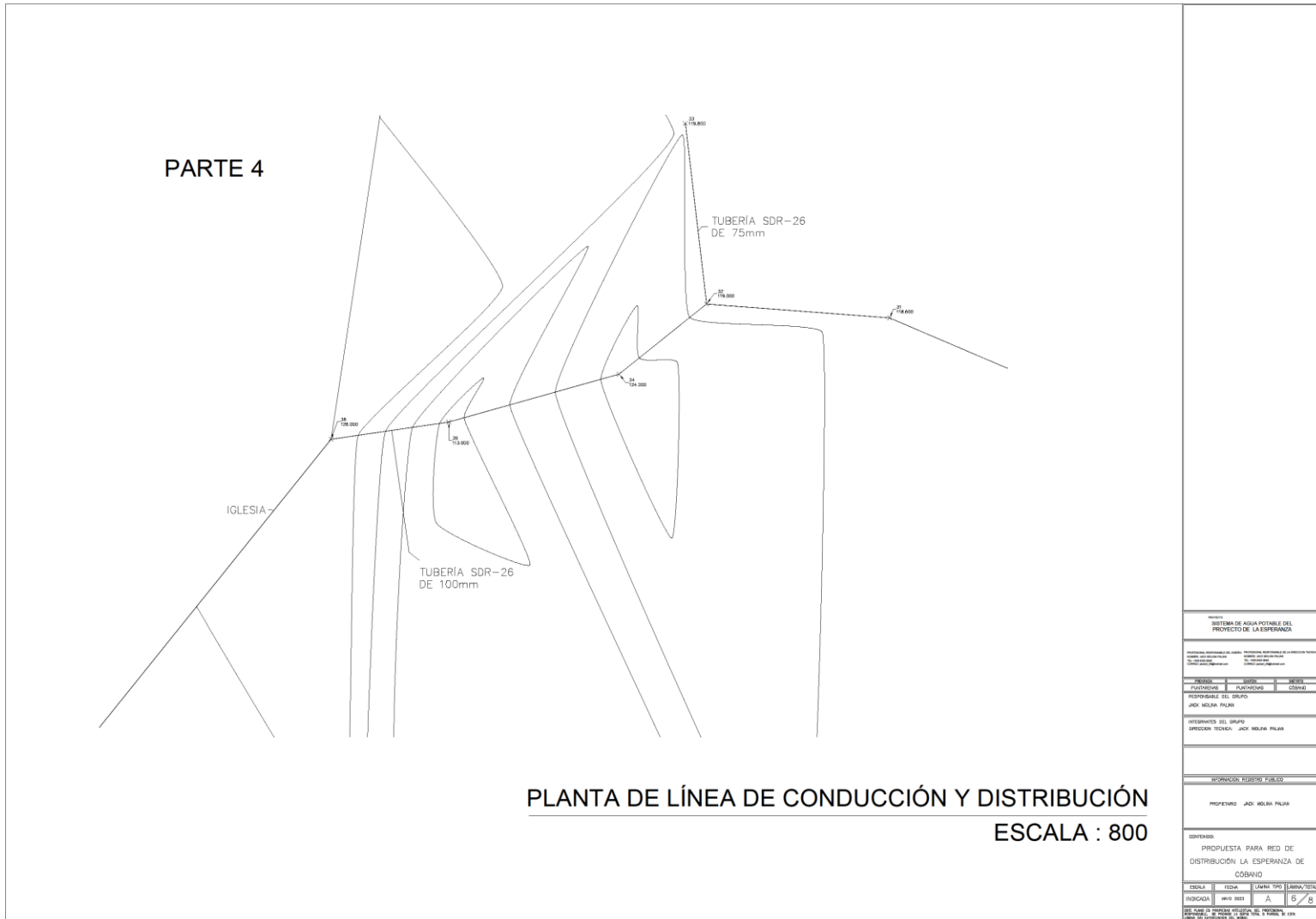
Fuente: Elaboración propia



SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO DE LA ESPERANZA			
<small>           INSTITUCIÓN AUTÓNOMA DEL CANTÓN PASTAZA, PASTAZA, PASTAZA, PASTAZA Y PASTAZA            DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS URBANOS            DIRECCIÓN TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS URBANOS         </small>			
PROYECTO	ESTADO	SERVICIO	
PROYECTO DE AGUA POTABLE	PROYECTO DE AGUA POTABLE	CANTÓN	
RESPONSABLE DEL GRUPO JACI MOLINA PALMA			
INTEGRANTES DEL GRUPO DIRECCIÓN TÉCNICA: JACI MOLINA PALMA			
INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO			
PROYECTO: JACI MOLINA PALMA			
CONTENIDO: PROYECTO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN DE COBANDÓ			
TÍTULO	TOMA	LÁMINA TIPO	LÁMINA TOTAL
PROYECTO	PROYECTO	A	5/8
<small>           ESTE PLANO DE PROYECTO FUE ELABORADO POR EL INGENIERO            JACI MOLINA PALMA EN EL AÑO 2018         </small>			

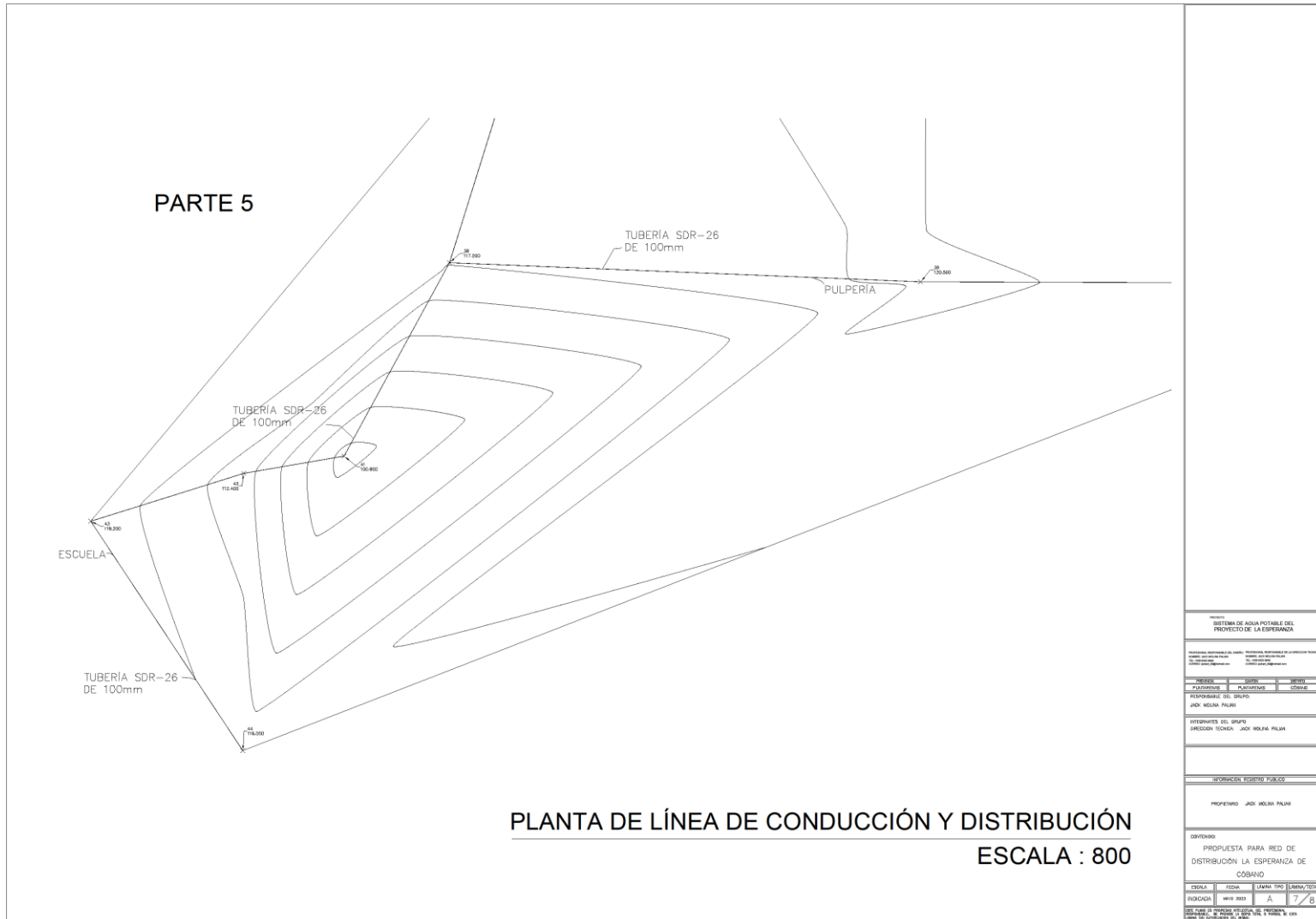
Anexo 6 Lámina 5 parte 3

Fuente: Elaboración propia



Anexo 7 Lámina 6 parte 4

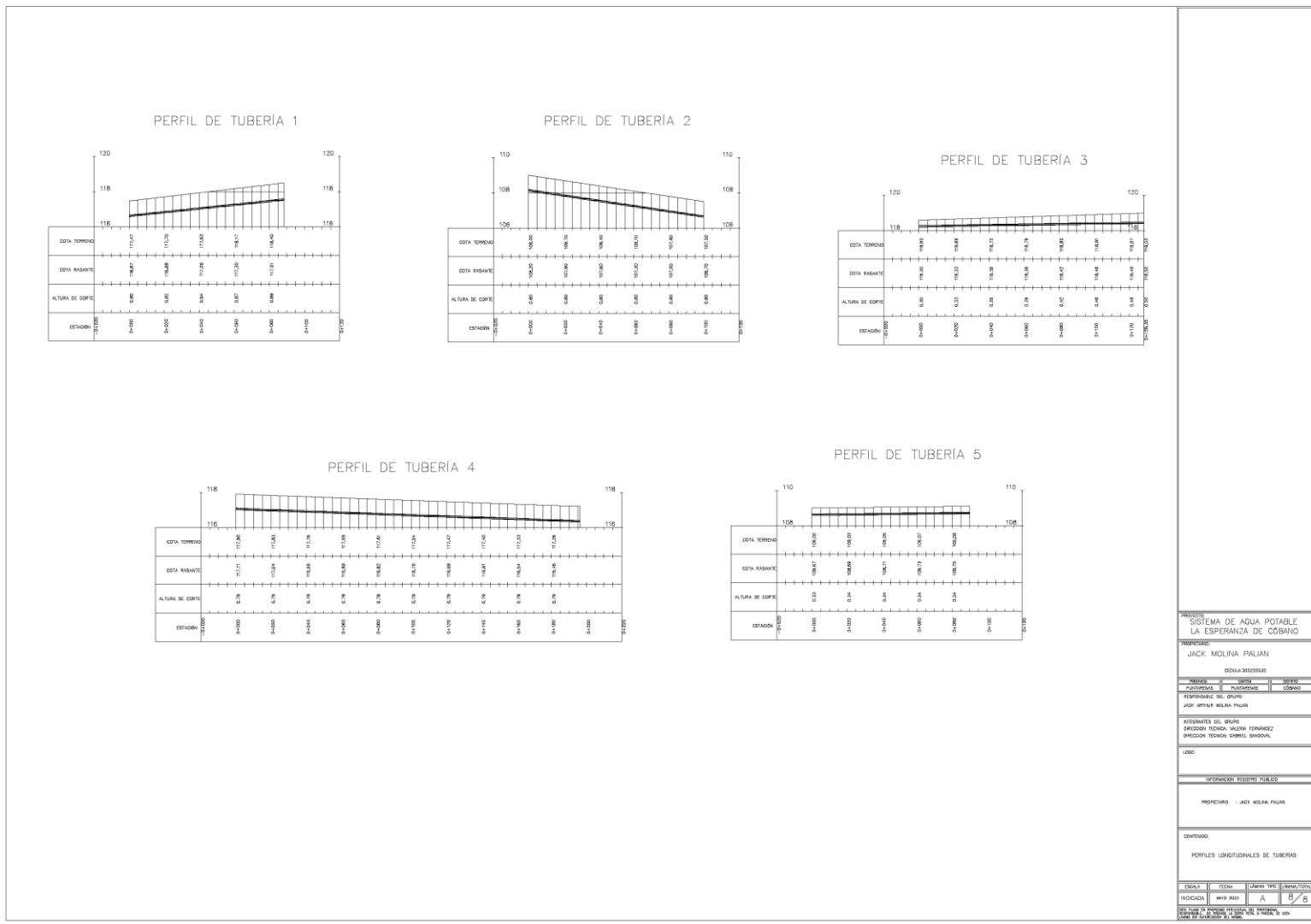
Fuente: Elaboración propia



Anexo 8 Lámina 7 parte 5

Fuente: Elaboración propia





PROYECTO			
SISTEMA DE AGUA POTABLE LA ESPERANZA DE COBANO			
PROFESOR			
JACK MOLINA PALIAN			
CODIGO 30035522			
INDICE	CONT	OTRO	
EXPOSICION	PROYECTOS	OTROS	
RESPONSABLE DEL GRUPO			
JACK MOLINA PALIAN			
PRESENTE DEL GRUPO			
DIRECCION TECNICA INGENIERIA FERNANDEZ			
DIRECCION TECNICA GABRIEL SANDOVAL			
LADO			
INFORMACION REGISTRO PUBLICO			
PROYECTO : JACK MOLINA PALIAN			
CONTENIDO:			
PERFILES LONGITUDINALES DE TUBERIAS			
ESCALA	FECHA	DIAS DEL TR	AREA TOTAL
INDICADA	1999 2002	A	8
ELABORADO POR: J. MOLINA PALIAN			
REVISADO POR: J. MOLINA PALIAN			

Anexo 9 Lámina 8: Perfiles  
Fuente: Elaboración propia

	Elevation	Demand	Pressure
Node ID	m	LPS	m
Junc J-1	128	0.00	3.25
Junc J-2	111	0.00	20.22
Junc J-3	129.1	0.00	2.16
Junc J-4	131.7	0.00	-0.44
Junc J-5	125.1	0.00	6.15
Junc J-7	112.4	0.00	18.82
Junc J-8	100.9	0.00	30.3
Junc J-10	109.5	0.00	21.72
Junc J-11	128.1	0.00	3.15
Junc J-12	122.3	0.00	8.94
Junc J-13	124.2	0.00	7.05
Junc J-14	119	0.00	12.24
Junc J-15	126.4	0.00	4.85
Junc J-16	126	0.00	5.25
Junc J-17	113	0.00	18.22
Junc J-18	119.2	0.00	12.04
Junc J-19	111.2	0.00	20.02
Junc J-20	109.5	0.00	21.72
Junc J-21	112	0.00	19.22
Junc J-22	118.9	0.00	12.34
Junc J-23	119.8	0.00	11.44
Junc J-24	118.6	0.00	12.63
Junc J-25	117	0.00	14.23
Junc J-26	118.5	0.00	12.73
Junc J-29	122	0.00	9.24
Junc J-30	117.2	0.00	14.03
Junc J-31	123.7	0.00	7.54
Junc J-32	112	0.00	19.22

Junc J-34	114.8	0.00	16.43
Junc J-35	109	0.00	22.22
Junc J-36	106.2	0.00	25.01
Junc J-37	116	0.00	15.23
Junc J-38	117.9	0.00	13.33
Junc J-39	106.6	0.00	24.61
Junc J-40	103	0.00	28.2
Junc J-41	128.7	0.00	2.55
Junc J-43	120.5	0.00	10.74
Junc J-44	118.3	0.00	12.93
Junc J-45	107	0.00	24.21
Junc J-46	109.5	0.00	21.72
Junc J-9	107.41	0.00	23.8
Tank T-1	130.26	0.00	1

Anexo 10 Tabla de nodos para modelo existente

Fuente: Elaboración propia

	Length	Diameter
Link ID	m	mm
Pipe T-1,1	35.01	100
Pipe T-2	61.44	75
Pipe T-4	71.17	100
Pipe T-6	74.74	75
Pipe T-7	78.31	100
Pipe T-8	78.4	75
Pipe T-9	83.21	100
Pipe T-10	111.91	100
Pipe T-11	112.56	38.1
Pipe T-12	119.27	38.1
Pipe T-13	123.58	100
Pipe T-14	126.89	100
Pipe T-15	128.35	100
Pipe T-16	128.35	100
Pipe T-18	145.1	100
Pipe T-19	153.72	100
Pipe T-20	154.6	100
Pipe T-22	166.03	100
Pipe T-23	187.16	38.1
Pipe T-24	192.12	100
Pipe T-25	196.17	100
Pipe T-26	197.23	100
Pipe T-27	224.25	100
Pipe T-28	224.3	100
Pipe T-29	226.51	38.1
Pipe T-30	227.64	75
Pipe T-32	329.42	100
Pipe T-33	365.77	100

Pipe T-34	373.01	100
Pipe T-35	391.9	100
Pipe T-36	405.17	100
Pipe T-37	410.34	100
Pipe T-39	507.07	100
Pipe T-1	161.12	100
Pipe T-2,1	234.49	38.1
Pipe T-3	68.17	75
Pipe T-4,1	141.09	100
Pipe T-5	74	38.1
Pipe 1	174.6	100
Pipe 2	118.2	100
Pipe 3	171.9	100

Anexo 11 Tabla de tuberías modelo existente

Fuente: Elaboración propia

	Elevation	Demand	Pressure
Node ID	m	LPS	m
Junc J-1	128	0.087	3.2
Junc J-2	111	0.087	20.16
Junc J-3	129.1	0.087	0.88
Junc J-4	129.7	0.087	0.26
Junc J-5	125.1	0.087	5.1
Junc J-7	112.4	0.087	17.21
Junc J-8	100.9	0.087	28.69
Junc J-10	109.5	0.087	21.5
Junc J-11	128.1	0.087	2.07
Junc J-12	122.3	0.087	7.81
Junc J-13	124.2	0.087	5.53
Junc J-14	119	0.087	10.74
Junc J-15	126.4	0.087	3.61
Junc J-16	126	0.087	3.7
Junc J-17	113	0.087	16.69
Junc J-18	119.2	0.087	10.43
Junc J-19	111.2	0.087	19.8
Junc J-20	109.5	0.087	21.49
Junc J-21	112	0.087	18.34
Junc J-22	118.9	0.087	11.45
Junc J-23	119.8	0.087	9.94
Junc J-24	118.6	0.087	11.17
Junc J-25	117	0.087	14.08
Junc J-26	118.5	0.087	12.46
Junc J-29	122	0.087	9.16
Junc J-30	117.2	0.087	12.43
Junc J-31	123.7	0.087	6.2
Junc J-32	112	0.087	18.47

Junc J-34	114.8	0.087	15.99
Junc J-35	109	0.087	22
Junc J-36	106.2	0.087	24.79
Junc J-37	116	0.087	13.62
Junc J-38	117.9	0.087	11.75
Junc J-39	106.6	0.087	24.39
Junc J-40	103	0.087	27.98
Junc J-41	128.7	0.087	1.42
Junc J-43	120.5	0.087	9.13
Junc J-44	118.3	0.087	11.33
Junc J-45	107	0.087	24.06
Junc J-46	109.5	0.087	21.49
Junc J-9	107.41	0.087	23.58
Tank T-1	130.26	-3.57	1

Anexo 12 Tabla de nodos para propuesta 2023

Fuente: Elaboración propia

	Elevation	Demand	Pressure
Node ID	m	LPS	m
Junc J-1	128	0.085	3.2
Junc J-2	111	0.085	20.16
Junc J-3	129.1	0.085	0.94
Junc J-4	129.7	0.085	0.32
Junc J-5	125.1	0.085	5.15
Junc J-7	112.4	0.085	17.28
Junc J-8	100.9	0.085	28.76
Junc J-10	109.5	0.085	21.5
Junc J-11	128.1	0.085	2.11
Junc J-12	122.3	0.085	7.86
Junc J-13	124.2	0.085	5.59
Junc J-14	119	0.085	10.8
Junc J-15	126.4	0.085	3.66
Junc J-16	126	0.085	3.77
Junc J-17	113	0.085	16.75
Junc J-18	119.2	0.085	10.49
Junc J-19	111.2	0.085	19.81
Junc J-20	109.5	0.085	21.5
Junc J-21	112	0.085	18.37
Junc J-22	118.9	0.085	11.49
Junc J-23	119.8	0.085	10
Junc J-24	118.6	0.085	11.23
Junc J-25	117	0.085	14.09
Junc J-26	118.5	0.085	12.47
Junc J-29	122	0.085	9.16
Junc J-30	117.2	0.085	12.5
Junc J-31	123.7	0.085	6.26
Junc J-32	112	0.085	18.5



Junc J-34	114.8	0.085	16.01
Junc J-35	109	0.085	22.01
Junc J-36	106.2	0.085	24.8
Junc J-37	116	0.085	13.69
Junc J-38	117.9	0.085	11.81
Junc J-39	106.6	0.085	24.4
Junc J-40	103	0.085	27.99
Junc J-41	128.7	0.085	1.47
Junc J-43	120.5	0.085	9.2
Junc J-44	118.3	0.085	11.39
Junc J-45	107	0.085	24.07
Junc J-46	109.5	0.085	21.5
Junc J-9	107.41	0.085	23.59
Tank T-1	130.26	-3.49	1

Anexo 13 Tabla de nodos para propuesta 2028

Fuente: Elaboración propia

	Elevation	Demand	Pressure
Node ID	m	LPS	m
Junc J-1	128	0.083	3.2
Junc J-2	111	0.083	20.17
Junc J-3	129.1	0.083	0.99
Junc J-4	129.7	0.083	0.37
Junc J-5	125.1	0.083	5.19
Junc J-7	112.4	0.083	17.35
Junc J-8	100.9	0.083	28.82
Junc J-10	109.5	0.083	21.51
Junc J-11	128.1	0.083	2.16
Junc J-12	122.3	0.083	7.91
Junc J-13	124.2	0.083	5.66
Junc J-14	119	0.083	10.86
Junc J-15	126.4	0.083	3.72
Junc J-16	126	0.083	3.83
Junc J-17	113	0.083	16.82
Junc J-18	119.2	0.083	10.56
Junc J-19	111.2	0.083	19.81
Junc J-20	109.5	0.083	21.51
Junc J-21	112	0.083	18.41
Junc J-22	118.9	0.083	11.52
Junc J-23	119.8	0.083	10.06
Junc J-24	118.6	0.083	11.29
Junc J-25	117	0.083	14.09
Junc J-26	118.5	0.083	12.48
Junc J-29	122	0.083	9.16
Junc J-30	117.2	0.083	12.56
Junc J-31	123.7	0.083	6.31
Junc J-32	112	0.083	18.53

Junc J-34	114.8	0.083	16.03
Junc J-35	109	0.083	22.02
Junc J-36	106.2	0.083	24.81
Junc J-37	116	0.083	13.75
Junc J-38	117.9	0.083	11.88
Junc J-39	106.6	0.083	24.41
Junc J-40	103	0.083	28
Junc J-41	128.7	0.083	1.52
Junc J-43	120.5	0.083	9.27
Junc J-44	118.3	0.083	11.46
Junc J-45	107	0.083	24.08
Junc J-46	109.5	0.083	21.51
Junc J-9	107.41	0.083	23.6
Tank T-1	130.26	-3.4	1

Anexo 14 Tabla de nodos para propuesta 2033

Fuente: Elaboración propia

	Elevation	Demand	Pressure
Node ID	m	LPS	m
Junc J-1	128	0.081	3.23
Junc J-2	111	0.081	20.2
Junc J-3	129.1	0.081	1.04
Junc J-4	129.7	0.081	0.42
Junc J-5	125.1	0.081	5.23
Junc J-7	112.4	0.081	17.41
Junc J-8	100.9	0.081	28.89
Junc J-10	109.5	0.081	21.56
Junc J-11	128.1	0.081	2.2
Junc J-12	122.3	0.081	7.95
Junc J-13	124.2	0.081	5.72
Junc J-14	119	0.081	10.92
Junc J-15	126.4	0.081	3.77
Junc J-16	126	0.081	3.9
Junc J-17	113	0.081	16.88
Junc J-18	119.2	0.081	10.62
Junc J-19	111.2	0.081	19.86
Junc J-20	109.5	0.081	21.56
Junc J-21	112	0.081	18.45
Junc J-22	118.9	0.081	11.56
Junc J-23	119.8	0.081	10.12
Junc J-24	118.6	0.081	11.35
Junc J-25	117	0.081	14.1
Junc J-26	118.5	0.081	12.49
Junc J-29	122	0.081	9.2
Junc J-30	117.2	0.081	12.63
Junc J-31	123.7	0.081	6.37
Junc J-32	112	0.081	18.56

Junc J-34	114.8	0.081	16.05
Junc J-35	109	0.081	22.06
Junc J-36	106.2	0.081	24.86
Junc J-37	116	0.081	13.82
Junc J-38	117.9	0.081	11.94
Junc J-39	106.6	0.081	24.46
Junc J-40	103	0.081	28.05
Junc J-41	128.7	0.081	1.56
Junc J-43	120.5	0.081	9.33
Junc J-44	118.3	0.081	11.53
Junc J-45	107	0.081	24.12
Junc J-46	109.5	0.081	21.56
Junc J-9	107.41	0.081	23.64
Tank T-1	130.26	-3.32	1

Anexo 15 Tabla de nodos para propuesta 2038

Fuente: Elaboración propia

	Elevation	Demand	Pressure
Node ID	m	LPS	m
Junc J-1	128	0.079	3.21
Junc J-2	111	0.079	20.17
Junc J-3	129.1	0.079	1.09
Junc J-4	129.7	0.079	0.47
Junc J-5	125.1	0.079	5.27
Junc J-7	112.4	0.079	17.48
Junc J-8	100.9	0.079	28.95
Junc J-10	109.5	0.079	21.53
Junc J-11	128.1	0.079	2.24
Junc J-12	122.3	0.079	8
Junc J-13	124.2	0.079	5.78
Junc J-14	119	0.079	10.98
Junc J-15	126.4	0.079	3.82
Junc J-16	126	0.079	3.96
Junc J-17	113	0.079	16.94
Junc J-18	119.2	0.079	10.69
Junc J-19	111.2	0.079	19.83
Junc J-20	109.5	0.079	21.53
Junc J-21	112	0.079	18.48
Junc J-22	118.9	0.079	11.59
Junc J-23	119.8	0.079	10.18
Junc J-24	118.6	0.079	11.41
Junc J-25	117	0.079	14.11
Junc J-26	118.5	0.079	12.5
Junc J-29	122	0.079	9.17
Junc J-30	117.2	0.079	12.69
Junc J-31	123.7	0.079	6.42
Junc J-32	112	0.079	18.59

Junc J-34	114.8	0.079	16.06
Junc J-35	109	0.079	22.04
Junc J-36	106.2	0.079	24.83
Junc J-37	116	0.079	13.88
Junc J-38	117.9	0.079	12.01
Junc J-39	106.6	0.079	24.43
Junc J-40	103	0.079	28.02
Junc J-41	128.7	0.079	1.61
Junc J-43	120.5	0.079	9.39
Junc J-44	118.3	0.079	11.59
Junc J-45	107	0.079	24.09
Junc J-46	109.5	0.079	21.53
Junc J-9	107.41	0.079	23.62
Tank T-1	130.26	-3.24	1

Anexo 16 Tabla de nodos para propuesta 2043

Fuente: Elaboración propia

	Length	Diameter
Link ID	m	mm
Pipe T-1,1	35.01	75
Pipe T-2	61.44	100
Pipe T-4	71.17	100
Pipe T-6	74.74	100
Pipe T-7	78.31	100
Pipe T-8	78.4	100
Pipe T-9	83.21	100
Pipe T-10	111.91	100
Pipe T-11	112.56	75
Pipe T-12	119.27	75
Pipe T-13	123.58	100
Pipe T-14	126.89	75
Pipe T-15	128.35	100
Pipe T-16	128.35	100
Pipe T-18	145.1	100
Pipe T-19	153.72	100
Pipe T-20	154.6	100
Pipe T-22	166.03	100
Pipe T-23	187.16	100
Pipe T-24	192.12	100
Pipe T-25	196.17	100
Pipe T-26	197.23	100
Pipe T-27	224.25	100
Pipe T-28	224.3	100
Pipe T-29	226.51	75
Pipe T-30	227.64	100
Pipe T-32	329.42	100
Pipe T-33	365.77	100



Pipe T-34	373.01	100
Pipe T-35	391.9	100
Pipe T-36	405.17	100
Pipe T-37	410.34	100
Pipe T-39	507.07	100
Pipe T-1	161.12	100
Pipe T-2,1	234.49	100
Pipe T-3	68.17	100
Pipe T-4,1	141.09	100
Pipe T-5	74	75
Pipe 1	174.6	100
Pipe 2	118.2	100
Pipe 3	171.9	100

Anexo 17 Tabla de tuberías para propuesta

Fuente: Elaboración propia

## 8. Glosario

1. Epanet: es un software de modelado hidráulico utilizado para analizar y simular redes de distribución de agua potable. Fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y es ampliamente utilizado en todo el mundo para el diseño, análisis y optimización de sistemas de distribución de agua potable.
2. ASADA: Asociación administradora de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales.
3. AyA: Instituto costarricense de acueductos y alcantarillados el cual tiene como objetivo 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.
4. FODESAF: Fondo de Desarrollo Social y de Asignaciones Familiares.
5. Acueducto: Es un sistema de irrigación que permite transportar agua desde la naturaleza hasta un punto en necesidad de agua potable.
6. Agua potable: Agua tratada y pasada por un proceso de saneamiento para ser capaz de consumirse por el ser humano sin afectar la salud.
7. Análisis hidráulico: Estudia el nivel de presiones que se produce en el sistema para unas condiciones de contorno dadas, que permanecen estables con el tiempo.
8. Análisis geográfico: Determinación de características de áreas geográficas, personas y trabajos que se presentan en el área.
9. Regulaciones: Normas para disponer un determinado orden en un ámbito jurídico

concreto, usualmente es por parte del estado que se dictan las regulaciones.

10. Mantenimiento: Conservación de una cosa en buen estado para evitar su degradación.
11. INEC: Encargada de la producción y divulgación estadística en el país.
12. Topografía: Obtención y procesamiento de datos, el análisis de resultados y la representación gráfica de información dimensional de la superficie terrestre y su entorno.
13. Tubería: Conducto que cumple la función de transportar agua u otras sustancias.
14. Dotación: Cantidad de agua que se asigna a una actividad.
15. Planos: Es una representación gráfica de un objeto o área en una superficie bidimensional.
16. Dimensionamiento: Acción de determinar el tamaño o importancia de algo.
17. Coeficiente: Número que expresa el valor de un cambio en relación con las condiciones en que se produce.
18. Desinfección: Proceso químico que mata o erradica los microorganismos.
19. Válvula: Dispositivo que modifica el paso de un fluido a través de un conducto.
20. GPS: Es un sistema que permite localizar cualquier objeto sobre el planeta con cierta precisión.
21. Geolocalización: Proceso de determinar o estimando la posición geográfica de un

objeto.

22. Distribución de agua potable: Conjunto de tuberías que se instalan en las vías de comunicación para abastecer de agua diferentes edificaciones o urbanizaciones, entre otros.