

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**FACTIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DE LA FUENTE DE AGUA DEL RÍO  
PACHIJAL PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA  
DE NANEGALITO – CHOCÓ ANDINO**

### **EVALUACIÓN HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN AGUA Y  
SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**ANDREA CAROLINA OÑA PÉREZ**

**DIRECTOR: ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES**

**DMQ, marzo 2023**

## CERTIFICACIONES

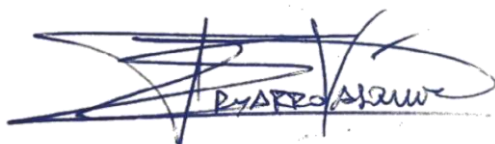
Yo, ANDREA CAROLINA OÑA PÉREZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



---

ANDREA CAROLINA OÑA PÉREZ  
[andrea.onaperez@epn.edu.ec](mailto:andrea.onaperez@epn.edu.ec)  
[andreacarolina1302@gmail.com](mailto:andreacarolina1302@gmail.com)

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por ANDREA CAROLINA OÑA PÉREZ, bajo mi supervisión.



---

ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES  
DIRECTOR  
[eduardo.vasquez@epn.edu.ec](mailto:eduardo.vasquez@epn.edu.ec)

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

ANDREA CAROLINA OÑA PÉREZ

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres y hermanas que supieron darme ánimos y se preocuparon por mí mientras escribía esta tesis. También se las dedico a mis amigos quienes fueron un gran apoyo emocional durante este tiempo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su cariño, comprensión y apoyo constante e incondicional a lo largo de mis estudios.

Agradezco a mis docentes quienes supieron guiarme y enseñarme todo cuanto ellos conocen para poder ejercer como profesional y ser mejor persona cada día.

A mi tutor, Ing. Eduardo Vásquez por su paciencia y tolerancia durante toda la carrera, y por ser un gran profesor que se preocupa que todos sus alumnos comprendan y crezcan como personas en todo ámbito.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO DE ILUSTRACIONES.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO DE ECUACIONES.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1. Objetivo general.....	1
1.2. Objetivos específicos.....	1
1.3. Alcance.....	2
1.4. Marco Teórico.....	2
1.4.1 Sistema de abastecimiento para pequeñas poblaciones- urbanas.....	2
1.4.2 Componentes de los sistemas.....	2
1.4.3 Conducciones.....	4
1.4.4 Almacenamiento.....	5
1.4.5 Distribución.....	5
1.4.7 Prefactibilidad y factibilidad de proyectos.....	6
1.4.8 Georreferenciación de proyectos.....	7
1.4.9 Aforo de caudales.....	8
1.4.10 Evaluación hidráulica.....	9
2 METODOLOGÍA.....	9
2.1. Levantamiento de información.....	9

2.1.1	Resumen de la localización del proyecto .....	9
2.1.2	Visitas técnicas, recopilación de información .....	10
2.1.3	Levantamiento de puntos georreferenciados.....	10
2.2.	Aforo de caudales .....	10
2.2.1	Aforo líquido en el río .....	10
2.2.2	Cálculo para caudal de aforo líquido en el río.....	11
2.2.3	Aforo volumétrico en tanque de llegada .....	12
2.3.	Dotación de agua .....	12
2.4.	Estimación poblacional .....	13
2.5.	Evaluación hidráulica .....	14
2.5.1	Procesamiento de información de campo .....	14
2.5.2	Cálculo de caudales de consumo .....	14
2.5.3	Elaboración de planimetrías y perfiles.....	15
2.5.4	Trazado de conducciones.....	15
2.5.5	Trazado de perfiles y determinación de ubicación de accesorios.....	15
2.5.6	Modelación hidráulica de conducción .....	16
2.6.	Planos y presupuestos .....	17
2.6.1	Cálculo de cantidades de obra .....	17
2.6.2	Elaboración de presupuestos.....	18
3	RESULTADOS.....	18
3.1.	Visitas técnicas .....	18
3.1.1	Datos censados .....	18
3.1.2	Levantamiento de puntos GPS.....	18
3.1.3	Aforo de río .....	19
3.1.4	Resultados de la población futura.....	21
3.2.	Evaluación hidráulica .....	24
3.2.1	Captura de curvas de nivel y trazados de líneas.....	24
4	CONCLUSIONES.....	38

5	RECOMENDACIONES.....	39
6	BIBLIOGRAFÍA.....	40
7	ANEXOS.....	42
7.1	ANEXO I: Certificado de originalidad.....	42
7.2	ANEXO II: Planos .....	44
7.3	ANEXO III: Carta topográfica CALACALI.....	53
7.4	ANEXO IV: Información del cuadrado azul del anexo anterior. ....	54
7.5	ANEXO V: Registro fotográfico.....	55
7.6	ANEXO VI: Tablas EPANET .....	56
7.7	ANEXO VII: Memoria Técnica .....	58



## ÍNDICE DE CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b>	Tipos de captación de aguas superficiales.....	3
<b>Ilustración 2</b>	Medición de ancho de caudal.....	11
<b>Ilustración 3</b>	Secciones parciales del río.....	12
<b>Ilustración 4</b>	Aforo volumétrico .....	12
<b>Ilustración 5</b>	Dotaciones recomendadas.....	13
<b>Ilustración 6</b>	Posicionamiento de los puntos GPS y trazado de la línea de conducción.....	19
<b>Ilustración 7</b>	Áreas de secciones del río .....	20
<b>Ilustración 8</b>	Comportamiento de caudales teóricos.....	23
<b>Ilustración 9</b>	Esquema de fuentes de abastecimiento .....	24
<b>Ilustración 10</b>	Curvas de nivel de la carta topográfica de CALACALI .....	25
<b>Ilustración 11</b>	Curvas de restitución con Plex Earth .....	26
<b>Ilustración 12</b>	Trazado del primer perfil.....	26
<b>Ilustración 13</b>	Trazado modificado (segundo perfil).....	27
<b>Ilustración 14</b>	Trazado modificado (Tercer perfil) .....	28
<b>Ilustración 15</b>	Comparación de perfiles: línea magenta (línea de conducción base) y línea naranja (tercer trazado).....	28
<b>Ilustración 16</b>	Comparación de perfiles con vista en Google Earth .....	29
<b>Ilustración 17</b>	Parte del perfil con las válvulas colocadas.....	29
<b>Ilustración 18</b>	Diámetros de las tuberías .....	32
<b>Ilustración 19</b>	Caudal a lo largo de la tubería.....	33
<b>Ilustración 20</b>	Presiones del sistema estático .....	34

## ÍNDICE DE CONTENIDO DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Dinámica de fluidos, ecuación de continuidad .....	11
<b>Ecuación 2</b> Aforo volumétrico.....	12
<b>Ecuación 3</b> Cálculo de población futura método geométrico .....	13
<b>Ecuación 4</b> Tasa de crecimiento geométrico.....	14
<b>Ecuación 5</b> Cálculo promedio .....	14
<b>Ecuación 6</b> Cálculo caudal máx. diario.....	14
<b>Ecuación 7</b> Cálculo caudal máx. Horario.....	15

## ÍNDICE DE CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Datos de censos en la parroquia de Nanegalito .....	18
<b>Tabla 2</b> Coordenadas del proyecto .....	18
<b>Tabla 3</b> Datos obtenidos de la medición en el río.....	19
<b>Tabla 4</b> Cálculo de caudal en el río.....	20
<b>Tabla 5</b> Caudal en el tanque de llegada.....	21
<b>Tabla 6</b> Datos de población según los censos .....	21
<b>Tabla 7</b> Cálculo de población futura por el método geométrico .....	21
<b>Tabla 8</b> Cálculo de caudal medio .....	22
<b>Tabla 9</b> Caudal máximo diario .....	22
<b>Tabla 10</b> Caudal máximo horario .....	22
<b>Tabla 11</b> Ubicación de válvulas .....	30
<b>Tabla 12</b> Longitud y accesorios de la conducción .....	31
<b>Tabla 13</b> Datos del EPANET.....	34
<b>Tabla 14</b> Rubros de la conducción.....	37

## RESUMEN

El presente proyecto se plantea el diseño de una conducción y su factibilidad para el aprovechamiento de una fuente de agua del río Pachijal para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito. La comunidad de Nanegalito se encuentra al noroccidente de Quito, capital del Ecuador, este sistema se lo desarrolla para aumentar el caudal de consumo debido a que la oferta actual no es suficiente y en épocas secas es casi nula. La evaluación hidráulica de la línea de conducción de agua de la captación del río hasta el tanque de llegada se la realizó con base en visitas técnicas, levantamiento topográfico donde se tomaron puntos georreferenciados del posible sitio de captación, tanque de llegada, análisis de rutas y alternativas para el recorrido de la línea de conducción, además de esto se realizaron aforos de caudales en el cuerpo de agua (fuente de abastecimiento) y tanque de almacenamiento actual. Para la obtención de datos poblacionales se buscó información en el sitio web del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

Con los datos obtenidos de los aforos se calculó caudales teóricos y caudales del río; además de la información de los censos se pudo analizar la población futura que servirá para establecer si los caudales actuales son suficientes y valorar la necesidad de tener una nueva fuente de abastecimiento para incrementar el caudal.

Con los datos obtenidos de las visitas técnicas se usaron diferentes softwares como Civil 3D, EpaCAD, EPANET, Plex Earth, Google Earth, para la construcción de planimetrías, perfiles de la conducción de agua, colocación de válvulas y otros. Posterior a esto se seleccionó la mejor alternativa de trazado de la conducción, que es el tercer trazado, para poder realizar simulaciones hidráulicas y conocer velocidades, presiones, diámetros, longitudes y cotas del proyecto. Tras las simulaciones se realizó la estimación de costos de la línea de conducción para que el GAD Nanegalito puede analizar la factibilidad de plantear el proyecto de diseño definitivo de la ampliación del sistema de abastecimiento actual.

**PALABRAS CLAVE:** Abastecimiento, Conducción, Río, Aforos, Captación.

## **ABSTRACT**

This project proposes the design of a pipeline and its feasibility for the use of a water source from the Pachijal River for the supply of drinking water in the parish of Nanegalito. The community of Nanegalito is located northwest of Quito, the capital of Ecuador. This system is being developed to increase the consumption flow because the current supply is not sufficient and in dry seasons it is almost nil. The hydraulic evaluation of the water conduction line from the river catchment to the arrival tank was carried out based on technical visits, topographic survey where georeferenced points were taken of the possible catchment site, arrival tank, analysis of routes and alternatives for the conduction line route, in addition to this, flow gauging was carried out in the water body (supply source) and current storage tank. To obtain population data, information was sought on the website of the National Institute of Statistics and Census (INEC).

Theoretical flows and river flows were calculated with the data obtained from the gauging; in addition to the census information, the future population could be analyzed to establish whether the current flows are sufficient and to assess the need for a new supply source to increase the flow.

With the data obtained from the technical visits, different software such as Civil 3D, EpaCAD, EPANET, Plex Earth, Google Earth, were used for the construction of planimetries, water conduction profiles, valve placement and others. After this, the best alternative for the pipeline layout was selected, which is the third layout, to carry out hydraulic simulations and to know velocities, pressures, diameters, lengths, and elevations of the project. After the simulations, a cost estimate was made for the pipeline so that the GAD Nanegalito can analyze the feasibility of proposing the definitive design project for the expansion of the current supply system.

**KEYWORDS:** Supply, Conduction, River, Gauging, Catchment.

# **1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

El proyecto de factibilidad de aprovechamiento de la fuente de agua del río Pachijal para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito – Chocó Andino, es un proyecto pensado en mejorar la calidad de vida de la comunidad de Nanegalito debido a la escasez del recurso hídrico en épocas de sequía, lo que provoca malestar a la población. Es por lo que en este trabajo se evaluó la factibilidad de actualizar el sistema de abastecimiento actual mediante el aprovechamiento de una nueva fuente de abastecimiento del río Pachijal. Este cuerpo de agua superficial es conocido por la población como Río Pachijal, pero en cartas topográficas se le nombra Río San José siendo este un afluente del Río Pachijal. Para realizar este proyecto se necesitó el levantamiento de información, número de habitantes del sector, actividades económicas a la que se dedica la población. Además, se visitó diferentes puntos en la localidad para tener un conocimiento sobre la realidad del sistema que se tiene en el presente; se realizó recorridos con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para establecer la ruta más favorable desde la posible captación y línea de conducción de agua hasta el tanque de llegada. En la recolección de información fue necesaria la ayuda del personal del Gobierno Autónomo Descentralizado de Nanegalito (GAD), quienes guiaron por senderos conocidos por la comunidad que puedan servir para la posible conducción de agua y a su vez obtener datos reales para los cálculos y análisis del sistema a pre-diseñar.

El sistema pensado para la factibilidad debe tener un período de diseño de al menos 30 años por normativa de la Empresa Pública Metropolitana de Agua y Saneamiento de Quito (EPMAPS). Se realizó la simulación en softwares como Civil 3D, EpaCAD y EPANET, con la finalidad de analizar la hidráulica del sistema y observar si cumple con los requerimientos de normativa para el abastecimiento de caudal.

Después de todos los análisis se debe presentar una memoria técnica con los resultados, planos y costos referenciales para la construcción, implementación, operación y mantenimiento del sistema.

## **1.1. Objetivo general**

- Determinar la factibilidad de aprovechamiento de la fuente de agua del río Pachijal para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito – Chocó Andino.

## **1.2. Objetivos específicos**

- Levantar información topográfica y recopilar datos necesarios para el cálculo de caudales de consumo.
- Trazar alternativas de líneas de conducción de agua desde el sitio de captación hasta el reservorio existe.

- Evaluar hidráulicamente las líneas de conducción trazada, seleccionar la mejor alternativa y realizar planos y presupuestos de la alternativa seleccionada.

### **1.3. Alcance**

La parroquia de Nanegalito cuenta con un sistema de abastecimiento manejado por la EPMAPS, sin embargo, cuando llega la época seca el caudal disminuye, por ende, no es posible satisfacer la demanda de agua potable a la comunidad por lo que se requiere una fuente adicional.

El presente proyecto se enfocó en determinación de la topografía del terreno desde el posible sitio de captación hasta el reservorio actual. Actividades como el análisis de caudal, población, características de la zona permitió generar alternativas de trazado de la conducción, evaluación hidráulica de la alternativa seleccionada, presentación de planos y presupuestos de la alternativa. Todos los datos fueron recolectados mediante visitas técnicas, datos bibliográficos, antecedentes y estudios técnicos, que deben estar acorde a la normativa vigente.

### **1.4. Marco Teórico**

#### **1.4.1 Sistema de abastecimiento para pequeñas poblaciones- urbanas**

##### **Fuente de abastecimiento**

Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en el conjunto de obras necesarias para captar, encauzar, tratar, almacenar y distribuir agua de fuentes naturales, subterráneas o superficiales, a los hogares de los habitantes que se beneficiarán del sistema (Cárdenas & Patiño, 2010). Para la selección de una fuente de abastecimiento se debe escoger entre dos grupos de agua naturales que son aguas superficiales y comprende a ríos, lagos, embalses; aguas subterráneas como pozos, manantiales y galerías filtrantes.

Para la elección adecuada de la fuente se debe tomar en cuenta diferentes aspectos como: el garantizar la obtención del caudal necesario para la satisfacción de la población, considerando su crecimiento a lo largo de los años de diseño; garantizar la cantidad y calidad del agua con el mínimo gasto de los recursos económicos.

En caso de elegir un río como fuente de abastecimiento se debe considerar la variación del caudal para la determinación de extracción en períodos de sequía (INEN, 2018).

#### **1.4.2 Componentes de los sistemas**

##### **Captaciones**

Para la selección de un tipo de captación se debe realizar considerando los niveles de agua en la fuente de abastecimiento y los niveles que se deben garantizar en la conducción, tomando en cuenta los escenarios topográficos, hidrológicos y geológicos del lugar

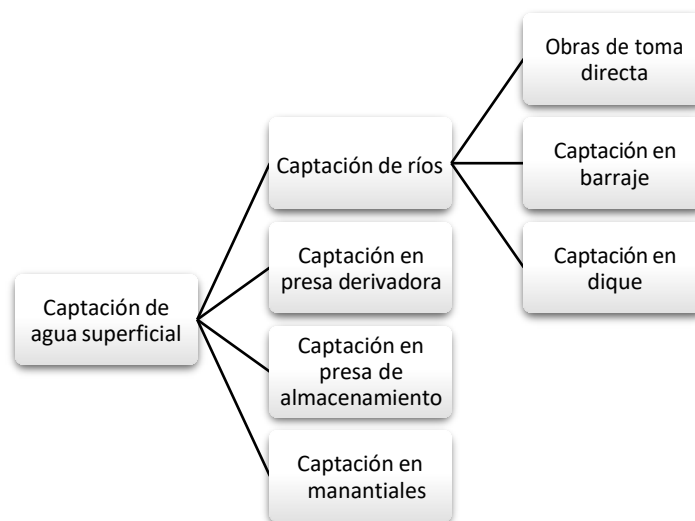
(EPMAPS,2008). Si los niveles de agua en el río lo permiten, se puede hacer tomas por derivación directa, ubicadas en las orillas. En el caso de que los niveles de agua en el río sean inferiores a los que se requieren en la conducción, se debe considerar la construcción de azudes de derivación (INEN, 2018).

En obras de captación ubicadas en pequeños afluentes se debe garantizar que tengan un funcionamiento normal en períodos de estiaje y que tengan capacidad de retención de hojas, ramas, y cualquier otro material flotante (INEN, 2018).

## Tipos de captaciones

### a) Captación de aguas superficiales

Las aguas superficiales en su mayoría son la principal alternativa de suministro, requiriendo construcciones civiles de captación que por lo general se utilizan equipos de bombeo para su extracción. Este recurso puede ser aprovechado eficientemente si se construyen embalses o si se deriva el caudal sobre elevando el nivel del río (CONAGUA, Obras de Captación Superficiales, 2015)



**Ilustración 1** Tipos de captación de aguas superficiales

**Fuente:** (CONAGUA, Obras de Captación Superficiales, 2015)

### b) Captaciones para agua subterránea

Este tipo de agua hace referencia a la infiltración de la corriente hídrica por los suelos y subsuelos, hasta un nivel donde se acumula, generalmente no son tan profundos por lo que su extracción puede ser sencilla. Las captaciones más comunes son:

1. Captación de vertientes
2. Galerías filtrantes
3. Pozos excavados
4. Pozos hincados o punteras
5. Pozos profundos



(CONAGUA, Obras de Captación Superficiales, 2015)

### 1.4.3 Conducciones

La elección del método de conducción debe definirse en base a estudios de calidad del agua, tipo de fuente de abastecimiento, distancia entre la fuente y el sitio a servir; condiciones topográficas, geológico geotécnicas, cantidad de agua a transportar y su vida útil oscile entre 20 a 30 años de funcionamiento (EPMAPS, 2008).

Tipos de conducción:

1. Conducción por bombeo: en este tipo de conducción se necesita añadir energía para el transporte del caudal de diseño. Normalmente es usado cuando el punto de captación es menor al punto de llegada y la línea piezométrica es menor.
2. Conducción por gravedad: este tipo de conducción se lo emplea cuando el punto de captación es de mayor altura que el punto del tanque de llegada, lo que facilita el transporte del caudal, ya que se da por diferencia de energía en el sistema.
3. Conducción combinada: según la topografía del lugar se analiza el traslado de la conducción por lugares que sobrepasen la línea piezométrica, es necesario construir un tanque intermedio lo que provoca una conducción por tramos bombeo-gravedad.

(CONAGUA, Conducciones, 2015)

La elección del sistema de conducción debe hacerse sin excluir la posibilidad que en determinados casos pueda utilizar la combinación de los sistemas, estableciéndose tramos del uno y del otro, especialmente por consideraciones vinculadas con el relieve del terreno. Está permitido el uso de tramos sucesivos de conducción a gravedad y a presión, ya sea por gravedad o por bombeo, siempre y cuando se respeten las condiciones particulares de funcionamiento de cada tramo. Las estructuras destinadas a la conducción se diseñarán para garantizar el transporte del caudal necesario para satisfacer la demanda de agua, considerada al final del período de diseño (Murrillo & Alcívar, 2015).

Las obras de conducción deben diseñarse para garantizar:

1. Transporte desde la fuente de abastecimiento de agua y entregada a los usuarios sin interrupción;
2. Evitar que entren objetos flotantes y basura;
3. Evitar que entre aire en la tubería presurizada;
4. Limitar la sobrepresión generada durante la operación transitoria;
5. Proteger la conducción de la contaminación de las aguas superficiales y el aire;
6. Posibilidad de realizar operaciones de mantenimiento para diferentes categorías de garantías de suministro y características de los usuarios en el plazo previsible.

#### **Consideraciones para poder diseñar una línea de conducción:**

1. Velocidad mínima permitida para materiales como concreto o revestidas en concreto

o materiales plásticos es de 0,45 m/s.

2. Velocidad máxima dependerá del caudal a transportar, el diámetro de la sección y material de la obra; velocidades para conducciones en hormigón 6 m/s y conducciones con material plástico 8 m/s.
3. Se debe colocar accesorios a lo largo de la conducción para realizar su mantenimiento y control. Para ello se puede usar válvulas de aire, purga, corte; bocas de acceso, sitios de medición, anclajes, entre otros. Se los puede identificar por codificación de colores.
4. Las presiones mínimas son 5 metro por columna de agua (m.c.a) sobre el nodo de la tubería en los puntos más elevados del perfil, esto es para evitar cortes con la línea piezometría y la despresurización de las tuberías.

(EPMAPS, 2008)

#### **1.4.4 Almacenamiento**

Se debe disponer de un tanque para almacenar el caudal de agua potable a distribuirse a la población de forma continua y equilibrada. Se debe garantizar la demanda en todas las horas de consumo de la población además de tener un caudal para emergencias (INEN, 2018).

Existen tanques superficiales y elevados, los primeros se construyen cuando la topografía del lugar ayuda con los requerimientos hidráulicos, mientras que los segundos se ubican generalmente sobre una torre que ayuda a obtener las presiones adecuadas a la red de distribución (INEN, 2018).

#### **1.4.5 Distribución**

Una red de distribución es un conjunto de tuberías, accesorios, codos y demás infraestructura que sirve para el transporte de agua de la fuente de abastecimiento al tanque regulador o de llegada (EPMAPS, 2008).

Para el diseño de la distribución se debe analizar la población actual y futura de la zona estudiada, esto se hará para el dimensionamiento de la red, ubicación de accesorios que ayudan con la conducción del caudal y al mantenimiento de las tuberías (EPMAPS, 2008).

Según el diámetro o su función, las redes de distribución pueden dividirse en dos grupos:

- Redes matrices o principales: son el conjunto de tuberías de mayor diámetro que se usarán en la distribución del agua potable, conforman mallas principales del sistema que distribuyen el agua del tanque de reserva a las redes menores (EPMAPS, 2008).

- Redes menores o secundarias: este conjunto de redes se identifica por ser tuberías pequeñas en diámetro destinadas al suministro de agua en las viviendas, municipios, escuelas y demás instituciones públicas o privadas.

(EPMAPS, 2008)

Las redes resultan de cálculos hidráulicas que garantizan la presión suficiente para el funcionamiento correcto del sistema.

#### **1.4.6 Cantidad de agua**

##### **Métodos de determinación de población futura**

Las proyecciones de crecimiento poblacional pueden ser determinados por tres métodos conocidos como: proyección aritmética, geométrica y logarítmica (INEN, 2018). Para calcular el tipo de proyección de la población necesitamos conocer los datos de censos realizados en los anteriores años, la información se la puede obtener del Institución Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), para los cálculos se debe usar un período de diseño de 30 años (EPMAPS, 2008).

El cálculo de la población es un dato clave para la elaboración de un sistema de agua ya que este debe satisfacer a la población actual y futura durante su período de funcionamiento. Para ello se debe recolectar información de datos demográficos, que serán obtenidos de censos de población del INEC y censos de la localidad. Esto nos ayudará en los cálculos de análisis de proyección de población (EPMAPS, 2008).

##### **Consumo**

Para asignar la dotación que requiere una población se debe analizar factores como: características socioeconómicas, climatología, consumos medios registrados en la zona o en zonas aledañas (si no se tiene un dato exacto); analizar las pérdidas por fugas o desperfectos de la conducción (EPMAPS, 2008).

Existe una estratificación de consumo en las diferentes zonas y dependen de la región, climatología, hidrología, actividades de la comunidad, y para las zonas rurales (INEN, 2018).

##### **Cálculo de caudales de consumo**

Para el cálculo de la demanda de agua es necesario saber el uso que le va a dar la población y cuáles son sus principales actividades económicas, porque influye en la dotación total y a la captación del caudal, para los cuales se debe saber si se tienen servicios básicos, número de habitantes por vivienda, actividades económicas, comercios e industrias, cada una de ellas consumirá de forma diferente la dotación que se le entregue (EPMAPS, 2008).

#### **1.4.7 Pre factibilidad y factibilidad de proyectos**

##### **Definiciones**

En la pre factibilidad de un proyecto es necesaria la recopilación de todos los datos específicos como: aspectos físico-geográficos, topográfico, geológico, geotécnico, análisis de amenazas,

riesgos, hidrológicos, población, economía, analizar la calidad y cantidad de agua es requerida para abastecer actualmente a la comunidad, tipo de fuente en los alrededores, entre otros, además, de estos estudios se requieren planos del proyecto con las áreas analizadas, esquemas, una estimación de costos del proyecto que serán entregados al GAD (EPMAPS, 2008).

En la factibilidad del proyecto se necesita información de campo más específica, se debe tener definida la zona a analizarse y en esta se harán levantamientos topográficos, restituciones aerofotogrametrías, investigaciones geológicas, geotécnicas, se analizaron las ubicaciones de los diferentes componentes del sistema, se realizaron mediciones, aforos, levantamientos y estudios de líneas de conducción y transmisión (EPMAPS, 2008). En tema de costos, el presupuesto de la alternativa seleccionada debe ser más preciso que el presupuesto de pre factibilidad, aquí se incluyeron los valores y accesorios que fueron identificados en esta etapa, además de aumentar costos de operación y mantenimiento del sistema, adicional se debe entregar un informe final con todas las actividades realizadas con sus anexos correspondientes (EPMAPS, 2008).

#### **Requisitos de los proyectos**

Para ejecutar estudios de pre factibilidad es necesario cumplir como mínimo los siguientes estudios: período de diseño, estimación poblacional actual y su proyección, dotaciones, demanda actual y futura, diseño para diferentes componentes y accesorios en el sistema de conducción de agua cruda para su tratamiento, etc. (EPMAPS, 2008).

También se deben realizar estudios específicos: fuente de abastecimiento, líneas de conducción; calidad, cantidad y uso de agua, líneas de transmisión, análisis de sistemas de tratamiento, análisis hidráulico y costos (EPMAPS, 2008).

En el período de factibilidad se estudiarán las acciones tomadas en el estudio de pre factibilidad, se complementarán cada una de acciones tomadas y se aumentarán factores técnicos, jurídicos, ambientales y otros. Así se podrá elegir de mejor manera la alternativa adecuada a la zona (EPMAPS, 2008).

#### **Registro de resultados**

Se dio una alternativa para la construcción del sistema de captación de agua para el abastecimiento de agua potable a la comunidad, esta alternativa contiene los resultados, costos, planos y estarán dentro de una memoria técnica que serán entregados a la autoridad del GAD Nanegalito.

### **1.4.8 Georreferenciación de proyectos**

#### **Levantamiento de restitución**

El proceso de un levantamiento topográfico consta de dos etapas que son: altimétrico, que describe las operaciones que se necesitan para la obtención de datos como la altura en un

punto de referencia, la segunda etapa es el levantamiento planimétrico que es un grupo de operaciones para obtener puntos que posteriormente servirán para la creación de curvas de nivel (García-Martín, 1994).

La información cartográfica es necesaria sobre curvas de nivel, datos de cuerpos de agua y vías, se deben descargar de las cartas topográficas disponibles en la página del Instituto Geográfico Militar, para este proyecto, según las coordenadas obtenidas previamente, se usarán datos de la carta topográfica llamada "CALACALI". Se cargarán al programa Civil 3D los datos de las curvas de nivel que están separadas cada 45 metros, ubicación de los cuerpos de agua y vías necesarias que complementan la visualización del proyecto.

### **Información en línea**

Para el trazado de las líneas es necesario disminuir la distancia entre curvas de nivel por ello se usó el software Plex Earth, el cual ayudó a la restitución y dibujo de nuevas curvas con datos satelitales de Google Earth, dando así una mayor información topográfica para trabajar (Kaliakatsos, 2009).

Plex Earth: es un software de visión geográfica 3D, que facilita el trabajo en AutoCAD, ayudando en la importación de imágenes con ayuda satelital, importación de terreno con ayuda de puntos y datos de Google Earth y varios proveedores de AutoCAD, aumentado la precisión del trabajo a realizar (Kaliakatsos, 2009).

### **Métodos y materiales para recopilar información**

Para la obtención de información se realizó visitas técnicas para conocer los lugares estratégicos donde se realizará el proyecto, se deben hacer consultas en internet para conocer el crecimiento poblacional, datos que están en INEC. También, se deben ocupar equipos como el medidor de flujo para determinar velocidades en los tramos del área del río y así determinar caudales, GPS para recolectar puntos de georreferencia del proyecto para realizar trazados y levantamientos topográficos.

#### **1.4.9 Aforo de caudales**

El aforo de caudales permite establecer la cantidad de agua existente en el cauce analizar.

##### **Método en cauces o ríos**

La información del ancho y profundidad de cada sección del río y con la velocidad correspondiente de cada caudal, permitirá el cálculo del área por segmentos. Finalmente, se debe sumar todas las áreas parciales para tener el área total del río.

Se tomará las velocidades a la mitad del calado del río en el tramo analizar o a la altura que el equipo registre datos y a su vez no toque el fondo, puede ser a mitad de la altura del calado. Además, el tiempo de estabilización debe ser por lo menos 30 a 40 segundos por sección (Rauhermi,2017).

##### **Método volumétrico**

Este tipo de aforo consiste en recolectar un volumen en un tiempo específico, para medir el volumen se debe usar un balde medidor (Torres, 2006). Este método es sencillo, no requiere equipos sofisticados y, con una adecuada ejecución, es de gran precisión. Se debe tomar en cuenta que mientras más grande el recipiente más tiempo llevará llenarlo hasta una marca (Basán, 2008).

#### **1.4.10 Evaluación hidráulica**

##### **Trazado de redes**

En el trazado de la red o línea de conducción se debe tomar en cuenta la facilidad de la construcción de esta, las posibles negociaciones por los lugares por donde atraviesa la obra, obtención de licencias y que entre la maquinaria. Además de esto se debe verificar que sea una zona donde se pueda hacer un mantenimiento, evitando riesgos como derrumbes los caminos puedan ser transitables, entre otros (Narvaez, 2012).

Conjuntamente se debe determinar un caudal, diámetros internos y externos de la tubería, longitudes, cotas, presiones, cruces de carretera, vías (INEN, 2018).

El trazado de tuberías a presión se deben construir tramos rectos o tramos seguidos a cambios de dirección. Se recomienda dividir la tubería de conducción en tramos para su mantenimiento puede ser cada 3 kilómetros. Por lo general las conducciones deben ir enterradas, sin embargo, en la vía pueden ir en un canal que las proteja y sea más fácil su manipulación (INEN, 2018)

##### **Hidráulica de las conducciones**

Para analizar la hidráulica en la conducción se debe tomar en cuenta el tipo de material a usar, su rugosidad, diámetros, accesorios, entre otros. Para poder calcular las pérdidas se debe verificar el funcionamiento de cada tamo, presiones, velocidades, material, características del terreno, entre otros (INEN, 2018).

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1. Levantamiento de información**

#### **2.1.1 Resumen de la localización del proyecto**

El presente proyecto de factibilidad de conducción de agua potable se realizó en la parroquia de Nanegalito, ubicado al noroccidente de la provincia de Pichincha, en la cual se busca aumentar el caudal de agua para abastecer a la población de Nanegalito, ya que, en épocas de estiaje, la dotación no es la suficiente para su distribución y consumo.

La parroquia de Nanegalito se dedica en su mayoría a la agricultura y ganadería. Además, es una zona mega diversa, ya que consta de numerosos paisajes, fauna, flora y variación climática por lo que pertenece a la biorregión del Chocó Andino (Nanegalito, 2011).

La posible conducción tiene una longitud aproximada de 6,6 km y debe contener los elementos necesarios de operación como: válvulas de aire, válvulas de purga y válvulas de

compuerta. El nombre del río Pachijal es como lo conoce la población, su nombre en cartas topográficas es río San José.

## **2.1.2 Visitas técnicas, recopilación de información**

### **Métodos y materiales para recopilar información**

La recolección de la información se la obtuvo mediante visitas técnicas a la casa comunal parroquial del GAD de Nanegalito, donde se estableció con la dirigencia del GAD la posibilidad de iniciar este proyecto. La problemática que presenta el sector es la falta de abastecimiento de agua potable en época de estiaje, por ende, es necesario el aumento de caudal para abastecer a la población en crecimiento.

Se realizó recorridos a la zona de interés con la guía de personal del GAD. En estos recorridos se recolectó datos de posición satelital que sirven para la visualización en mapas, cálculos y análisis del sistema a desarrollar.

### **Visitas técnicas**

Se realizó 2 visitas técnicas con el propósito de recolectar información de georreferenciación de la zona de análisis, en el recorrido se incluyó determinar la posible ubicación de la captación, el tanque de almacenamiento y tratamiento actual, en el que se prevé la llegada del nuevo caudal captado, además, se trazó una ruta mediante la georreferenciación de puntos por el sendero previsto por la comunidad para que se implemente la tubería de conducción.

El primer recorrido incluyó el aforo de caudales en el punto previsto para la captación y se recopiló puntos GPS. En la segunda visita técnica se analizó puntos de referencia para la conducción de la tubería y se realizó aforo volumétrico de caudal en el tanque de llegada.

## **2.1.3 Levantamiento de puntos georreferenciados**

Con el propósito de almacenar las coordenadas y datos de elevación se usó un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) con la configuración e identificación del DATUM para que las coordenadas UTM se marquen en la zona WGS84. En la primera visita se llegó al lugar de la captación donde se tomó el primer grupo de coordenadas, en el cual constan la posible captación y puntos específicos como son: tanque de llegada y posibles puntos de trazado de la conducción. Estos datos son necesarios para poder ubicarlos en el Google Earth, Civil 3D para trabajar en el proyecto con coordenadas. Estos puntos georreferenciados ayudaron con el trazado de la posible línea de la red de conducción, la elaboración de perfiles para la conducción de la tubería y análisis hidráulico de la red.

## **2.2. Aforo de caudales**

### **2.2.1 Aforo líquido en el río**

Para este aforo se usó el caudalímetro ya que es un método digital que tiene incorporado un sensor de desplazamiento que, por medio de una turbohélice, detecta la velocidad del flujo,

a continuación, se realizó la medición de caudales; con la ayuda de un flexómetro se tomó medidas del ancho de espejo de agua y calados según la distancia a la que se midió el caudal (Rauhermi, 2017).

Se realizó la medición de:

1. La profundidad del tramo seleccionado.
2. La velocidad medida con el equipo (caudalímetro).
3. La distancia o ancho de la sección y
4. La división en tramos (véase en la **Ilustración 2**)



**Ilustración 2** Medición de ancho de caudal

### 2.2.2 Cálculo para caudal de aforo líquido en el río.

Los datos de aforo son necesarios para saber si esta fuente de agua será suficiente para abastecer a la población requerida y población futura por al menos 30 años. Posteriormente se aplicó la ecuación 1, se calculó el caudal por tramos y para el caudal total se sumaron los valores obtenidos de cada sección (véase en la **Ilustración 3**).

$$Q = V * A$$

**Ecuación 1** Dinámica de fluidos, ecuación de continuidad

Donde:

Q= caudal (L/s)

V= velocidad (m/s)

A= área del canal (m<sup>2</sup>)

El medidor de flujo entrega datos de velocidad en pies sobre segundo, por lo que se debe hacer una previa conversión de unidades al sistema internacional (SI).





**Ilustración 3** Secciones parciales del río

**Fuente:** (Climático, 2017)

### 2.2.3 Aforo volumétrico en tanque de llegada

Para el aforo volumétrico se realizó el siguiente procedimiento:

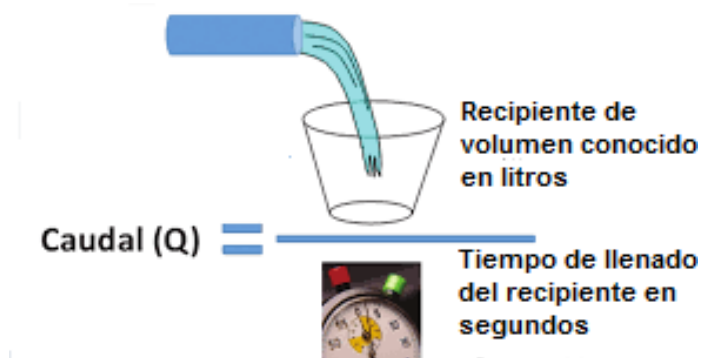
1. Uno de los técnicos colocó el cronómetro en cero.
2. Uno de los operadores debe estar cerca de la tubería o canal donde exista salida constante de caudal y debe sostener un recipiente calibrado.
3. Se activó el cronómetro y se colocó el recipiente de medición.
4. Se tomó el tiempo que se demoró en llenar el balde hasta una marca definida. El procedimiento debe repetirse para encontrar un promedio y tener cálculos más exactos.

Para determinar el caudal obtenido se usó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

**Ecuación 2** Aforo volumétrico

**Fuente:** (Climático, 2017)



**Ilustración 4** Aforo volumétrico

**Fuente:** (Climático, 2017)

## 2.3. Dotación de agua

Para zonas rurales se tomó el valor de 160 (l/hab.\*día) (véase en la **Ilustración 5**) según normativa INEN “NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000

HABITANTES”, ya que esta zona se tiene un clima templado y sus habitantes no sobrepasan las 5000 personas.

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

**Ilustración 5** Dotaciones recomendadas

**Fuente:** (INEN, 2018)

## 2.4. Estimación poblacional

Para la determinación de la población futura se utilizó el método geométrico que consiste en suponer que la población va a crecer proporcionalmente al tamaño de esta (Cualla, 2003).

La información utilizada para la proyección de la población fue extraída de la página web del INEC, datos desde 1990 al 2010, dichos valores permitieron determinar la población futura hasta el año 2053.

Fórmulas para la proyección de población:

$$P_t = P_f * (1 + r)^{(t_i - t_f)}$$

**Ecuación 3** Cálculo de población futura método geométrico

**Fuente:** (Cualla, 2003)

Donde:

P<sub>t</sub>= población proyectada en el año estimado.

P<sub>tf</sub>= población al último año de censo.

t<sub>f</sub>= año de último censo.

t= año del primer censo de referencia.

r= tasa de crecimiento geométrico.

$$r_{tf-ti} = \left(\frac{P_{tf}}{P_{ti}}\right)^{\left(\frac{1}{tf-ti}\right)} - 1$$

**Ecuación 4** Tasa de crecimiento geométrico

**Fuente:** (Cualla, 2003)

Donde:

ti= año de referencia.

tf= año del primer censo de referencia.

Pti= población del primer año de censo de referencia.

Ptf= población al último año de censo.

## 2.5. Evaluación hidráulica

### 2.5.1 Procesamiento de información de campo

Los datos que se obtuvieron a través de las visitas de campo se tuvieron que dividir en grupos para analizarlos, primero se realizó cálculos de volumen de secciones de un río con datos de área y velocidad recolectados por el medidor de flujo y flexómetro, posteriormente se calculó el caudal que ingresa al tanque receptor (al de llegada). Con los datos consultados se calculó datos de caudales.

### 2.5.2 Cálculo de caudales de consumo

#### Cálculo de caudales teóricos

##### Caudal medio diario

Es un caudal promedio que se obtiene un registro anual de consumo para obtener o estimar un caudal máximo diario y máximo horario. Se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{promedio} = \frac{\text{Consumo total} \left(\frac{L}{\text{hab.} \cdot d}\right) * \text{Población (hab)}}{86400 \left(\frac{S}{d}\right)}$$

**Ecuación 5** Cálculo promedio

**Fuente:** (EPMAPS, 2008)

##### Caudal máximo diario

Representa al día de mayor consumo en el año, se utilizó el coeficiente k1 con un valor de 1,3 y se lo calculó:

$$Q_{\text{máx. diario}} = k_1 \cdot Q_{\text{promedio}}$$

**Ecuación 6** Cálculo caudal máx. diario

**Fuente:** (EPMAPS, 2008)

### **Caudal máximo horario**

Es la demanda máxima en una hora durante un año completo, se utilizó un coeficiente  $k_2$  con un valor de 1,6 y se la calculó de la siguiente forma:

$$Q_{\text{máx. horario}} = k_2 \cdot Q_{\text{promedio}}$$

#### **Ecuación 7 Cálculo caudal máx. Horario**

**Fuente:** (EPMAPS, 2008)

Los caudales obtenidos con respecto a la población futura servirán para el cálculo de consumo respecto a la proyección del crecimiento poblacional hasta el año 2053.

### **2.5.3 Elaboración de planimetrías y perfiles**

A partir del alineamiento se crearon los perfiles que se modificaron para generar el trazado más favorable a la conducción y para los planos se usó planimetrías y perfiles.

Al trazar la distancia en el eje X y la elevación en el eje Y en Civil 3D, se pudo dibujar el contorno de una sección transversal del terreno mostrando su elevación se exageró la altitud se vio claramente las formas de las montañas y los valles (Simarro, 2017).

### **2.5.4 Trazado de conducciones**

Para el trazado preliminar de la conducción se hizo un reconocimiento del campo con los puntos y se ubicó en el software Google Earth para tener una mejor vista del lugar. Una vez se tuvo los puntos, se insertó al AutoCAD con el mapa encendido y se trazó la línea definitiva que va sobre de las curvas de nivel. En estos trazados tomó en cuenta que la línea piezométrica esté por encima de los trazados.

Se colocó las coordenadas en una hoja de dibujo de Civil 3D y se las georreferenció para que funcionen como guía al momento de trazar el perfil. Con las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar se obtuvo datos de curvas de nivel, pero al tener una equidistancia 40 metros (escala 1:50000) se necesitó de un nuevo software, Plex Earth, el cual sirve como una herramienta adicional para cargar curvas de nivel con una menor equidistancia (cada 5 metros) importadas desde Google Earth.

Una vez insertados los datos, se dibujó una polilínea sobre de las curvas de nivel, la cual sirvió como base para la línea de conducción.

### **2.5.5 Trazado de perfiles y determinación de ubicación de accesorios**

Con la conducción previamente dibujada se la transformó en un alineamiento y posteriormente se creó el perfil del proyecto, el cual por defecto se lo dibujó con una escala 10 veces mayor en altura, con esta exageración se pudo ver los diferentes puntos altos y

bajos a lo largo del recorrido con más claridad.

Para el dibujo de la tubería cambió la altura o la exageración vertical del perfil para poder trazar con mayor facilidad la tubería que por normativa debe estar enterrada en mínimo de 60 centímetros. A continuación, se colocó los accesorios para la conducción de la red, se ubicó en cada punto alto, válvulas de aire, en cada punto bajo, válvulas de purga y en cada kilómetro una válvula de corte, a excepción del último tramo, debido a que se encuentra muy cerca a la salida al tanque de llegada y no es necesaria su colocación. Además, de estas válvulas se colocó válvulas de compuerta al inicio y final de la conducción para la correcta operación y mantenimiento de la conducción.

### **2.5.6 Modelación hidráulica de conducción**

Antes de iniciar la modelación se realizó cortes a la polilínea de conducción según las válvulas que se hayan colocado, se identificó los datos de la cota y la abscisa de cada válvula y se cortó la polilínea, hay que recordar el nombre de la capa donde se encuentra la conducción, luego se la exportó en formato dxf, y se la cargó en el software EpaCAD.

En el EpaCAD se insertó la capa que contenga la conducción con los cortes para llevarlo al software EPANET 2.0. En este programa se abrieron los puntos convertidos en vértices, posterior a esto se dibujó dos tanques, uno de ingreso y otro de salida para simular la entrada y salida del caudal. Se insertaron datos de cotas, longitudes, rugosidad del material, se seleccionó la fórmula a usar. Los valores de diámetros son los que se calculó para un flujo uniforme.

Para el dimensionamiento de los diámetros de las tuberías de una conducción se empleó fórmulas, ya sea, Hazen-Williams o la de Darcy- Weisbach, para cada fórmula se adoptó coeficientes diferentes según el material seleccionado, además de tener en cuenta presiones y velocidades descritos anteriormente (EPMAPS, 2008). Según la Norma RAS-2000, Título B. República de Colombia, en él se empleó la fórmula de Darcy- Weisbach y de material se aplicó PVC por lo que la rugosidad es 0,120 para factibilidad de líneas expresas.

- EpaCAD: es un programa gratuito que permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AutoCAD, en un fichero interpretable por EPANET (EpaCAD). En este proceso, EpaCAD es capaz de reconocer de forma automática las principales propiedades de los elementos, facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar una red (Cabrera, 2017).
- EPANET: es una aplicación de software utilizada para modelar sistemas de distribución de agua (Agency, 2015). Sirve 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.

Con los datos obtenidos de la conducción en dxf, se modificó a modo vertex y se llevó al software EPANET donde se comenzó con la simulación.

Dentro de EPANET se colocó dos tanques y tuberías que se unen al inicio y al final de la conducción para simular el ingreso y salida del caudal para que no existan errores al simular el proyecto. Posterior a esto se colocó las cotas y longitudes obtenidas de Civil 3D, aquí se tuvo cuidado con los datos de las tuberías y tanques que fueron colocados previamente, para ello se usó un metro para las longitudes de la tubería y para las cotas en el caso del tanque de la captación o inicio será un metro más alto y para el tanque de llegada será un metro más bajo.

Tras esto se ubicó dentro de EPANET a la pestaña "Proyecto" y se seleccionó la opción "Opciones de hidráulica", donde se modificó la ecuación de pérdidas a D-W para poder analizar el sistema. Continuamente con esto se personaliza el diseño para poder ver los datos en el dibujo tanto color, relleno, nombre, ubicación y posterior a esto se corre el programa.

## **2.6. Planos y presupuestos**

Se realizó planos de la conducción seleccionada, para ello se escogió una escala del proyecto según el tamaño de lámina establecida, si es necesario, debido a la longitud del proyecto, se realizaron los planos por tramos de la conducción. Los planos dibujados serán láminas de planimetrías, perfiles y cortes de los diferentes elementos o partes del sistema que permita el análisis de coste de obra.

El presupuesto de factibilidad requirió estimados de inversión, costos de operación, cálculo de las cantidades de obra para la construcción únicamente de la conducción y se analizó estas cantidades con base en los rubros referenciales según normativa, ya que se busca algo eficiente y económico para el sector. Para los costos se hizo una lista con las cantidades unitarias y el presupuesto preliminar (EPMAPS, 2008).

Todo está dentro de una memoria técnica que incluye la descripción del proyecto, costo y planos de la conducción.

### **2.6.1 Cálculo de cantidades de obra**

Para el cálculo de cantidades de obra se necesitó saber la cantidad de replanteo topográfico, excavación, tubería y relleno. Se hizo una hoja de datos que analice los precios unitarios de cada rubro, se realizó un resumen con todos los gastos estimados para la opción de conducción seleccionada.

## 2.6.2 Elaboración de presupuestos

Se analizó económicamente la alternativa estudiada como factibilidad esto hizo que el proyecto tenga cantidades de obra estimadas para los pre-diseños del proyecto. La estimación de los costos de obra analizados comprendió el presupuesto de la línea de conducción.

## 3 RESULTADOS

Resultados de las mediciones de la salida de campo del día 18 de octubre del 2022.

### 3.1. Visitas técnicas

#### 3.1.1 Datos censados

Los datos de población, que sirvieron para el cálculo de caudales de consumo al período de diseño establecido se obtuvieron de los datos censales del INEC, se presentó los datos de la parroquia Nanegalito de los censos 1990, 2000 y 2010.

**Tabla 1** Datos de censos en la parroquia de Nanegalito

1990			2001			2010		
Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
1307	1051	2358	1294	1180	2474	1555	1471	3026

Fuente: (INEC, 2010)

Estos datos de población pueden volverse a calcular una vez existan nuevos registros de censos para una mayor eficiencia.

#### 3.1.2 Levantamiento de puntos GPS

Las ubicaciones geolocalizadas que se levantó en las visitas técnicas fueron el tanque de llegada y punto de captación. Estas coordenadas sirvieron para el trazado de la conducción del proyecto (véase en la **Ilustración 6**).

**Tabla 2** Coordenadas del proyecto

Sitio	Zona	Este	Norte	Elevación (m)
Tanque de llegada	17 N	756612	4795	1991
Punto de captación	17 M	756863	9998938	2123

Las coordenadas que se obtuvieron con el GPS nos indican que se puede realizar la conducción por gravedad, dado que la captación está en una cota más elevada que el tanque de llegada. La conducción que se va a realizar será a presión debido a que la topografía de la zona no permite trazar canales a superficie libre y, además, se tiene la posibilidad de contaminación del agua captada.



**Ilustración 6** Posicionamiento de los puntos GPS y trazado de la línea de conducción

**Fuente:** Google Earth

### 3.1.3 Aforo de río

Tras la recolección de datos de longitudes, calados y velocidades por tramo transversal, se ubicó la información en la siguiente tabla para una mejor identificación y análisis posterior de los mismos.

**Tabla 3** Datos obtenidos de la medición en el río

Longitud (cm)	Velocidad (pies/s)	Velocidad de flujo (m/s) *	Calado (cm)	Calado por tramos (cm)
10	-	-	-	2
20	Fuera de rango	-	2.5	2.5
30	-	-	-	8.7
40	0.4	0.1219	12	11.8
50	-	-	-	12
60	0.4	0.1219	13	14.5
70	-	-	-	10
80	0.5	0.1524	15	16.7
90	-	-	-	16.3
100	1.2	0.36576	14.5	16.5
110	-	-	-	18.7
120	0.4 de fondo 1.2 a la mitad	0.1219 0.36576	17.7	16
130	-	-	-	11.5
140	1.4	0.42672	12.5	8.8
150	-	-	-	7.8



160	0.5	0.51524	6	6
170	-	-	-	1.5
180	Fuera de rango	-	1	1
190	-	-	-	1

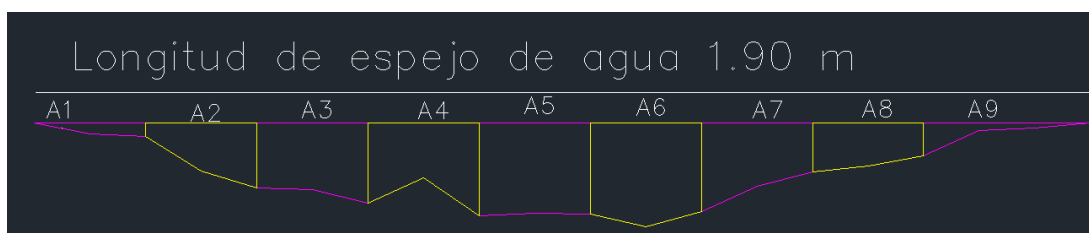
\*Se multiplicó por 3,281 para la transformación de pies a metros.

Los valores que arroja el medidor de flujo están en pies/s y estos debemos convertirlos en metros por segundo (m/s) para los cálculos posteriores. Estos datos se colocaron en una hoja de dibujo de AutoCAD para calcular e identificar las áreas de sección del río que se midieron (véase en la **Tabla 4**). Una vez que se tuvieron las áreas de cada una de las secciones de río definidas se calculó, mediante la ecuación de continuidad (**Ecuación 1**) el valor de caudal para cada sección, la suma de estos caudales representa el caudal total del cauce.

A continuación, se presentan los caudales calculados del río en época de invierno, lo que significa que el caudal es mayor. Además, se presentan caudales teóricos que fueron analizados con una dotación de normativa (véase en la **Ilustración 5**) y con la proyección futura de la población.

#### Cálculos de caudal del río

Se dibujó en Civil 3D (véase en la **Ilustración 7**) los calados y el espejo de agua de cada sección transversal medida en el río para saber e identificar la topografía de cada sección analizada para proceder a calcular un caudal aproximado que circula por el mismo.



**Ilustración 7** Áreas de secciones del río

Tras el dibujo de las áreas y la recopilación de velocidades por tramos en el río, se calculó un área y una velocidad promedio para usarla en la ecuación de continuidad (**Ecuación 1**) y a este caudal se lo transformó a litros.

**Tabla 4** Cálculo de caudal en el río.

Secciones	*Área (m <sup>2</sup> )	**Velocidad (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1 y 2	0,019	0,1219	
3	0,025	0,1219	
4	0,026	0,1524	
5	0,033	0,3675	
6	0,035	0,3675	

7	0,024	0,4267	
8 y 9	0,021	0,5524	
Promedio=	0,183	0,29618	0,054201
		Caudal (L/s) =	54,2014

\*Área obtenida de datos de Civil 3D, **Ilustración 7.**

\*\* Velocidad obtenida de la **Tabla 3** Caudal aforado en el río.

Durante el recorrido técnico se hizo una parada en el tanque de llegada, en este punto se realizó el aforo volumétrico con un recipiente de 10 litros y un cronómetro para la medición del tiempo de llenado hasta una marca. A continuación, se empleó la ecuación de aforo volumétrico (**Ecuación 2**) y se presenta los datos obtenidos:

**Tabla 5** Caudal en el tanque de llegada.

Tiempo (s)	Volumen (l)	Caudal (L/s)
3,34	8,6	2,5748
3,3	8,4	2,5454
	Promedio =	2,5601

Como se observa el caudal que llega al tanque es insuficiente para el abastecimiento de la población actual 3026 personas (censo 2010), además, en las épocas de estiaje el caudal no abastece a la población y es necesario su aumento, considerando el crecimiento población de la región y dado que es una zona turística es aún más importante el líquido vital.

### 3.1.4 Resultados de la población futura

Con los datos obtenidos previamente de los censos, se usó en la (**Ecuación 3 y 4**) para la proyección poblacional por método geométrico.

**Tabla 6** Datos de población según los censos

Año	Población total
1990	2358
2001	2474
2010	3026

**Fuente:** (INEC, 2010)

**Tabla 7** Cálculo de población futura por el método geométrico

Método Geométrico		Población proyectada				
Pci	r	2011	2021	2031	2041	2053
1990	0,01255	3064	3471	3932	4454	5173

2001	0,02263	3094	3871	4841	6056	7921
<b>Promedio=</b>	0,01759	3079	3671	4387	5255	6547

Se realizó la proyección de la población de Nanegalito usando el método geométrico y se empleó datos de los 3 censos. Con ello se pudo obtener una población estimada hasta el año 2053 de 6547 personas en la zona de Nanegalito que serían beneficiadas con la conducción de agua potable.

### Cálculos teóricos de caudal

**Tabla 8** Cálculo de caudal medio

Caudal medio diario			
Año	Población	D (L/Hab*día)	Q promedio (L/s)
2011	3079	160	5,70
2021	3671	160	6,80
2031	4387	160	8,12
2041	5255	160	9,73
2053	6547	160	12,12

**Tabla 9** Caudal máximo diario

Caudal máximo diario			
Año	F de mayoración	Q promedio (L/s)	Q máx. d (L/s)
2011	1,3	5,70	7,41
2021	1,3	6,80	8,84
2031	1,3	8,12	10,56
2041	1,3	9,73	12,65
2053	1,3	12,12	15,76

Factor de mayoración: se usó el valor de 1,3 de un rango de (1,3 - 1,5) (INEN, 2018).

**Tabla 10** Caudal máximo horario

Caudal máximo horario			
Año	F de mayoración	Q promedio (L/s)	Q máx. h (L/s)
2011	1,6	5,70	11,86

2021	1,6	6,80	14,14
2031	1,6	8,12	16,90
2041	1,6	9,73	20,24
2053	1,6	12,12	25,22

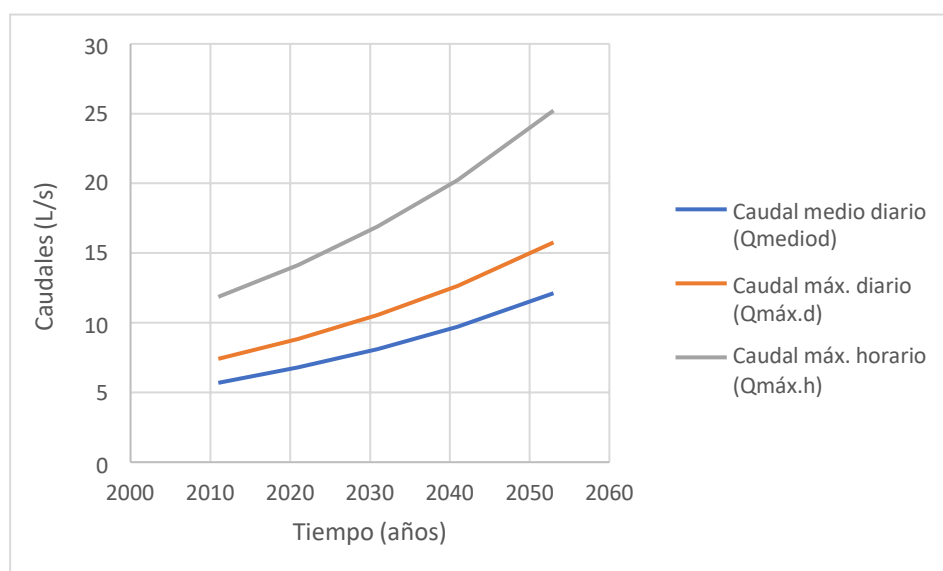
Factor de mayoración: se usó un valor 1,6 de un rango de (1,4 - 1,6) (Cualla, 2003).

Con los datos de la proyección de población y los valores de  $k_1$  y  $k_2$ , se calculó los caudales medios diarios, caudal máximo diario y caudal máximo horario. Que son caudales teóricos analizados.

Se puede ver que con la proyección al año 2053 el caudal máximo diario es de 15,76 L/s y el caudal del río actual es de 54,20 L/s, por lo que sería suficiente para abastecer a la población, sin embargo, es necesario realizar un análisis hidrológico en la fase de proyecto definitivo en el cual se establezca el caudal del 95% mediante una curva de duración de caudales, como establece la normativa.

### Gráfica Caudales teóricos

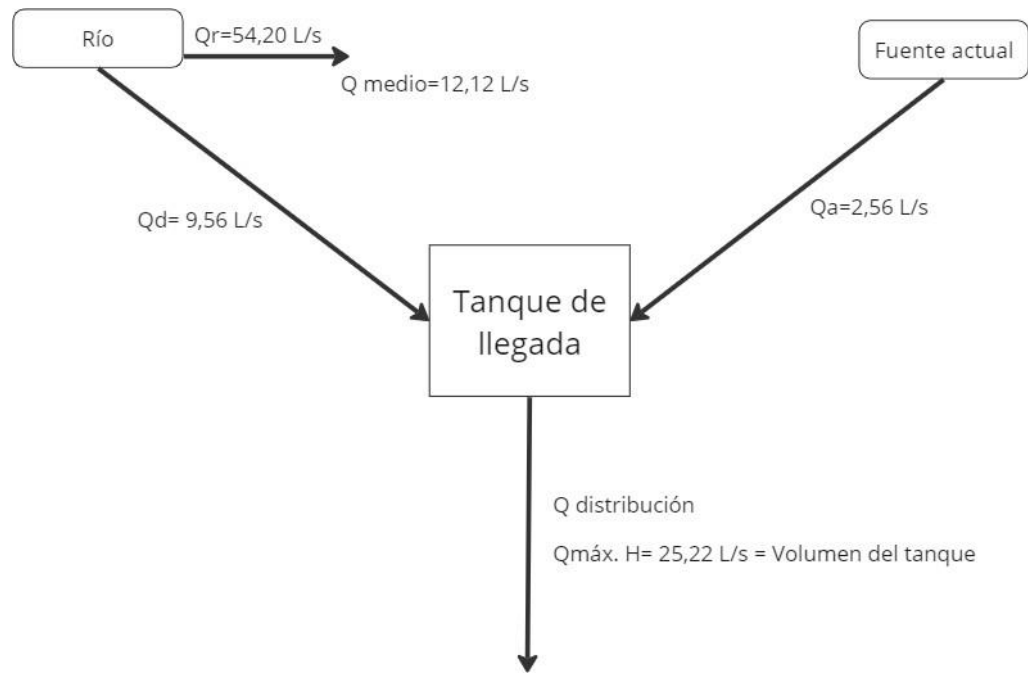
Se realizó la siguiente gráfica de los caudales calculados teóricamente para su mejor apreciación.



**Ilustración 8** Comportamiento de caudales teóricos

### Caudal de diseño

Actualmente al tanque de llegada ingresa un caudal de 2,56 L/s, por lo que se debe aumentar a 9,56 L/s siendo este el caudal de diseño a captar de la nueva fuente de abastecimiento en el río San José. A continuación, tenemos la **Ilustración 9** referente al caudal de diseño y las fuentes de abastecimiento.



**Ilustración 9** Esquema de fuentes de abastecimiento

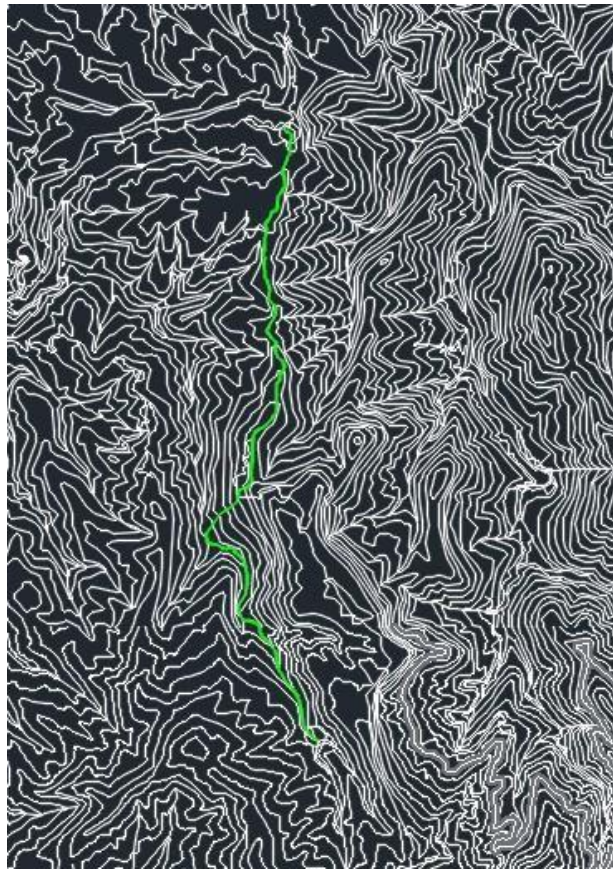
## 3.2. Evaluación hidráulica

### 3.2.1 Captura de curvas de nivel y trazados de líneas.

#### Análisis de alternativas y selección de mejor trazado.

##### Curvas de nivel

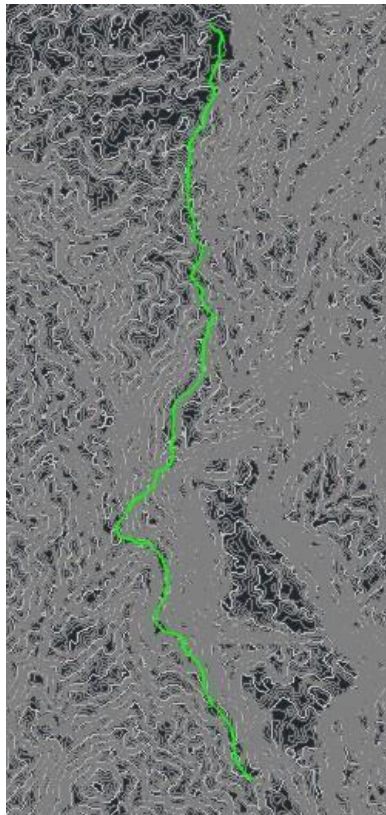
Para este procedimiento se insertaron los datos de curvas de nivel, vías, carreteras y cuerpos de agua en una hoja de Civil 3D (véase en la **Ilustración 10**), con las coordenadas obtenidas previamente se trazó la línea (verde) que servirá como referencia para el trazado de la línea de conducción, este trazado se basó en las indicaciones dadas por el GAD Nanegalito y el paso por carreteras.



**Ilustración 10** Curvas de nivel de la carta topográfica de CALACALI

El uso de las cartas topográficas dio información que complementó con los datos de Plex Earth, datos que son obtenidos satelitalmente de Google Earth (véase en la **Ilustración 11**). Con esto la proyección de la línea es más clara para su identificación. De tal forma que la distancia entre las curvas de nivel es 5 metros tras usar el programa Plex Earth para completar y rellenar los vacíos que existían en los datos de las cartas topográficas del Instituto Geofísico Militar.

La línea presentada en color verde es la primera conducción que se trazó como referencia para la creación del perfil. A partir de esta se pulió el trazado de la conducción por las curvas de nivel, sin embargo, no toda la conducción será en la montaña ya que existen una pequeña carretera donde se puede desviar la conducción y continuar el diseño por la vía.

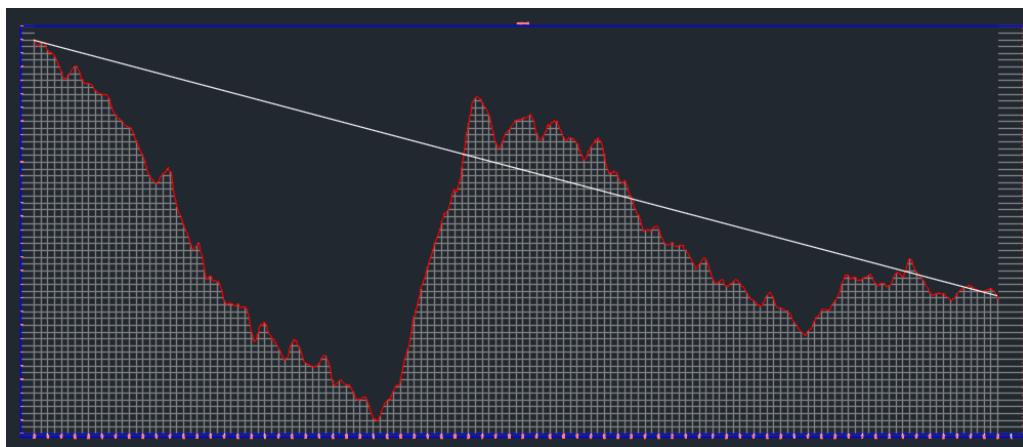


**Ilustración 11** Curvas de restitución con Plex Earth

Se realizó el dibujo de 3 trazados como alternativas para la conducción según el perfil y líneas piezométricas que se fueron modificando a lo largo de los 6,6 km de conducción.

**a) Primera alternativa de trazado.**

Este es el perfil del primer trazado de la línea de conducción. Como se puede observar, en la **Ilustración 12**, la línea se guio de la topografía del lugar con ortofotografías de Google Earth, se puede observar que la línea piezométrica se encuentra debajo de la línea de conducción en un tramo, lo que da presiones negativas. Además, existe mucha irregularidad en el trayecto, lo que dificulta la construcción de esta, por lo que no se la tomó para el análisis más detallado, pero sirvió como base para las otras alternativas.



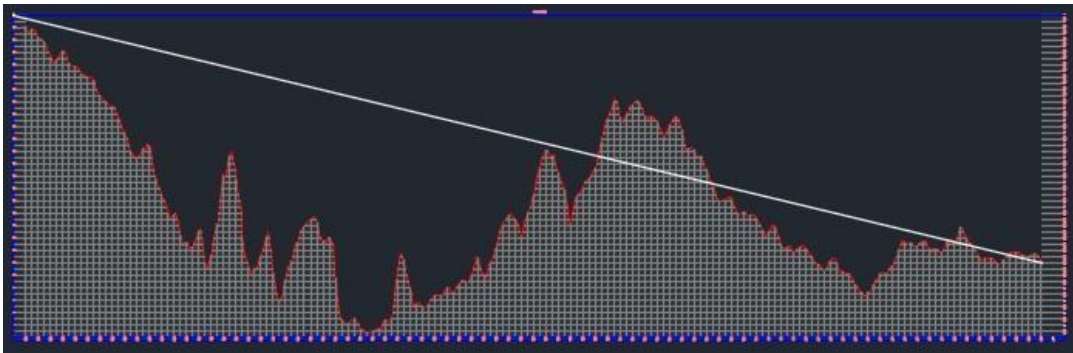
**Ilustración 12** Trazado del primer perfil

### **b) Segunda alternativa de trazado.**

Este trazado se dibujó a lo largo de un camino vecinal que conecta unas viviendas del sector y comunidades de la parroquia de Nanegalito. Se eligió esta salida para la conducción de la red, pero el terreno tiene una forma irregular y el camino tiene muchas curvas la cual dificultaría la construcción, ya que existen muchos picos y valles. En las visitas se pudo apreciar que en tramos del camino las laderas no son muy estables y suele haber pequeños derrumbes.

En la zona de este trazado existe un portón que no está abierto a todo el público, así que se tuvo que conversar con las personas que van por la vía para saber quién es el responsable de la llave para poder ingresar, se debe indicar que al estar la línea de conducción en terrenos privados se complica la construcción por lo que es necesaria la solicitud de paso de servidumbre o expropiación de los terrenos.

Esta alternativa no se la tomó porque presenta muchos picos (véase en la **Ilustración 13**) y su dibujo de la tubería es muy irregular lo que obstaculizaría la conducción de agua, mantenimiento, inspección y la línea piezométrica está debajo de la conducción en un tramo lo que no es conveniente para el sistema.

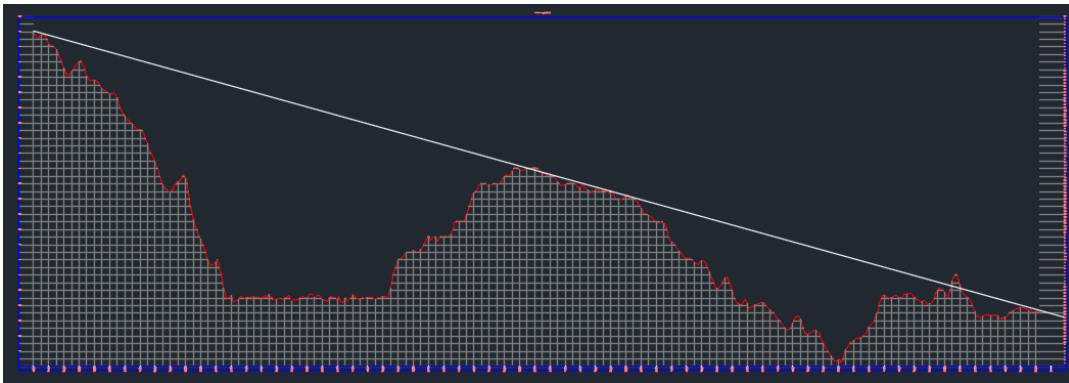


**Ilustración 13** Trazado modificado (segundo perfil)

### **c) Tercera alternativa de trazado.**

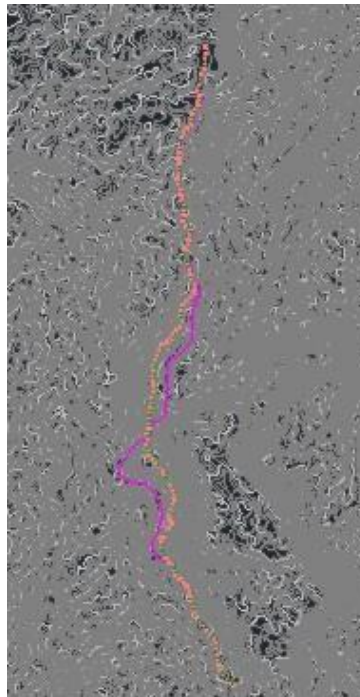
Para este trazado se siguieron las curvas de nivel, para que no presente picos, y una parte del sendero (camino vecinal). De manera que se logró que toda la conducción tuviera un recorrido lo más uniforme posible (véase en la **Ilustración 14**). La línea piezométrica se encuentra por encima del perfil. Este perfil se usará para la ubicación de válvulas, pero se deberá cambiar la exageración en la altitud para poder colocar de mejor manera, además de eso se dibujará la conducción como una polilínea.





**Ilustración 14** Trazado modificado (Tercer perfil)

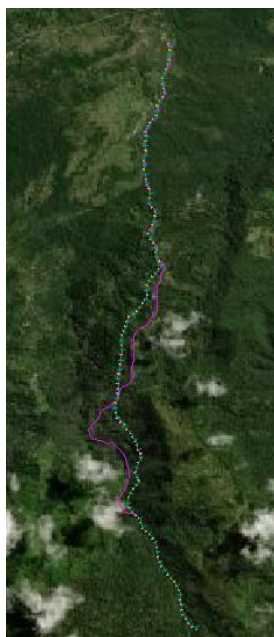
Por lo tanto, una vez terminado los trazados de las diferentes alternativas se efectuó una comparación entre el primer trazado (línea base de color verde) y el tercer trazado que resultó ser el más apropiado para su análisis hidráulico. A continuación, en la **Ilustración 15**, se observa la comparación de ambas alternativas:



**Ilustración 15** Comparación de perfiles: línea magenta (línea de conducción base) y línea naranja (tercer trazado)

**Perfil visto con ortofotografías de Google Earth**

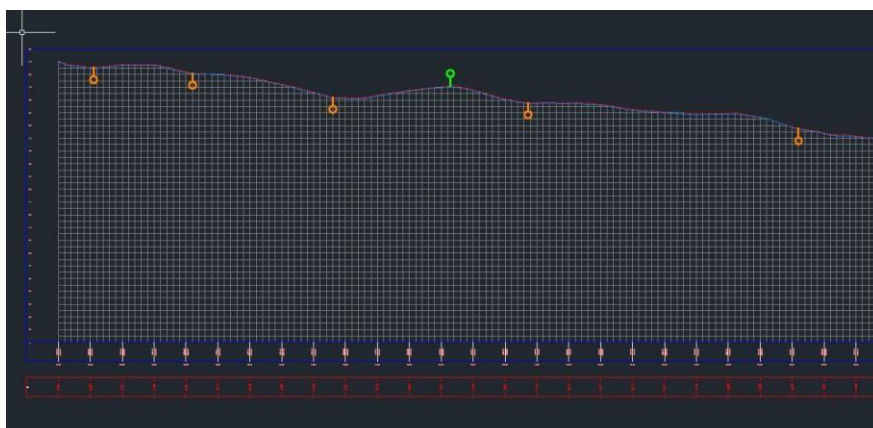
Del resultado de los trazados anteriores, se visualizó en el mapa georreferenciado las dos opciones en Civil 3D. Se aprecia que se modificó el recorrido, sobre todo en la parte central por la presencia de elevaciones, y el desvió por el camino de tierra para su salida. Como se observa, en la **Ilustración 16**, la conducción es lo más uniforme posible y esto beneficia a su diseño, construcción y mantenimiento.



**Ilustración 16** Comparación de perfiles con vista en Google Earth

Al mismo tiempo se deben colocar (véase en la **Ilustración 17**), las válvulas de aire (color verde), desagüe (color naranja), compuerta al inicio y fin de la conducción y de corte cada kilómetro (color celeste).

Mediante el análisis de los valores de corte que se presentan en la tarjeta del perfil (valores en color rojo) se muestra profundidad a la que encuentra enterrada la tubería de conducción de agua la cual debe tener un mínimo de 0.60 m por normativa. Por otra parte, al finalizar la identificación de los lugares de cada válvula, se debe dibujar o colocar en esos puntos.



**Ilustración 17** Parte del perfil con las válvulas colocadas

A continuación, se muestra una tabla con toda la información sobre la ubicación e identificación por color para cada tipo de válvula:

**Tabla 11** Ubicación de válvulas

N.º	Abscisa	Cota	Codificación de color para cada tipo de válvula
1	27,701	2145,544	Naranja
2	105	2141	Naranja
3	215	2122,08	Naranja
4	307,092	2131	Verde
5	368,103	2117,846	Naranja
6	580	2092,443	Naranja
7	897,064	2044,477	Naranja
8	986,598	2055,974	Verde
9	1000	2053,405	Celeste
10	1167,149	1996,033	Naranja
11	1210,676	2000,088	Verde
12	1268,812	1973,873	Naranja
13	1315	1973,759	Naranja
14	2000	1974,215	Celeste
15	2327,517	1970,543	Naranja
16	2415	2000,986	Verde
17	2772,041	2024,648	Verde
18	3000	2049,141	Celeste
19	3302,892	2060,705	Verde
20	4000	2033,918	Celeste
21	4415	1999,594	Verde
22	4503,143	1954	Naranja
23	4565	1987,976	Verde
24	4710	1968,596	Naranja
25	4960	1954,211	Naranja
26	5000	1958,895	Celeste
27	5035	1958,005	Verde
28	5100	1950,96	Naranja

29	5316,267	1932,798	Naranja
30	5605	1977	Verde
31	5960	1980,888	Verde
32	6018,66	1975,62	Naranja
33	6075	1990,763	Verde
34	6232,241	1962	Naranja
35	6362,522	1961,399	Naranja
36	6495	1969	Verde

válvulas de aire (color verde),  
válvulas de desagüe (color naranja),  
válvulas de corte cada kilómetro (color celeste)

Como resultado final del trazado de la línea de conducción se indica su longitud total y el número de válvulas de cada tipo.

Con la intención de analizar esta conducción, se observa que la distancia final es de 6 625 metros, donde se pueden encontrar 36 válvulas distribuidas a lo largo de la línea de conducción. Asimismo, se identifica que las válvulas de corte son solo 5 siendo que existe más de 6 kilómetros de trazado, esto se debe a que a los 6 495 metros se ubicó una válvula de aire y colocar otra válvula a una distancia tan corta del tanque de llegada no es necesario.

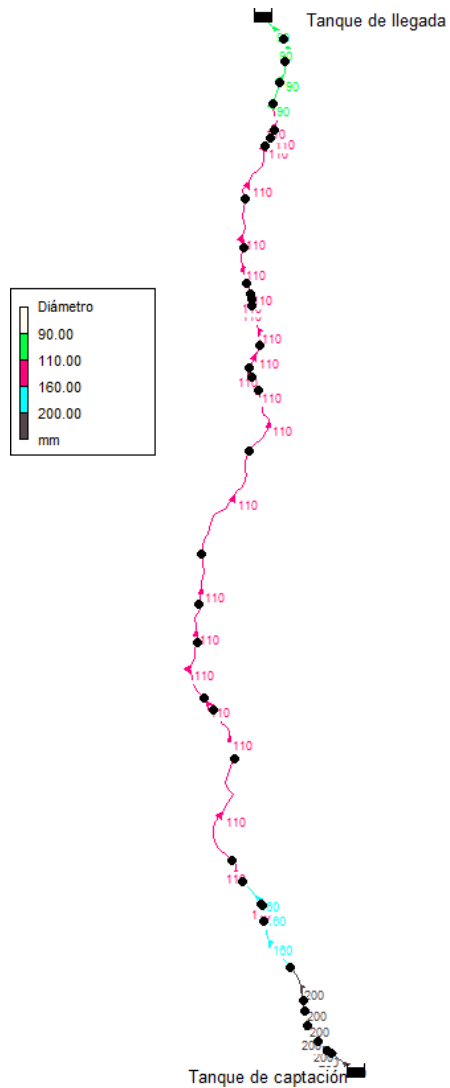
**Tabla 12** Longitud y accesorios de la conducción

Línea de conducción		
Longitud Total	6625	metros
Válvula de aire	13	unidades
Válvula de desagüe	18	unidades
Válvula de corte	5	unidades

## EpaCAD y EPANET

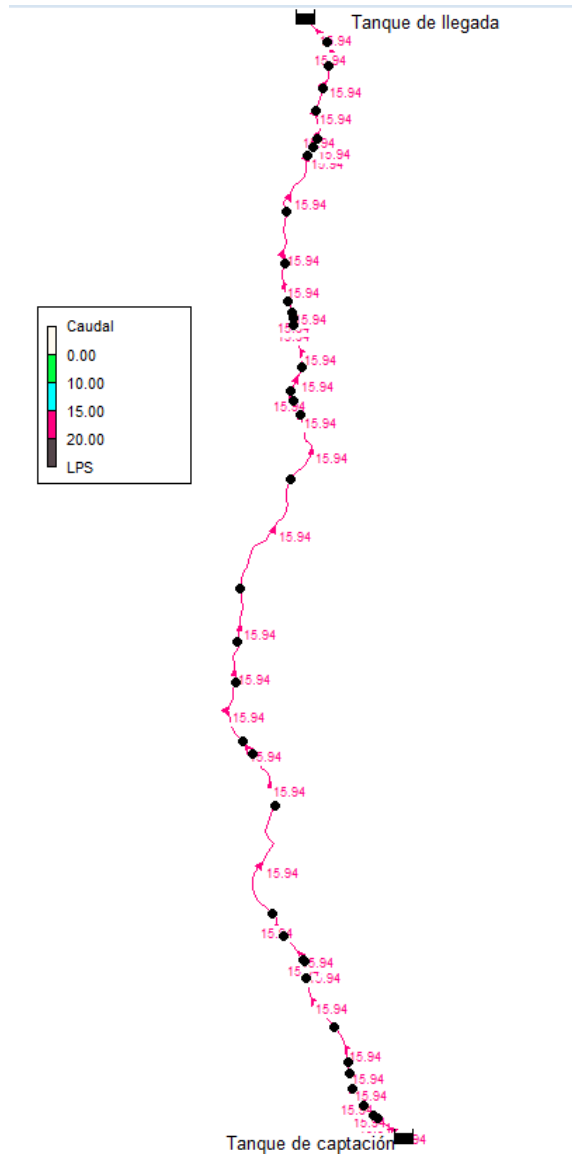
### a) Modelo dinámico

Para analizar el modelo dinámico, se insertó los puntos previamente modificados por EpaCAD, seguido de esto se codificó (véase en la **Ilustración 18**), por color a los diámetros para las tuberías y se seleccionó diámetros comerciales que tengan resistencia hasta 1.25 MPA y se fue colocando de forma descendente. Así tenemos los diámetros de 90 mm (color verde), de 110 mm (magenta), 160 mm (celeste) y de 200 mm (gris), la ubicación de los tanques.



### Ilustración 18 Diámetros de las tuberías

Al mismo tiempo, se evidencia que el caudal que pasa por las tuberías, según el diámetro establecido anteriormente, es superior al caudal teórico máximo diario de 15,76 L/s, por lo que el sistema es eficiente para abastecer a la comunidad (véase en la **Ilustración 19**).

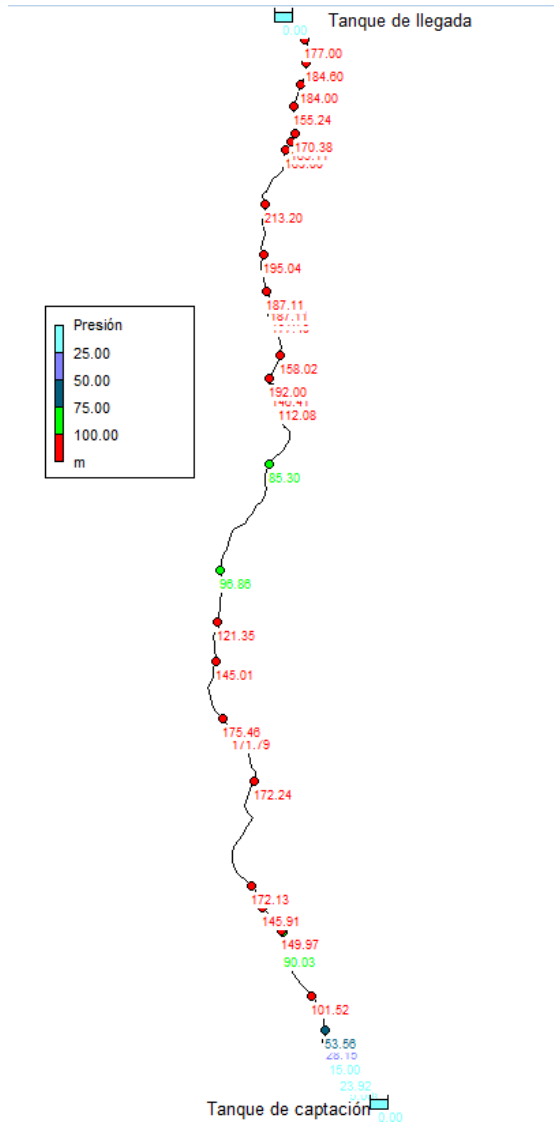


**Ilustración 19** Caudal a lo largo de la tubería

Finalmente, tenemos que las presiones y caudal se cumplen a la capacidad de la tubería siendo cercana al caudal teórico  $Q_{\text{máx. diario}}$  15,76 L/s y caudal en el software EPANET 15,94 L/s, y las presiones dinámicas de los nodos son mayores a 5 m.c.a.

#### **b) Modelo estático**

Se analizó el modelo estático y se pudo determinar que existen presiones estáticas muy altas un ejemplo es la presión de 213 m.c.a. Es necesario una evaluación más profunda para determinar si la ubicación de válvulas rompe-presión para disminuir las presiones generadas en este modelo de 1.25mpa (véase en la **Ilustración 20**).



**Ilustración 20** Presiones del sistema estático

A continuación, se muestra una tabla con datos de la conducción:

**Tabla 13** Datos del EPANET

Puntos	Nodo	longitud (m)	Diámetros (mm)	Velocidad (m/s)
t1	tanque-1	1	200	0,51
p1	1-2	27,7	200	0,51
p2	2-3	77,3	200	0,51
p3	3-4	110	200	0,51

p4	4-5	92,09	200	0,51
p5	5-6	61,01	200	0,51
p6	6-7	211,9	200	0,51
p7	7-8	314,1	160	0,79
p8	8-9	89,53	160	0,79
p9	9-10	16,4	160	0,79
p10	10-11	167,1	160	0,79
p11	11-12	147,9	110	1,68
p12	12-13	685	110	1,68
p13	13-14	327,5	110	1,68
p14	14-15	87,48	110	1,68
p15	15-16	357	110	1,68
p16	16-17	228	110	1,68
p17	17-18	302,9	110	1,68
p18	18-19	697,1	110	1,68
p19	19-20	415	110	1,68
p20	20-21	88,14	110	1,68
p21	21-22	61,86	110	1,68
p22	22-23	145	110	1,68
p23	23-24	250	110	1,68
p24	24-25	40	110	1,68
p25	25-26	35	110	1,68
p26	26-27	65	110	1,68
p27	27-28	216,3	110	1,68
p28	28-29	288,7	110	1,68
p29	29-30	355	110	1,68
p30	30-31	58	110	1,68
p31	31-32	57	110	1,68
p32	32-33	157,2	110	1,68
p33	33-34	130,3	90	2,51
p34	34-35	132,5	90	2,51



p35	35-36	132	90	2,51
p36	36-tubería 2	1	90	2,51

El diámetro de inicio de la conducción es de 200 mm y se mantuvo por 580 metros con una velocidad de flujo de 0,51 m/s; posterior a esto se cambió el diámetro de la tubería para disminuir las presiones y el nuevo diámetro fue de 160 mm por una longitud de 587,13 metros con velocidad de flujo de 0,79 m/s; igual que el anterior tramo, se debe cambiar de diámetro para disminuir presiones y se colocó para una longitud de 5065,08 metros un diámetro de 110 mm con velocidad de flujo de 1,68 m/s; y para terminar se colocó un diámetro de 90 mm por 395,8 metros teniendo una velocidad de flujo de 2,51 m/s.

Todas las velocidades están dentro del rango de velocidad mínima 0,45 m/s y máxima de 8 m/s, para material de PVC.

Para costos de la construcción del sistema tenemos los siguientes rubros:

**Tabla 14** Rubros de la conducción

Nº	Rubros	Unidad	Precio	Cantidad	Total(m*\$)
1	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	\$0,224	5300	\$1.187,20
2	REPLANTEO Y NIVELACION DE EJES (km)	Km	\$250,32	6,625	\$1.658,37
3	EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	m3	\$4,76	3816	\$18.164,16
4	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	\$2,864	3816	\$10.929,02
5	TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 200mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	m	\$33,256	581	\$19.321,74
6	TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 160mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	m	\$22,152	587,13	\$13.006,10
7	TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 90mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	m	\$7,96	395,8	\$3.150,57
8	TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 110mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	m	\$10,888	5065,08	\$55.148,59
9	VALVULA AIRE 01" (MAT/TRANS/INST)	U	\$207,344	13	\$2.695,47
10	VALVULA COMPUERTA 06" (MAT/TRANS/INST)	U	\$411,136	5	\$2.055,68
11	TEE B-L-L ACERO 02X08X08" (MAT/REC/TRANS/INST)	U	\$186,248	5	\$931,24
12	TEE B-L-L ACERO 02X04X04" (MAT/REC/TRANS/INST)	U	\$85,936	13	\$1.117,17
13	CAJA DE VALVULA 06" (MAT/TRANS/INST)	U	\$21,7784	5	\$108,92
14	CAJA DE VALVULA 08" (MAT/TRANS/INST)	U	\$23,704	13	\$308,15
				Total, de dinero	\$129.782,38

Fuente: (EPMAPS, 2018)

En los rubros se usaron tuberías que soporten presiones 1,25 MPA de presión, además de que en cada uno está el valor de material, transporte e instalación y no se analizó por separado.

Se elaboraron 7 planos que contienen la planimetría y perfil por tramos con su respectiva leyenda.

## 4 CONCLUSIONES

Del análisis del aforo volumétrico se resume que es necesario el aumento del caudal, ya que actualmente llega 2,56 L/s de agua captada, y este volumen no es suficiente para el abastecimiento de la población.

Al final obtenemos una comparación entre los cálculos teóricos para la población proyectada para el año 2053, el caudal medio diario 12,12 L/s, caudal máximo diario 15,76 L/s, caudal máximo horario 25,22 L/s y los cálculos de caudal de la nueva fuente de agua a captar (río aforado) es 54,20 L/s, podemos determinar que existe suficiente recurso hídrico para la captación, conducción y abastecimiento de la población por lo que el punto de captación es ideal para la implementación del sistema.

En síntesis, el uso de diferentes softwares para la restitución topográfica fue acertada ya que se puede obtener más información para el trazado de este proyecto.

En definitiva, tras los análisis de los diferentes trazados, tres en total, los dos primeros quedan descartados dado que existe una fracción del terreno por encima de la línea piezométrica y presentan muchos picos y valles a lo largo de conducción lo que dificulta su diseño y operación.

En consecuencia, la alternativa seleccionada es el tercer trazado debido a que es más sencilla y no presenta caídas o elevaciones bruscas por lo que es más factible su construcción y diseño. Se seleccionó la tercera opción que es la óptima por su topografía.

Al final la longitud total de diseño de la línea de conducción es 6 625 metros, debido a eso se deben colocar válvulas para evitar golpes de ariete, presiones altas y para el mantenimiento del sistema.

Para el análisis hidráulico se debió cambiar el diámetro de varias tuberías para poder obtener presiones positivas y así exista un caudal uniforme en toda la conducción.

Resumiendo, el costo total del proyecto solo en la construcción de la línea de conducción de agua es de \$122.565,75; este precio puede ser evaluado y rediseñado según la conveniencia de la comunidad, siendo un valor referencial de su implementación.

## 5 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios hidrológicos de la zona para conocer las épocas y datos de estiaje, para estimar caudales mínimos y ver la viabilidad de la captación de agua de ese río particular.

Como alternativa, se puede estudiar la reubicación del punto de captación para la conducción de agua potable.

Se debe realizar estudios hidrológicos en la zona para tener certezas del caudal disponible en el cauce.

Para un mejor análisis del sistema se debe actualizar el cálculo de la población con base en el nuevo censo, para complementar la información poblacional y así verificar que este sistema sea favorable para el abastecimiento.

Si se lleva a cabo un diseño definitivo de este proyecto, en los costos se puede eliminar o disminuir el rubro de mano de obra en la excavación y relleno, ya que este trabajo se lo puede realizar mediante unas mingas con los moradores. Estas mingas pueden ser al inicio de la carretera que es lo más plano y accesible para las personas. Claro está que, si se aplica esta alternativa o no, el tiempo de desarrollo del proyecto puede atrasarse por diferentes cuestiones de clima y otros factores.

Se recomienda realizar una topografía a detalle en una franja a lo largo de la alternativa de conducción seleccionada y verificar si el trazado pasa por propiedad privada.

Calcular el volumen necesario de tanques para el nuevo caudal máximo diario. Además, realizar una evaluación hidráulica de la distribución y diseñar una ampliación de esta.

Para poder realizar la implementación se debe realizar previamente un diseño definitivo y una vez se tenga este nuevo estudio, se debe construir en época de verano para no exista interferencia o dificultades con la maquinaria y personal contratado.

Una vez que se revise el diseño definitivo se debe revisar las presiones del proyecto ya que se analizó el modelo estático y se pudo determinar que existen presiones estáticas muy altas de 213 es la más alta, en consecuencia, se deben analizar presiones de trabajo en el caso de mantenimiento de las tuberías y considerar la colocación de válvulas rompe presiones para golpe de ariete en el diseño definitivo.

Por último, se debe dar un mantenimiento a los sistemas que están operando actualmente y si se implementa también al nuevo sistema.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Agency, U. S. (2015). Epanet Users Manual- Scholar's Choice Edition. *Scholar's Choice*.  
<https://www.epa.gov/water-research/epanet> .
- Basán, M. (2008). *Curso de "Aforadores de corrientes de agua"*. Obtenido de  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_curso\\_aforadores\\_de\\_agua.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_curso_aforadores_de_agua.pdf)
- Cabrera, E. I. (julio de 2017). Funcionamiento hidráulico de la red actual de abasto de agua potable de la ciudad de Chone ante diferentes escenarios de consumo. Chone, Manabí, Ecuador:  
<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2680/1/ULEAM-IC-0061.pdf>.
- Cardenas, D., & Patiño, F. (octubre de 2010). ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE. Cuenca:  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>.
- Climático, I. I. (2017). Manual de Medicón de Caudales. Guatemala: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>.
- CONAGUA. (2015). Conducciones. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro10.pdf>. Obtenido de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro10.pdf>
- CONAGUA. (27 de octubre de 2015). Obras de Captación Superficiales. *MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO*. México: <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro7.pdf>.
- Cualla, R. A. (2003). ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO. En *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO* (pág. 40). ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
- Cumbal, R. (2013). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchingí, Cantóón Pedro Moncayo. Quito:  
<https://1library.co/document/yng1mopz-diseno-alcantarillado-sanitario-proyectado-parroquia-malchingui-canton-moncayo.html>.
- EPMAPS. (2008). NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA EPMAPS-Q. Quito: V&M Gráficas.
- EpaCAD. (s.f.). EpaCAD. *Conversión de AutoCAD a EPANET*. ITA.  
<https://www.epacad.com/epacad-es.php>.
- EPMAPS. (2018). *Rubros y precios referenciales 2018 para obras civiles en sistemas de alcantarillado y agua potable en la provincia de Pichincha, Ecuador*.  
<https://es.scribd.com/document/398564493/EPMAPS-2018#>.
- Eustat. (s.f.). Definición Fuentes propias de abastecimiento de agua (consumo de agua de aprovechamientos de otros titulares diferentes de los entes suministradores).

([https://www.eustat.eus/documentos/opt\\_0/tema\\_453/elem\\_15448/definicion.html#:~:text=Las%20fuentes%20propias%20de%20abastecimientos,una%20autorizaci%C3%B3n%20de%20concesi%C3%B3n%20administrativa](https://www.eustat.eus/documentos/opt_0/tema_453/elem_15448/definicion.html#:~:text=Las%20fuentes%20propias%20de%20abastecimientos,una%20autorizaci%C3%B3n%20de%20concesi%C3%B3n%20administrativa)).

- García-Martín, A. R.-C.-V. (1994). *Topografía básica para ingenieros*. EDITUM, Murcia.
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de Información Censal: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- INEN. (05 de enero de 2018). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. *CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN*. C.E.C. Quito, Ecuador: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5%20Parte\\_9-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf).
- Kaliakatsos, L. (2009). Plex Earth. <https://plexearth.com/>.
- Militar, I. G. (s.f.). Cartografía de Libre Acceso Escala 50k- Geoportal Ecuador. Ecuador: <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>.
- Murrillo, C., & Alcívar, J. (2015). ESTUDIO Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD PUERTO ÉBANO KM 16 DE LA PARROQUIA LEÓNIDAS PLAZA DEL CANTÓN SUCRE. Portoviejo, Manabí, Ecuador: <https://docplayer.es/52705042-Universidad-tecnica-de-manabi.html>.
- Nanegalito, G. P. (13 de octubre de 2011). Historia. *GAD Parroquia*. Ecuador: <https://nanegalito.gob.ec/datos-generales/>.
- Narvaez, Y. (2012). *DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSION PARA LA NORMALIZACIÓN DEL BARRIO EL PIÑONCITO DE CAMPO DE LA CRUZ*. Barranquilla, Colombia: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/632/1140826625%20%2072298776.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rauhermi. (30 de abril de 2017). *LA REALIZACIÓN DE AFOROS: UN PILAR BÁSICO DE LA HIDROMETRÍA*. Obtenido de LA REALIZACIÓN DE AFOROS: UN PILAR BÁSICO DE LA HIDROMETRÍA: <http://eselagua.com/2017/04/30/la-realizacion-de-aforos-un-pilar-basico-de-la-hidrometria/>
- Simarro, P. (2 de octubre de 2017). Elaboración de un perfil topográfico. *Biolocus.es*. <https://www.biolocus.es/elaboracion-de-un-perfil-topografico/>.
- Torres, C. (31 de mayo de 2006). *Universidad Tecnológica de Panamá*. Obtenido de <https://utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-AH-103-2006.pdf>

## 7 ANEXOS

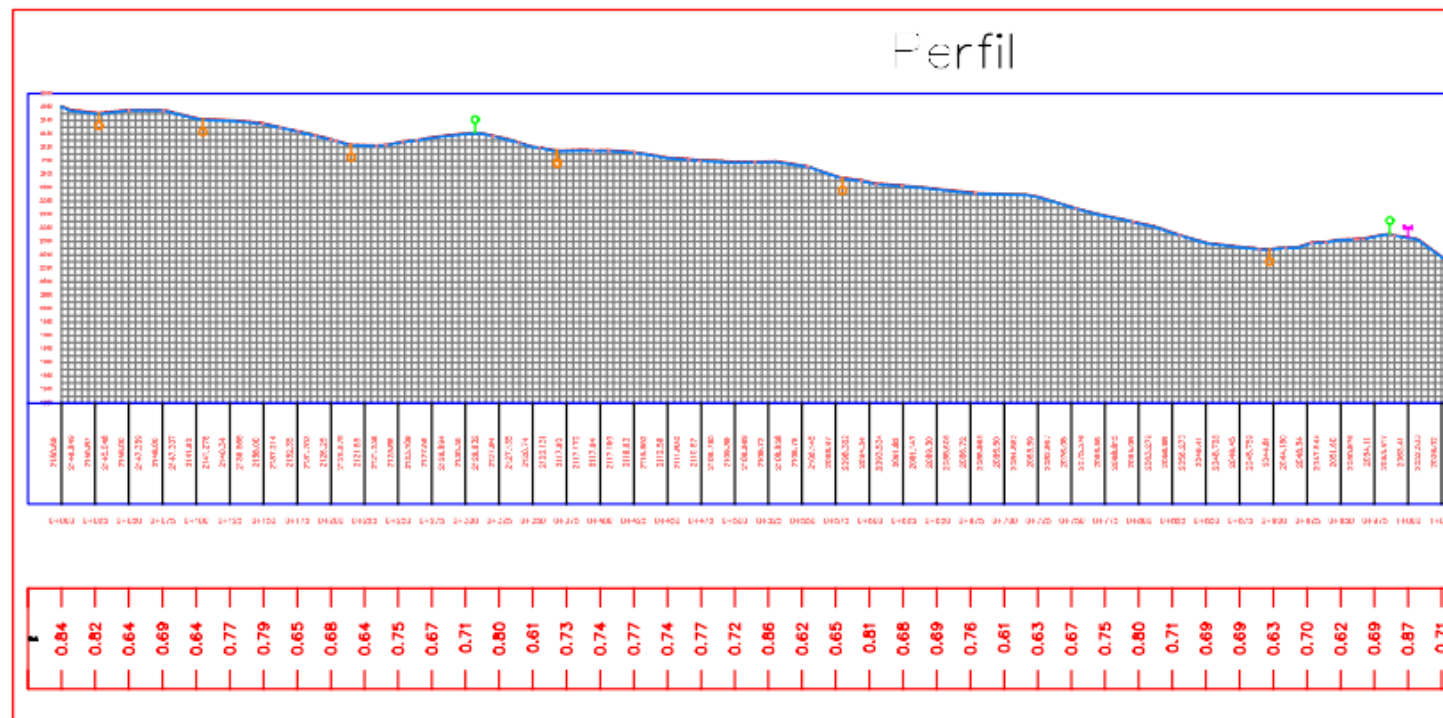
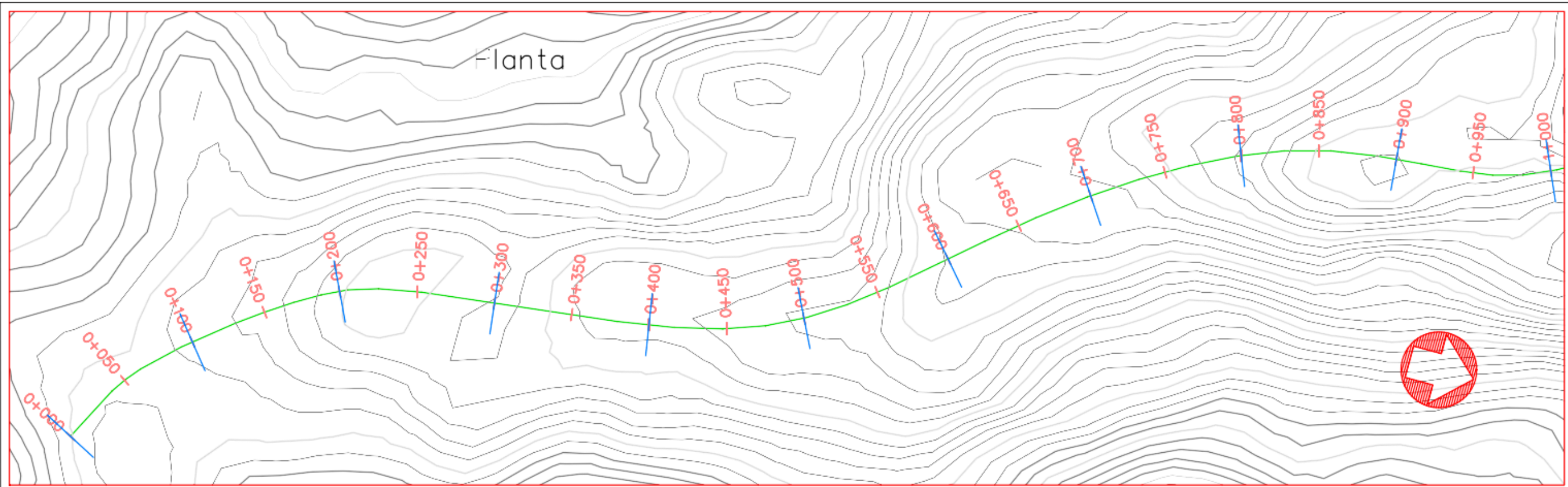
### 7.1 ANEXO I: Certificado de originalidad

Resumen de coincidencias					
<b>11 %</b>					
< >					
1	idoc.pub Fuente de Internet	3 % >	13	Entregado a Escuela P... Trabajo del estudiante	<1 % >
2	es.scribd.com Fuente de Internet	1 % >	14	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
3	docplayer.es Fuente de Internet	1 % >	15	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1 % >	16	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	<1 % >
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 % >	17	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
6	repositorio.ulead.edu.ec Fuente de Internet	<1 % >	18	Entregado a Escuela S... Trabajo del estudiante	<1 % >
7	repositorio.uandina.ed... Fuente de Internet	<1 % >	19	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
8	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 % >	20	prezi.com Fuente de Internet	<1 % >
9	www.epm.com.co Fuente de Internet	<1 % >	21	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 % >
10	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 % >	22	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 % >
11	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 % >	23	issuu.com Fuente de Internet	<1 % >
12	repositorio.uladech.ed... Fuente de Internet	<1 % >	24	www.dicoruna.es Fuente de Internet	<1 % >

25	<a href="http://www.finanzasooaxaca.g...">www.finanzasooaxaca.g...</a> Fuente de Internet	<1 % >		
26	<a href="http://econet.carm.es">econet.carm.es</a> Fuente de Internet	<1 % >		
27	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 % >		
28	<a href="http://sgp.undp.org">sgp.undp.org</a> Fuente de Internet	<1 % >	37	<a href="http://livrosdeamor.com.br">livrosdeamor.com.br</a> Fuente de Internet <1 % >
29	<a href="http://www.colimanoticias.co...">www.colimanoticias.co...</a> Fuente de Internet	<1 % >	38	<a href="http://sswm.info">sswm.info</a> Fuente de Internet <1 % >
30	<a href="http://www.energiminas.gov....">www.energiminas.gov....</a> Fuente de Internet	<1 % >	39	<a href="http://vbook.pub">vbook.pub</a> Fuente de Internet <1 % >
31	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 % >	40	<a href="http://www.conquismania.itg...">www.conquismania.itg...</a> Fuente de Internet <1 % >
32	<a href="http://www.vcl.sld.cu">www.vcl.sld.cu</a> Fuente de Internet	<1 % >	41	<a href="http://www.hidrasoftware.com">www.hidrasoftware.com</a> Fuente de Internet <1 % >
33	<a href="http://atlasviajes.com.ec">atlasviajes.com.ec</a> Fuente de Internet	<1 % >	42	<a href="http://www.recuperapatzcuar...">www.recuperapatzcuar...</a> Fuente de Internet <1 % >
34	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Fuente de Internet	<1 % >	43	<a href="http://www.telcor.gob.ni">www.telcor.gob.ni</a> Fuente de Internet <1 % >
35	<a href="http://fdocuments.ec">fdocuments.ec</a> Fuente de Internet	<1 % >	44	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante <1 % >
36	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1 % >		



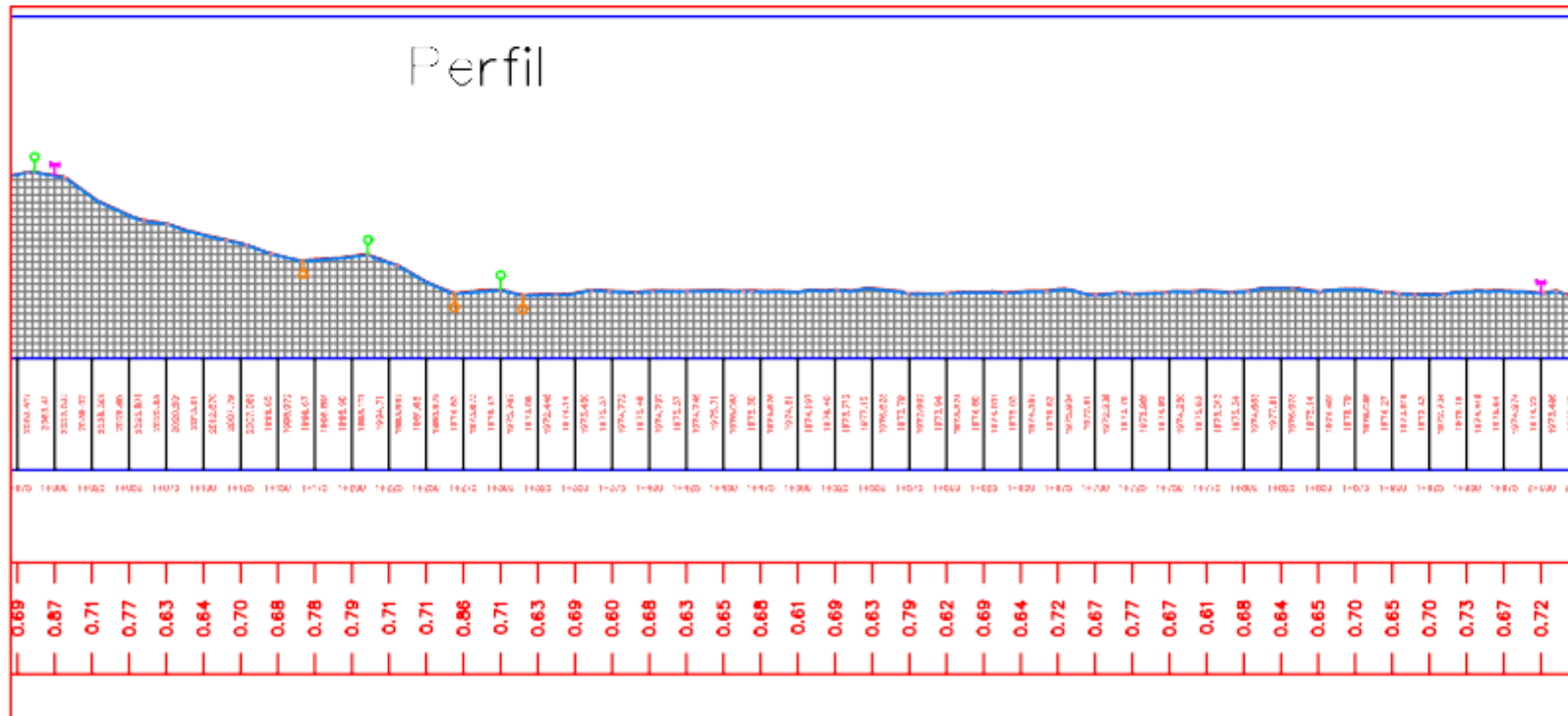
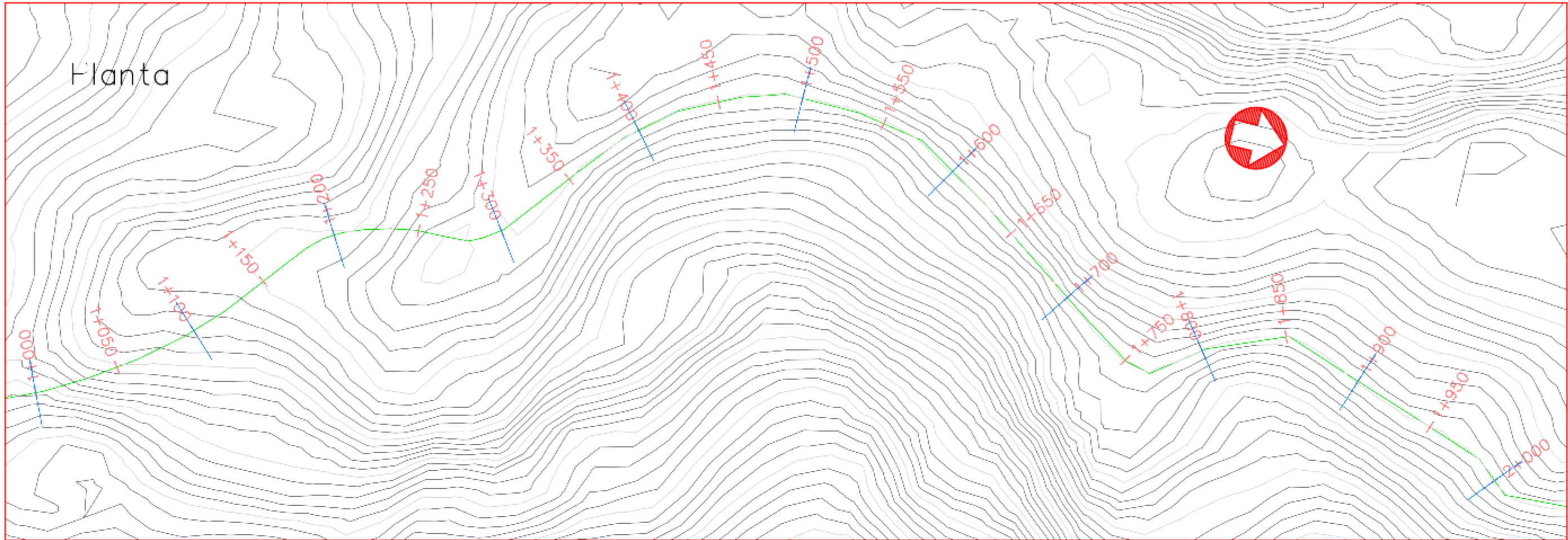
7.2 ANEXO II: Planos



LEYENDA

- Válvula de aire (Green line)
- Válvula de desague (Orange line)
- Válvulas de corte cada kilómetro (Purple line)
- Conducción (Green line)

Elaborado por: Caroira Oña	Materiales: n/c	Denominación: Línea de conducción
Modificado por: Caroira Oña	ESFOT-AM-001	Escala: Perfil: 1:5000 Planta: 1:2500
Revisado por: Ing. Eduardo Vásquez	Empresa: 	Firma: Caroira Oña

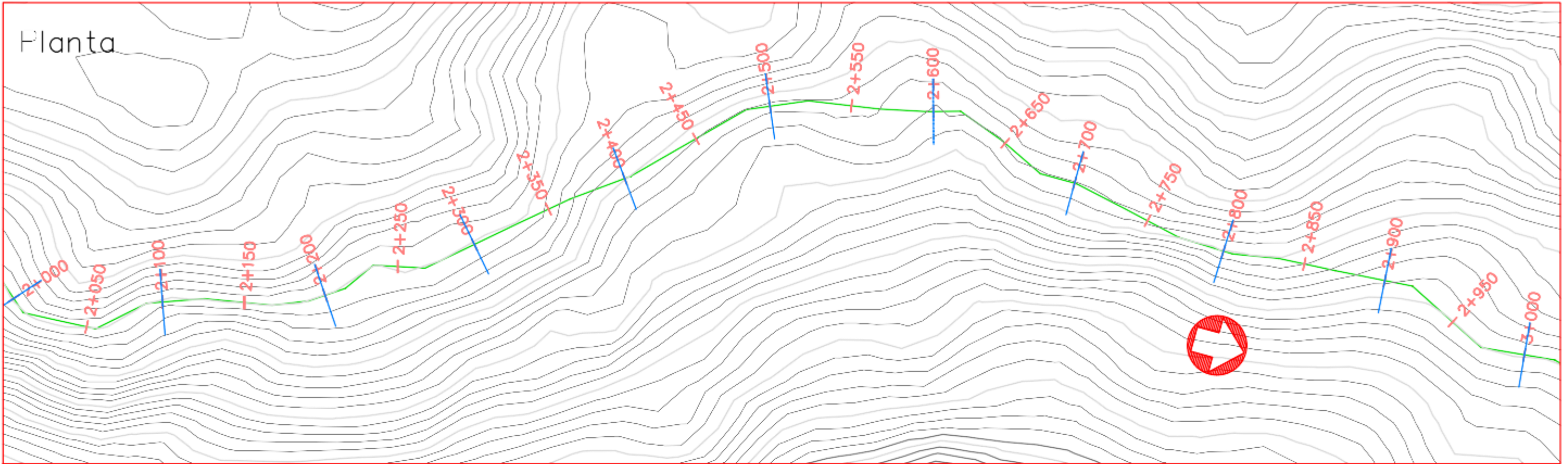


#### LEYENDA

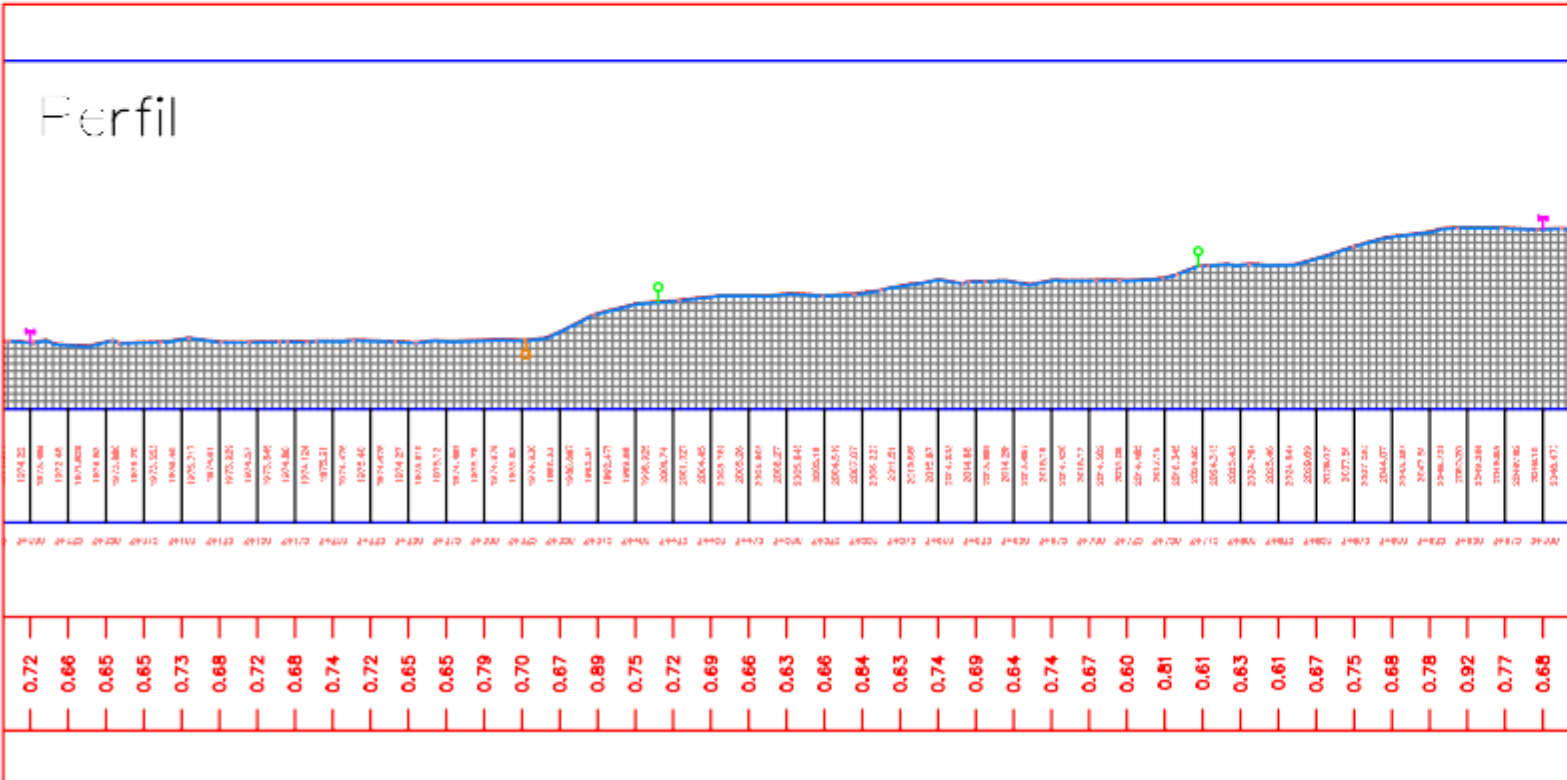
- Válvula de aire —
- Válvula de desague —
- Válvulas de corte cada kilómetro —
- Conducción —

Elaborado por: Carolina Oña	Materiales: n/a	Denominación: Línea de conducción
Modificado por: Carolina Oña	ESFOT-AM-001	Escala: Perfi: 1:5000 Planta: 1:2500
Revisado por: Ing Eduardo Vásquez	Empresa: 	Firma: Carolina Oña

# Planta



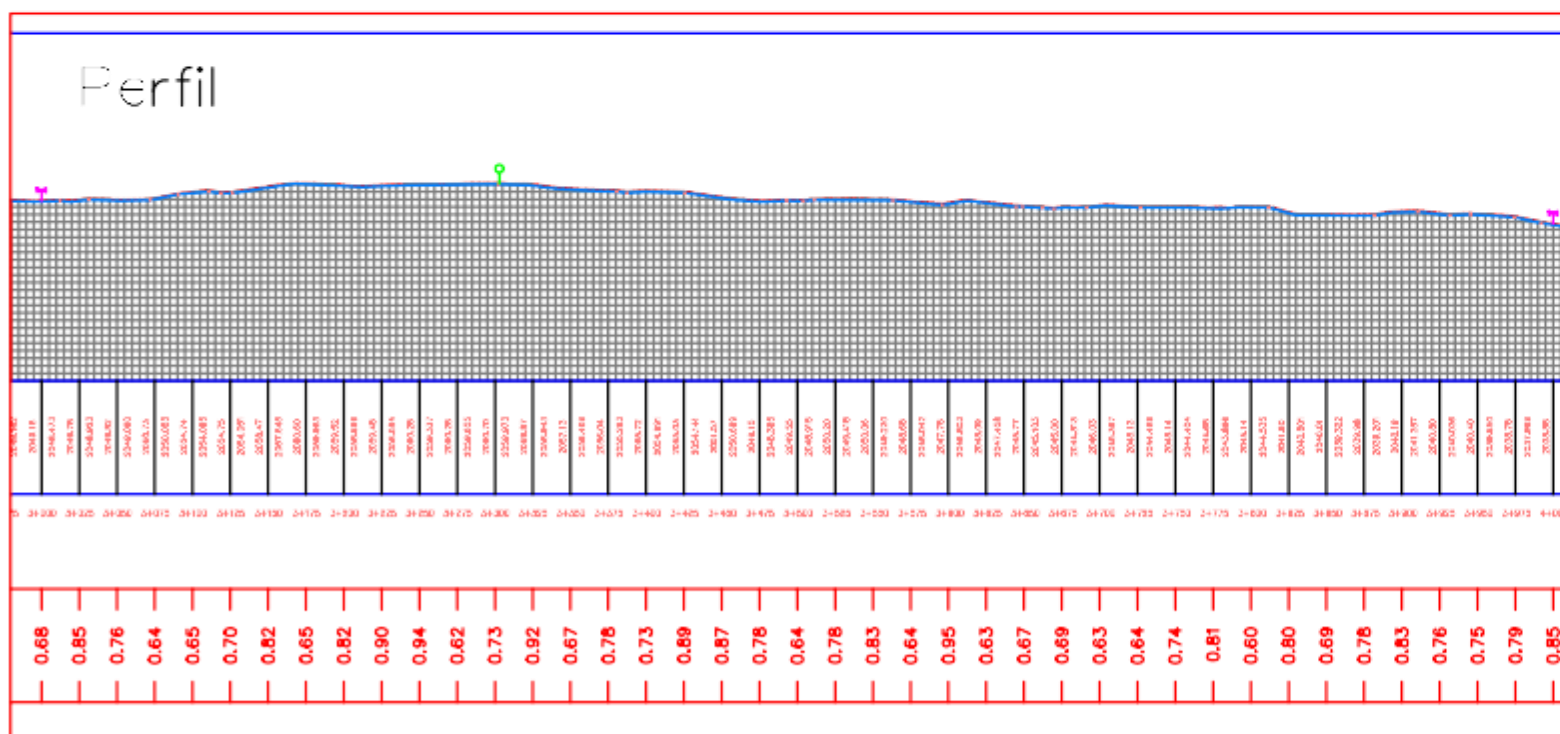
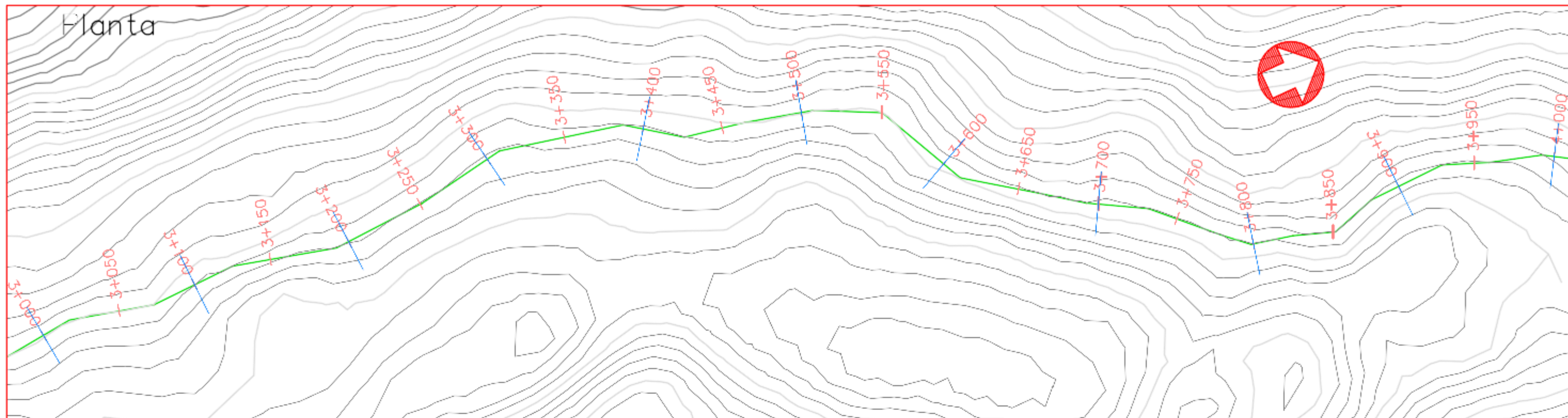
# Perfil



### LEYENDA

- Válvula de aire —
- Válvula de desague —
- Válvulas de corte cada kilómetro —
- Conducción —

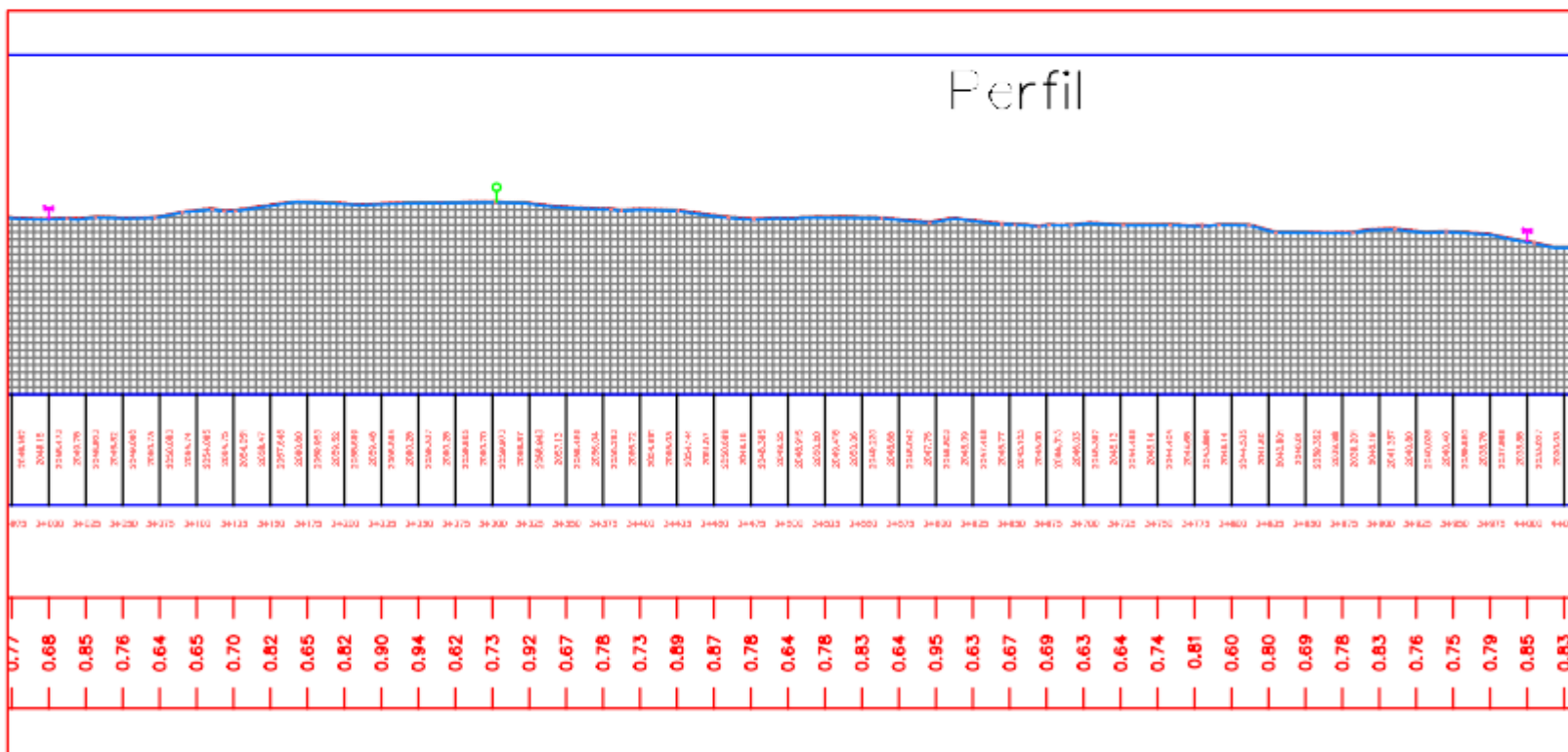
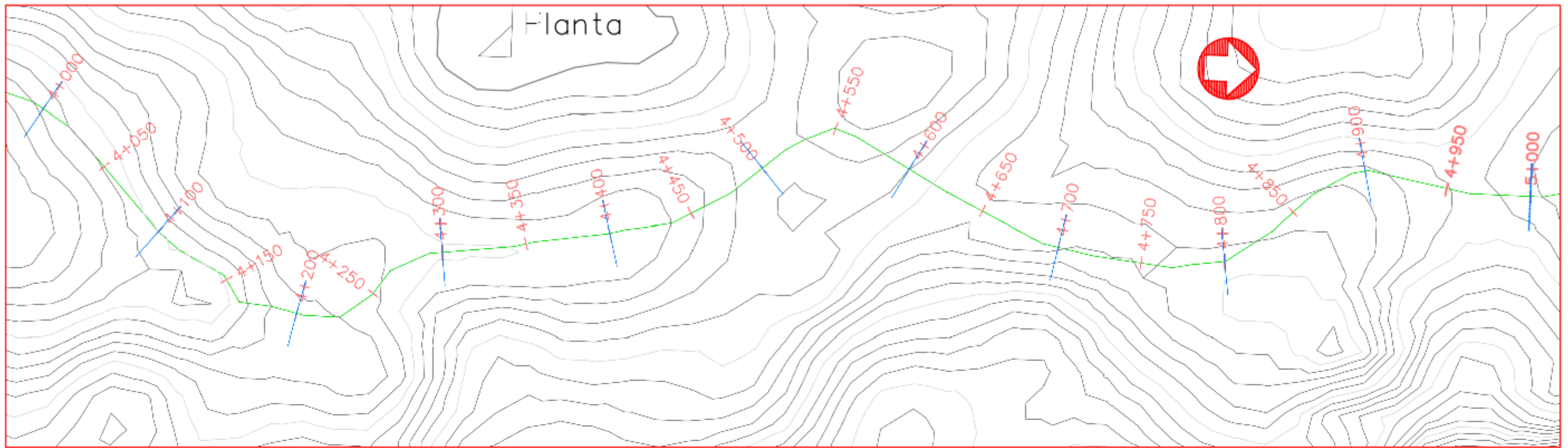
Elaborado por: Carolina Oña	Materiales: n/c	Derivación: Línea de conducción
Modificado por: Carolina Oña	ESFCT-AM-001	Escala: Perfi: 1: 5000 Planta: 1: 2500
Revisado por: Ing. Eduardo Vásquez	Empresa: 	Firma: Carolina Oña



### LEYENDA

Válvula de aire	
Válvula de desagüe	
Válvulas de corte cada kilómetro	
Conducción	

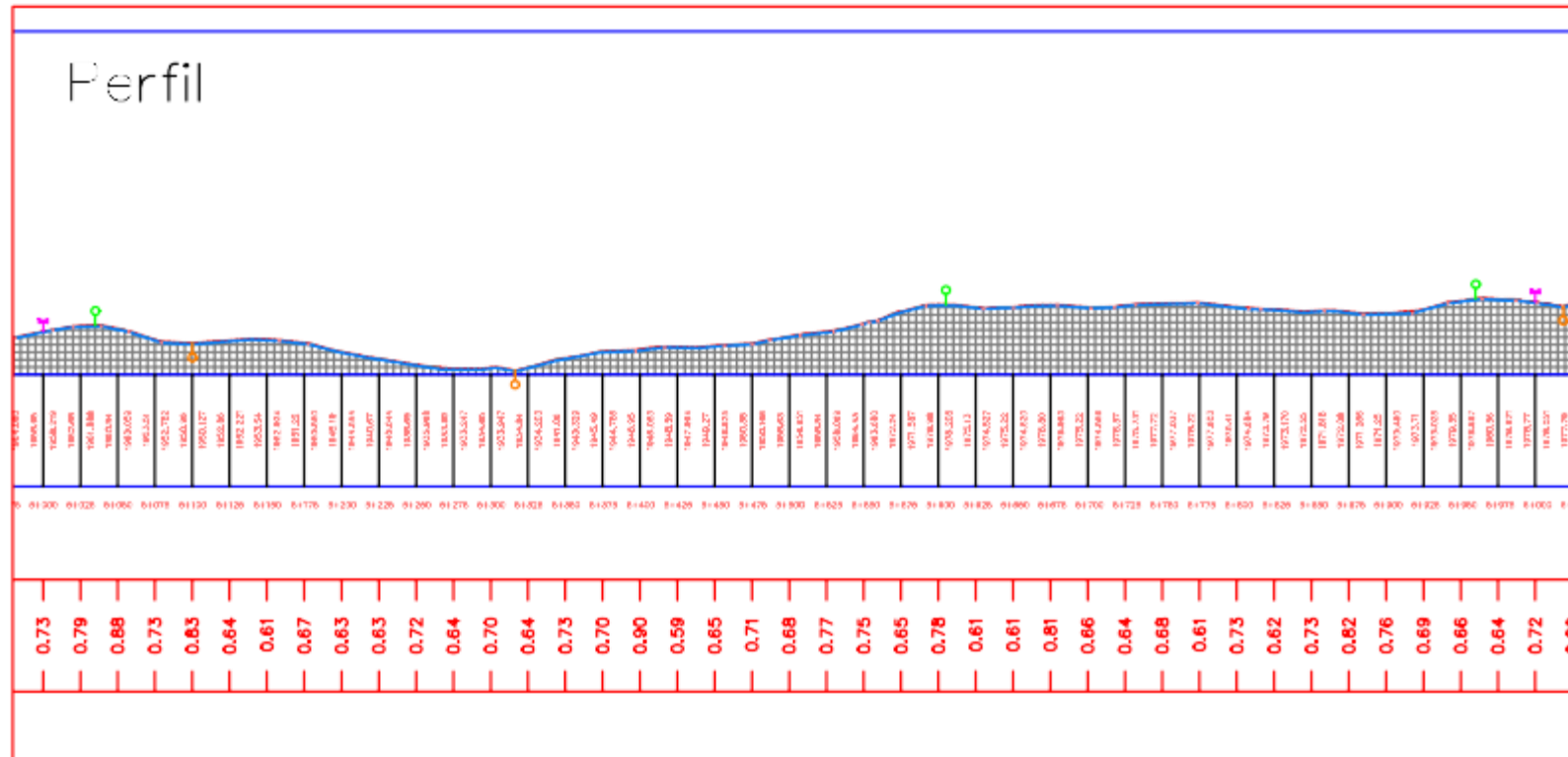
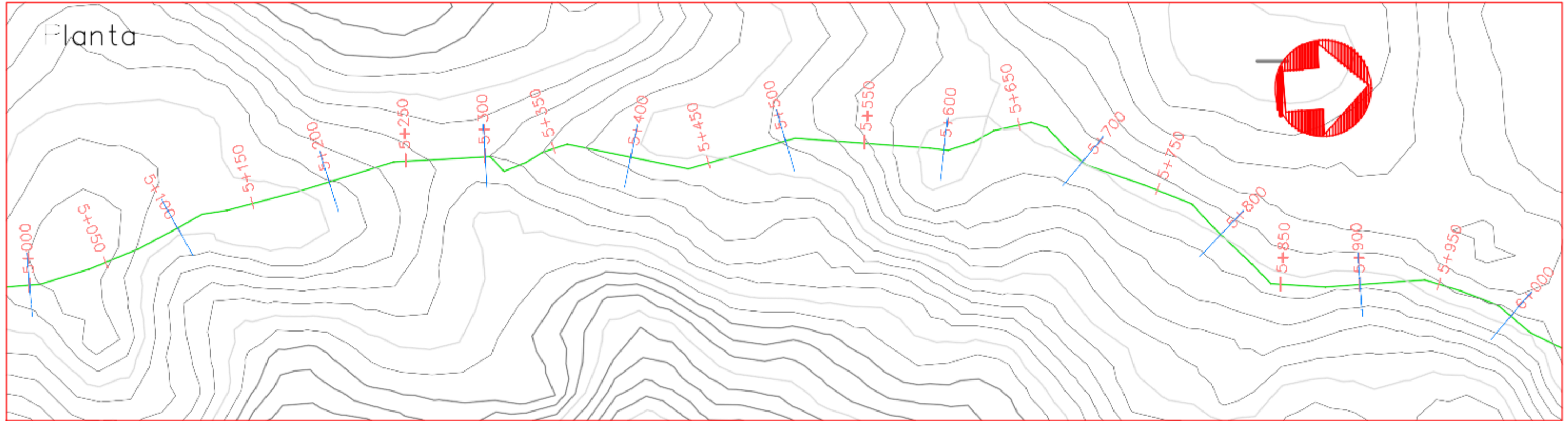
Elaborado por: Carolina Oña	Materiales: n/c	Denominación: Línea de conducción
Modificado por: Carolina Oña	ESFCT-AM-001	Escala: Perfil: 1: 5000 Planta: 1: 2500
Revisado por: Ing. Eduardo Vásquez	Empresa: 	Firma: Carolina Oña



LEYENDA

- Válvulo de aire —
- Válvulo de desague —
- Válvulos de corte cada kilómetro —
- Conducción —

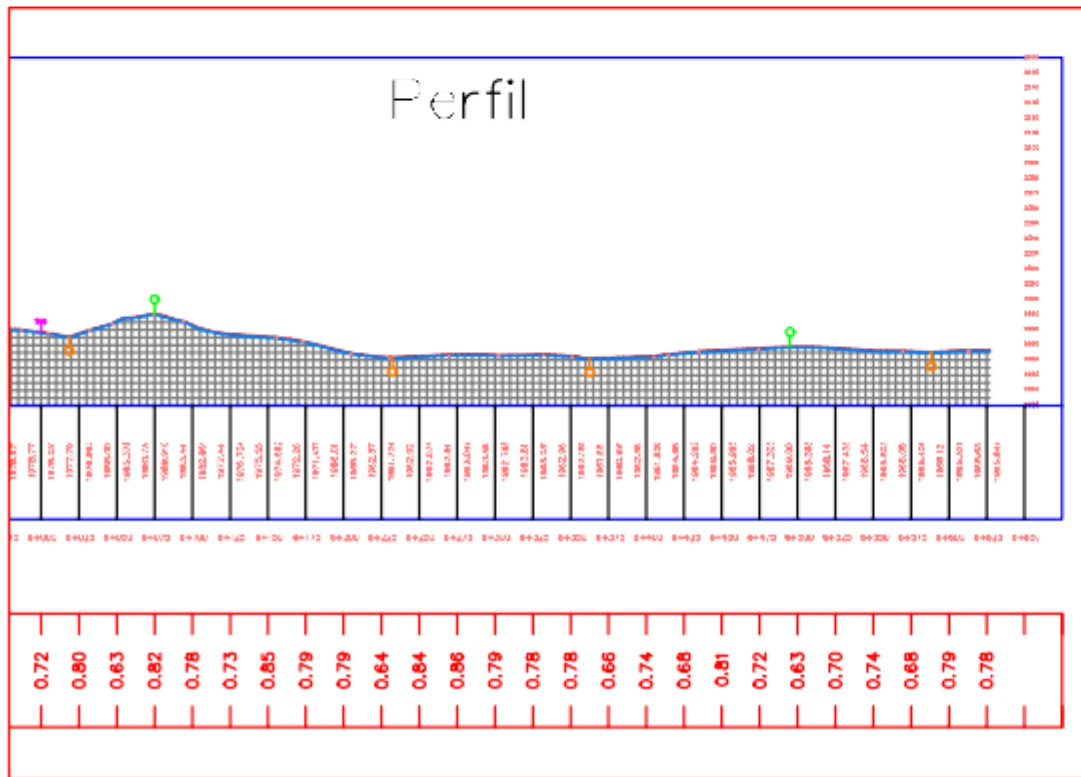
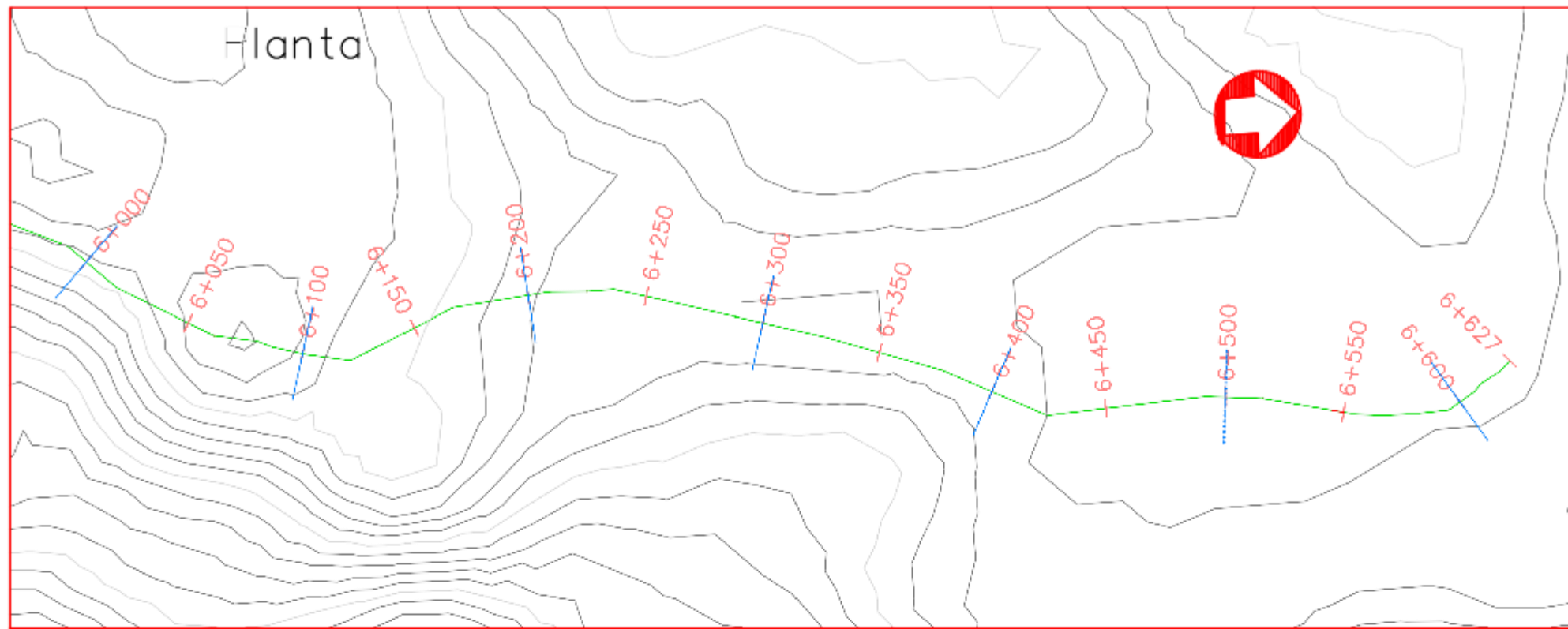
Elaborado por: Carolina Oña	Materiales: n/c	Denominación: Línea de conducción
Modificado por: Carolina Oña	ESFCT-AM-001	Escala: Perfil: 1:5000 Planta: 1:2500
Revisado por: Ing. Eduardo Vásquez	Empresa: 	Firma: Carolina Oña



#### LEYENDA

Válvula de aire	—
Válvula de desague	—
Válvulas de corte cada kilómetro	—
Conducción	—

Elaborado por: Carolina Oña	Materiales: n/a	Denominación: Línea de conducción
Modificado por: Carolina Oña	ESFOT-AM-001	Escala: Perfil: 1: 5000 Planta: 1: 2500
Revisado por: Ing. Eduardo Vásquez	Empresa: 	Firma: Carolina Oña

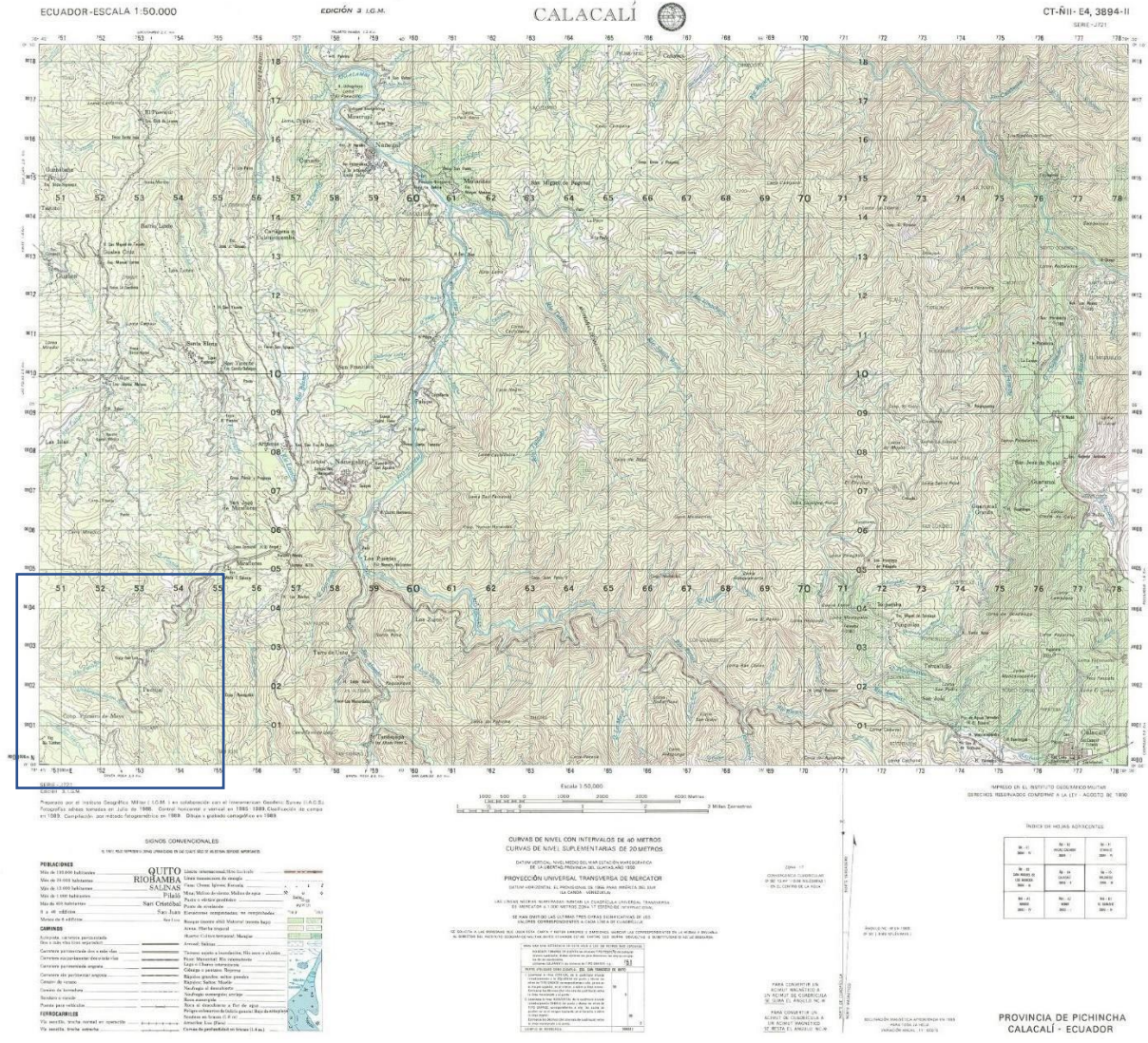


LEYENDA

- Válvula de aire —
- Válvula de desagüe —
- Válvulas de corte cada kilómetro —
- Conducción —

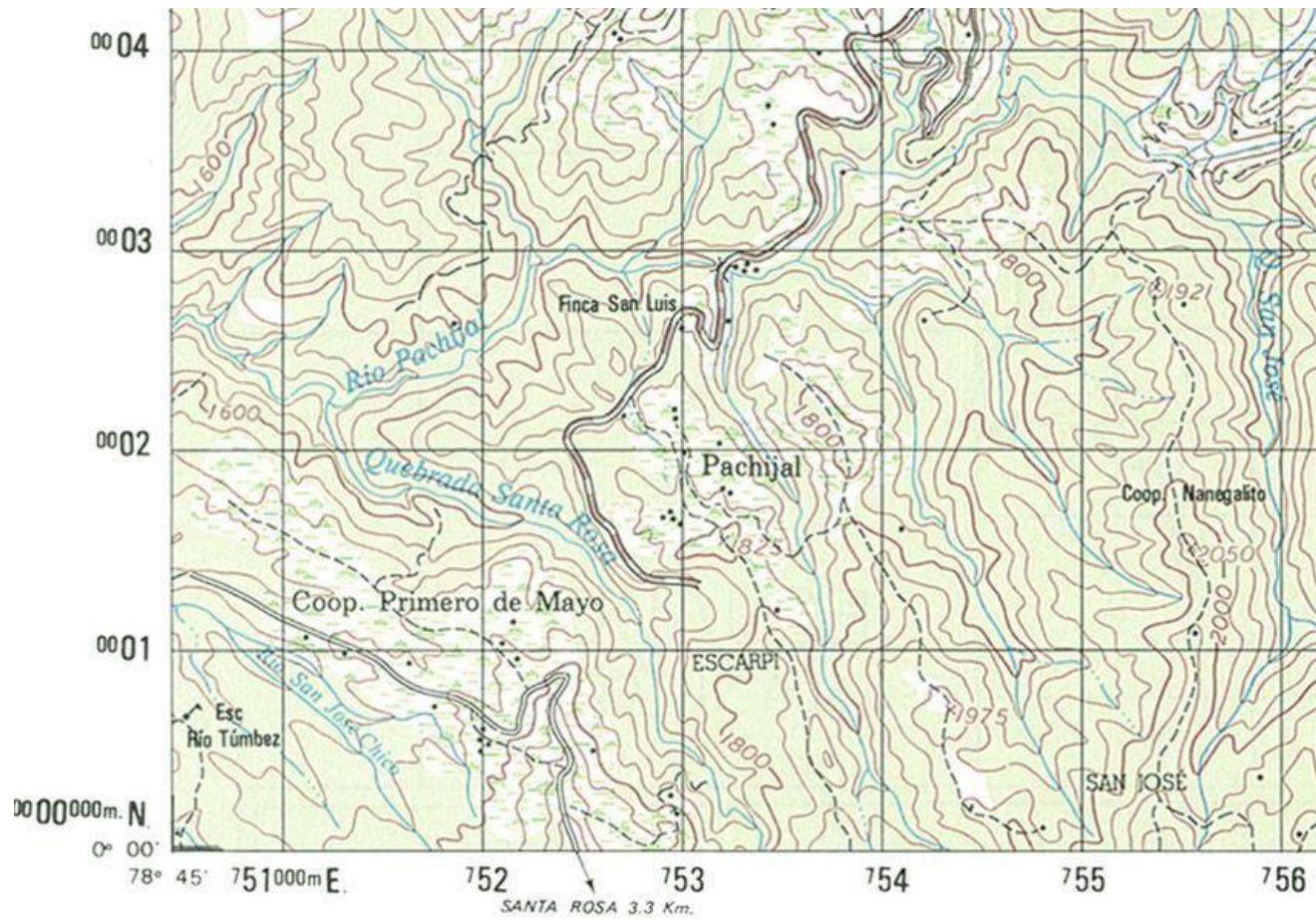
Elaborado por: Carolina Oña	Materiales: n/c	Denominación: Línea de conducción
Modificado por: Carolina Oña	ESFOT-AM-001	Escala: Perfi: 1: 5000 Planta: 1: 2500
Revisado por: Ing. Eduardo Vásquez	Empresa: 	Firma: Carolina Oña

# 7.3 ANEXO III: Carta topográfica CALACALI





7.4 ANEXO IV: Información del cuadrado azul del anexo anterior.



## 7.5 ANEXO V: Registro fotográfico



## 7.6 ANEXO VI: Tablas EPANET

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Altura m	Presión m
Conexión n1	2145.544	2146.00	0.45
Conexión n2	2141	2145.96	4.96
Conexión n3	2122.08	2145.86	23.78
Conexión n4	2131	2145.70	14.70
Conexión n5	2117.846	2145.58	27.73
Conexión n6	2092.443	2145.50	53.05
Conexión n7	2044.477	2145.21	100.73
Conexión n8	2055.974	2143.89	87.91
Conexión n9	2053.405	2143.51	90.11
Conexión n10	1996.033	2143.05	147.02
Conexión n11	2000.088	2142.35	142.26
Conexión n12	1973.873	2138.17	164.30
Conexión n13	1973.759	2118.84	145.08
Conexión n14	1974.215	2109.59	135.38
Conexión n15	1970.543	2107.12	136.58
Conexión n16	2000.986	2097.05	96.06
Conexión n17	2024.648	2090.61	65.96
Conexión n18	2049.141	2082.06	32.92
Conexión n19	2060.705	2062.38	1.68
Conexión n20	2033.918	2050.67	16.75
Conexión n21	1999.594	2048.18	48.58

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Altura m	Presión m
Conexión n19	2060.705	2062.38	1.68
Conexión n20	2033.918	2050.67	16.75
Conexión n21	1999.594	2048.18	48.58
Conexión n22	1954	2046.43	92.43
Conexión n23	1987.976	2042.34	54.36
Conexión n24	1968.596	2035.28	66.69
Conexión n25	1954.211	2034.15	79.94
Conexión n26	1958.895	2033.17	74.27
Conexión n27	1958.895	2031.33	72.44
Conexión n28	1950.96	2025.22	74.26
Conexión n29	1932.798	2017.08	84.28
Conexión n30	1977	2007.05	30.05
Conexión n31	1980.888	2005.42	24.53
Conexión n32	1975.62	2003.81	28.19
Conexión n33	1990.763	1999.37	8.61
Conexión n34	1962	1989.04	27.04
Conexión n35	1961.399	1978.54	17.14
Conexión n36	1969	1968.08	-0.92
Embalse 1	2146	2146.00	0.00
Embalse 2	1968	1968.00	0.00

Tabla de Red - Líneas						Tabla de Red - Líneas					
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Estado	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Estado
Tubería p1	27.7	200	15.94	0.51	Abierto	Tubería p18	697.1	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p2	77.3	200	15.94	0.51	Abierto	Tubería p19	415	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p3	110	200	15.94	0.51	Abierto	Tubería p20	88.14	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p4	92.09	200	15.94	0.51	Abierto	Tubería p21	61.86	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p5	61.01	200	15.94	0.51	Abierto	Tubería p22	145	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p6	211.9	200	15.94	0.51	Abierto	Tubería p23	250	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p7	314.1	160	15.94	0.79	Abierto	Tubería p24	40	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p8	89.53	160	15.94	0.79	Abierto	Tubería p25	35	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p9	16.4	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p26	65	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p10	167.1	160	15.94	0.79	Abierto	Tubería p27	216.3	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p11	147.9	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p28	288.7	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p12	685	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p29	355	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p13	327.5	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p30	58	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p14	87.48	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p31	57	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p15	357	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p32	157.2	110	15.94	1.68	Abierto
Tubería p16	228	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p33	130.3	90	15.94	2.51	Abierto
Tubería p17	302.9	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p34	132.5	90	15.94	2.51	Abierto
Tubería p18	697.1	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería p35	132	90	15.94	2.51	Abierto
Tubería p19	415	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería 1	1	200	15.94	0.51	Abierto
Tubería p20	88.14	110	15.94	1.68	Abierto	Tubería 2	1	90	15.94	2.51	Abierto
Tubería p21	61.86	110	15.94	1.68	Abierto						

# MEMORIA TÉCNICA

FACTIBILIDAD DE  
APROVECHAMIENTO DE LA  
FUENTE DE AGUA DEL RÍO  
PACHIJAL PARA EL  
ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE EN LA PARROQUIA DE  
NANEGALITO – CHOCÓ ANDINO

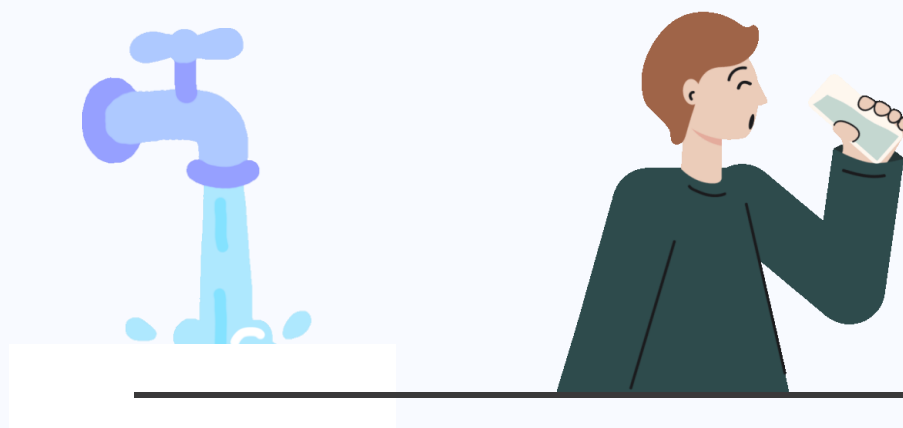
## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se plantea el diseño de una conducción y su factibilidad para el aprovechamiento de una fuente de agua del río Pachijal para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito. La comunidad de Nanegalito se encuentra al noroccidente de Quito, capital del Ecuador, este sistema se lo desarrolla para aumentar el caudal de consumo debido a que la oferta actual no es suficiente y en épocas secas es casi nula. La evaluación hidráulica de la línea de conducción de agua de la captación del río hasta el tanque de llegada se la realizó con base en visitas técnicas, levantamiento topográfico donde se tomaron puntos georreferenciados del posible sitio de captación, tanque de llegada, análisis de rutas y alternativas para el recorrido de la línea de conducción, además de esto se realizaron aforos de caudales en el cuerpo de agua (fuente de abastecimiento) y tanque de almacenamiento actual. Para la obtención de datos poblacionales se buscó información en el sitio web del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

## DESCRIPCIÓN

El proyecto de factibilidad de aprovechamiento de la fuente de agua del río Pachijal para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito - Chocó Andino, es un proyecto pensado en mejorar la calidad de vida de la comunidad de Nanegalito debido a la escasez del recurso hídrico en épocas de sequía, lo que provoca malestar a la población. Es por lo que en este trabajo se evaluó la factibilidad de actualizar el sistema de abastecimiento actual mediante el aprovechamiento de una nueva fuente de abastecimiento del río Pachijal.

Este cuerpo de agua superficial es conocido por la población como Río Pachijal, pero en cartas topográficas se le nombra Río San José siendo este un afluente del Río Pachijal. Además, se visitó diferentes puntos en la localidad para tener un conocimiento sobre la realidad del sistema que se tiene en el presente; se realizó recorridos con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para establecer la ruta más favorable desde la posible captación y línea de conducción de agua hasta el tanque de llegada. En la recolección de información fue necesaria la ayuda del personal del Gobierno Autónomo Descentralizado de Nanegalito (GAD), quienes guiaron por senderos conocidos por la comunidad que puedan servir para la posible conducción de agua y a su vez obtener datos reales para los cálculos y análisis del sistema a pre-diseñar.



**OBJETIVO GENERAL**

·Determinar la factibilidad de aprovechamiento de la fuente de agua del río Pachijal para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito - Chocó Andino.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar información topográfica y recopilar datos necesarios para el cálculo de caudales de consumo.
- Trazar alternativas de líneas de conducción de agua desde el sitio de captación hasta el reservorio existe.
- Evaluar hidráulicamente las líneas de conducción trazada, seleccionar la mejor alternativa y realizar planos y presupuestos de la alternativa seleccionada.



El presente proyecto es pensado para el abastecimiento de agua potable en la parroquia de Nanegalito - Chocó Andino, para mejorar la calidad de vida de la comunidad de Nanegalito debido a la escasez del recurso hídrico en épocas de sequía.

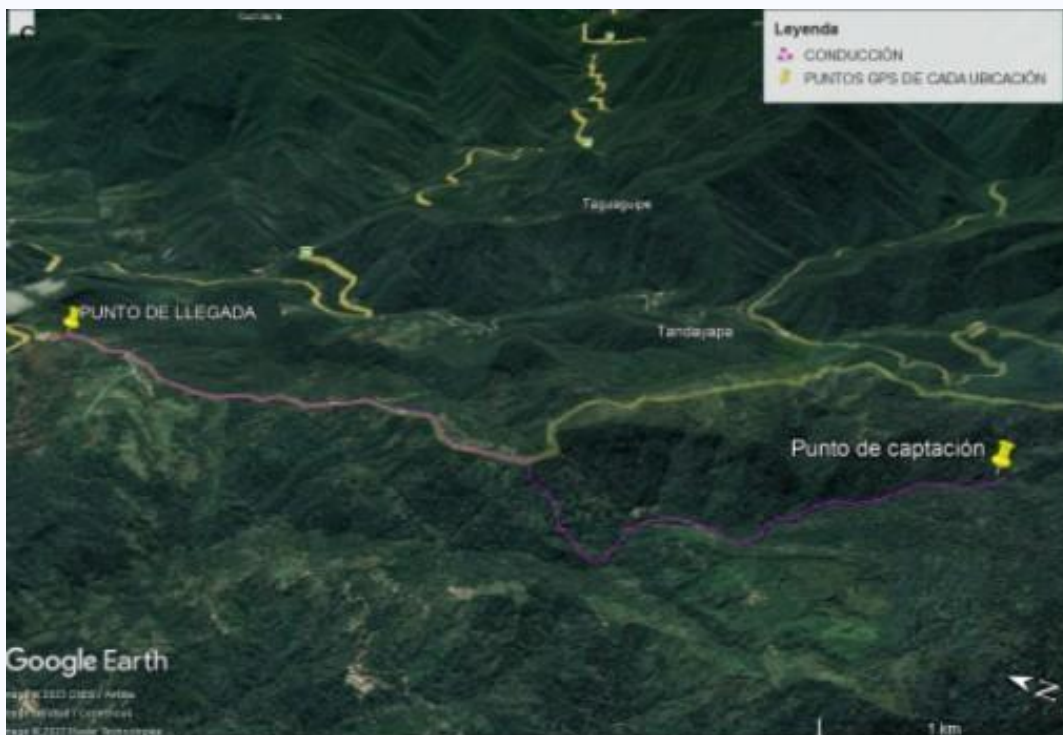
Nanegalito abastece de agua potable a 3026 habitantes, según el censo del 2010.

A continuación, detallaremos la ubicación:

## UBICACIÓN DEL PROYECTO

### Coordenadas del proyecto

Sitio	Zona	Este	Norte	Elevación (m)
Tanque de llegada	17 N	756612	4795	1991
Punto de captación	17 M	756863	9998938	2123





**AFORO DEL RÍO**

**CAUDAL AFORADO EN EL RÍO**

Longitud (cm)	Velocidad (pies/s)	Velocidad de flujo (m/s) *	Calado (cm)	Calado por tramos (cm)
10	-	-	-	2
20	Fuera de rango	-	2.5	2.5
30	-	-	-	8.7
40	0.4	0.1219	12	11.8
50	-	-	-	12
60	0.4	0.1219	13	14.5
70	-	-	-	10
80	0.5	0.1524	15	16.7
90	-	-	-	16.3
100	1.2	0.36576	14.5	16.5
110	-	-	-	18.7
120	0.4 de fondo 1.2 a la mitad	0.1219 0.36576	17.7	16
130	-	-	-	11.5
140	1.4	0.42672	12.5	8.8
150	-	-	-	7.8
160	0.5	0.51524	6	6
170	-	-	-	1.5
180	Fuera de rango	-	1	1
190	-	-	-	1

\*Se multiplico por 3,281 para la transformación de pies a metros.

Tras la recolección de datos de longitudes, calados y velocidades por tramo transversal, se ubicó la información en la siguiente tabla para una mejor identificación y análisis posterior de los mismos.

Estos datos se los coloco en una hoja de dibujo de AutoCAD para calcular e identificar las áreas de sección del río que se midieron Una vez que se tuvieron las áreas de cada una de las secciones de río definidas se calculó, mediante la ecuación de continuidad, el valor de caudal para cada sección, la suma de estos caudales representa el caudal total del cauce.

A continuación, se presentan los caudales calculados del río en época de invierno, lo que significa que el caudal es mayor.

Secciones	*Area (m2)	**Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
1 y 2	0,019	0,1219	
3	0,025	0,1219	
4	0,028	0,1524	
5	0,033	0,36756	
6	0,035	0,36756	
7	0,024	0,42672	
8 y 9	0,021	0,5524	
Promedio=	0,183	0,29618	0,05420146
		Caudal (l/s) =	54,2014

# PROYECCIÓN POBLACIONAL

## CON INFORMACIÓN DEL INEC

### ¿PARA QUE SIRVE ESTA PROYECCIÓN A FUTURO DE LA POBLACIÓN?

Esta proyección sirve para calcular caudales teóricos con una dotación de agua sacada de normativa 160 (L/Hab\*día), y nos sirve para saber a cuantas personas el sistema va a abastecer a lo largo de su vida útil que son 30 años.

Se realizó la proyección de la población de Nanegalito usando el método geométrico y se empleó datos de los 3 censos. Con ello se pudo obtener una población estimada hasta el año 2053 de 6547 personas en la zona de Nanegalito que serían beneficiadas con la conducción de agua potable.

Método Geométrico		Población proyectada				
Pci	r	2011	2021	2031	2041	2053
1990	0,01255	3064	3471	3932	4454	5173
2001	0,02263	3094	3871	4841	6056	7921
<b>Promedio=</b>	<b>0,01759</b>	<b>3079</b>	<b>3671</b>	<b>4387</b>	<b>5255</b>	<b>6547</b>



FÓRMULAS

## PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES TEÓRICOS

### Caudal medio diario

Es un caudal promedio que se obtiene un registro anual de consumo para obtener o estimar un caudal máximo diario y máximo horario. Se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{promedio}} = \frac{\text{Consumo total} \left( \frac{L}{\text{hab. d.}} \right) \cdot \text{Población (hab.)}}{86400 \text{ s/d}}$$

*Ecuación 5 Cálculo promedio  
Fuente: (EPMAPS, 2008)*

### Caudal máximo diario

Representa al día de mayor consumo en el año, se utilizó el coeficiente k1 con un valor de 1,3 y se lo calculó:

$$Q_{\text{máx. diario}} = k_1 \cdot Q_{\text{promedio}}$$

*Ecuación 6 Cálculo caudal máx. diario  
Fuente: (EPMAPS, 2008)*

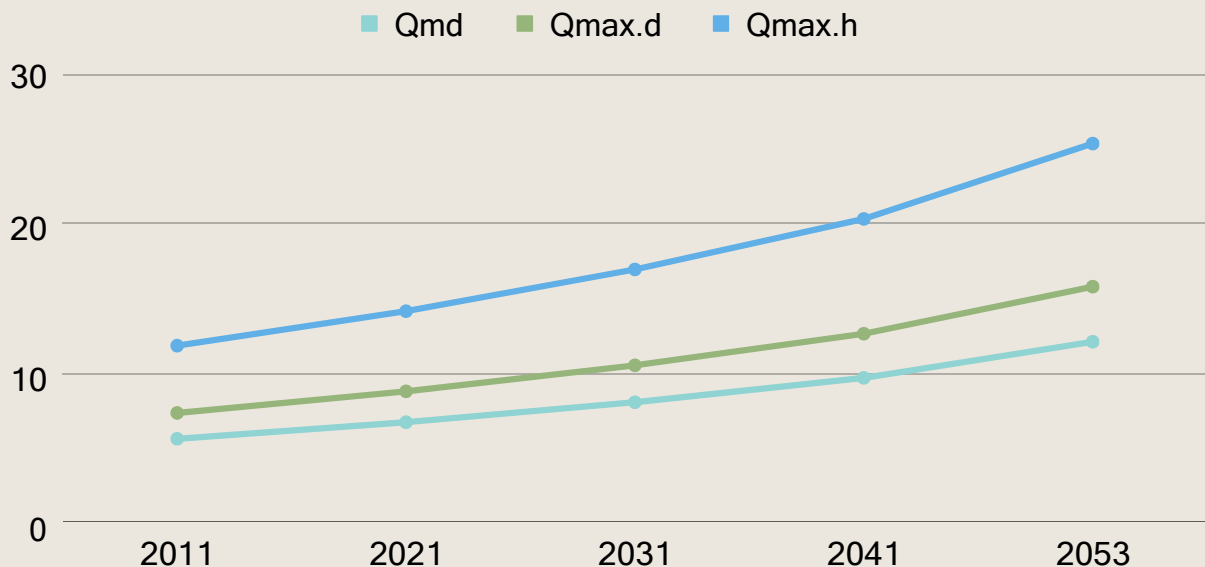
### Caudal máximo horario

Es la demanda máxima en una hora durante un año completo, se utilizó un coeficiente k2 con un valor de 1,6 y se la calculó de la siguiente forma:

$$Q_{\text{máx. horario}} = k_2 \cdot Q_{\text{promedio}}$$

*Ecuación 7 Cálculo caudal máx. Horario  
Fuente: (EPMAPS, 2008)*

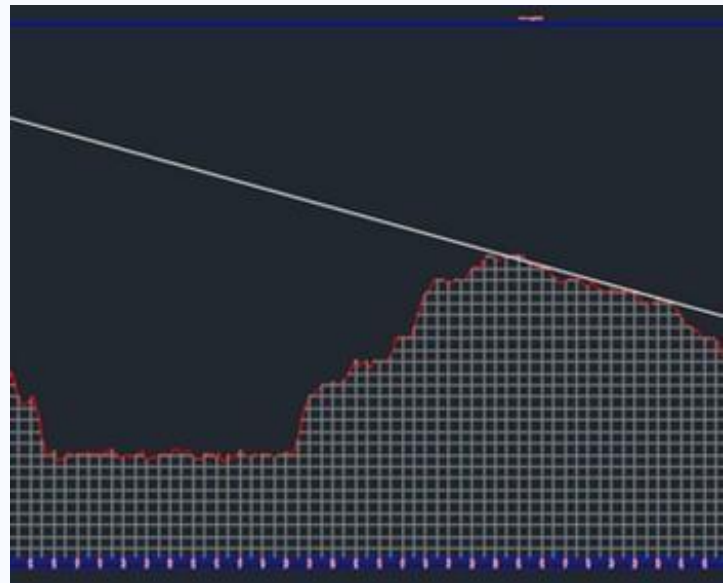
## COMPORTAMIENTO DE CAUDALES TEÓRICOS



# LÍNEA DE CONDUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN DEL PRODUCTO

Para el trazado de la línea de conducción se necesitó varios softwares como EpaCAD, EPANET, Plex Earth, Civil 3D y los puntos GPS recolectados en las visitas técnicas. Con datos de ubicación de la captación, tanque de llegada, y la identificación de uncamino de tierra, se dibujó la línea con su perfil, se realizaron alternativas y se seleccionó la óptima para su análisis hidráulico.



Del resultado de los trazados, se visualizó en el mapa georreferenciado las dos opciones en Civil 3D. Se aprecia que se modificó el recorrido, sobre todo en la parte central por la presencia de elevaciones, y el desvió por el camino de tierra para su salida. Como se observa la conducción es lo más uniforme posible y esto beneficia a su diseño, construcción y mantenimiento.

Por otra parte, se observa que la conducción tiene una longitud de 6625 metros, lo que hace necesario la colocación de válvulas de aire, desagüe y corte, para su operación y mantenimiento.

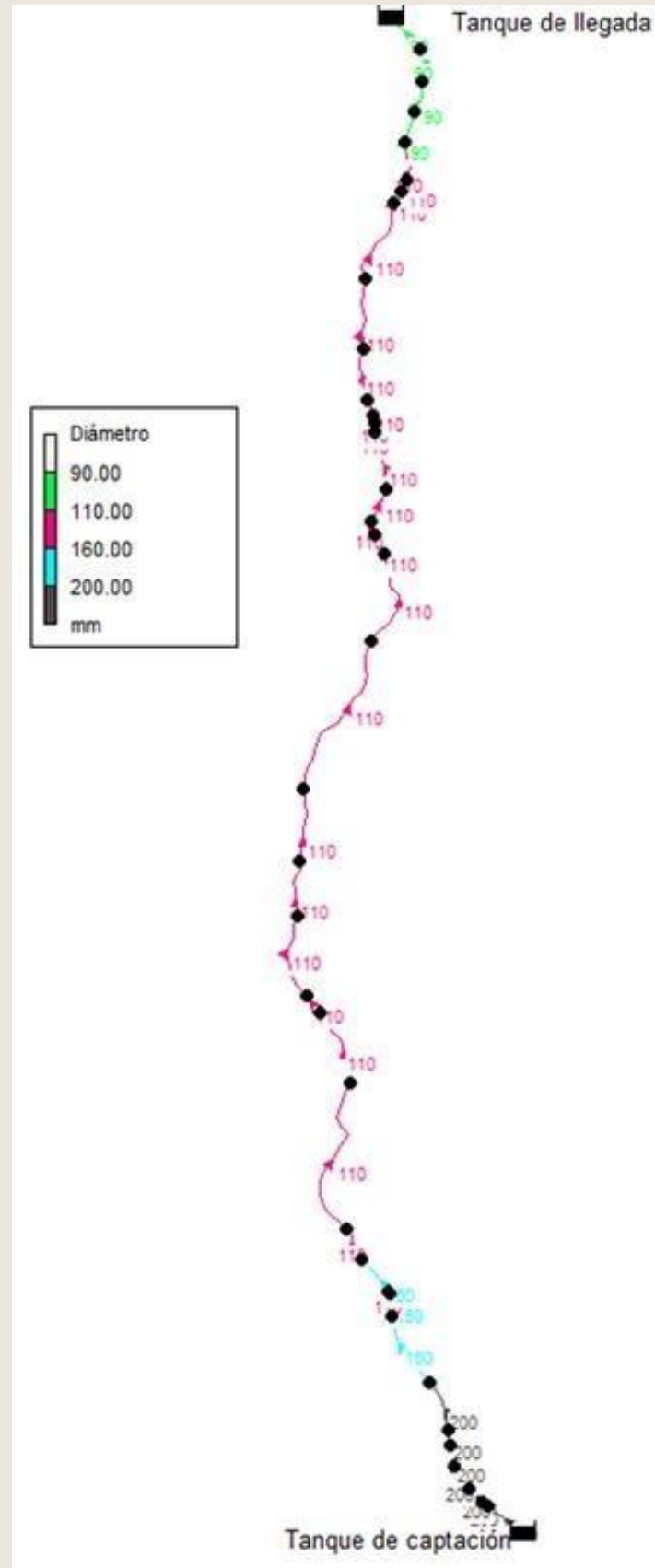
Una vez seleccionamos el trazado realizamos la evaluación hidráulica en EPANET.

**EPANET**  
**MODELO DINÁMICO**

**INTRODUCCIÓN**

Para analizar el modelo dinámico, se insertó los puntos previamente modificados por EpaCAD, seguido de esto se codifico por color a los diámetros para las tuberías y se seleccionó diámetros comerciales que tengan resistencia hasta 1.25 MPA y se fue colocando de forma descendente. Así tenemos los diámetros de 90 mm (color verde), de 110 mm (magenta), 160 mm (celeste) y de 200 mm (gris), la ubicación de los tanques.

Finalmente, tenemos que las presiones y caudal se cumplen a la capacidad de la tubería siendo cercana al caudal teórico Q máx. diario 15,76 L/s y caudal en el softwareEPANET 15,94 L/s, y las presiones dinámicas de los nodos son mayores a 5 m.c.a.



**PRESUPUESTO****PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

Para el cálculo de cantidades de obra se necesitó saber la cantidad de replanteo topográfico, excavación, tubería y relleno. Se hizo una hoja de datos que analice los precios unitarios de cada rubro, se realizó un resumen con todos los gastos estimados para la opción de conducción seleccionada.

Se analizó económicamente la alternativa estudiada como factibilidad esto hizo que el proyecto tenga cantidades de obra estimadas para los pre-diseños del proyecto. La estimación de los costos de obra analizados comprendió el presupuesto de la línea de conducción.

Rubros	Cantidad	Precio	Total
DESBROCE Y LIMPIEZA	5300	\$0,224	\$1.187,20
REPLANTEO Y NIVELACION DE EJES (km)	6,625	\$250,32	\$1.658,37
EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	3816	\$4,76	\$18.164,16
RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	3816	\$2,864	\$10.929,02
TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 200mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	581	\$33,256	\$19.321,74
TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 160mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	587,13	\$22,152	\$13.006,10
TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 90mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	395,8	\$7,96	\$3.150,57
TUBERIA PVC ORIENTADO U/E 110mm 1.25MPA (MAT/TRANS/INST)	5065,08	\$10,888	\$55.148,59

Rubros	Cantidad	Precio	Total
VALVULA AIRE 01" (MAT/TRANS/INST)	13	\$207,344	\$2.695,47
VALVULA COMPUERTA 06" (MAT/TRANS/INST)	5	\$411,136	\$2.055,68
TEE B-L-L ACERO 02X08X08" (MAT/REC/TRANS/INST)	5	\$186,248	\$931,24
TEE B-L-L ACERO 02X04X04" (MAT/REC/TRANS/INST)	13	\$85,936	\$1.117,17
CAJA DE VALVULA 06" (MAT/TRANS/INST)	5	\$21,784	\$108,92
CAJA DE VALVULA 08" (MAT/TRANS/INST)	13	\$23,704	\$308,15
		<b>Total</b>	<b>\$129.782,38</b>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

PROYECTO 2023

### CONCLUSIÓN

Al final obtenemos una comparación entre los cálculos teóricos para la población proyectada para el año 2053, el caudal medio diario 12,12 L/s, caudal máximo diario 15,76 L/s, caudal máximo horario 25,22 L/s y los cálculos de caudal de la nueva fuente de agua a captar (río aforado) es 54,20 L/s, podemos determinar que existe suficiente recurso hídrico para la captación, conducción y abastecimiento de la población por lo que el punto de captación es ideal para la implementación del sistema.

- 
- 
- 
- 
- 

### RECOMENDACIÓN

Para un mejor análisis del sistema se debe actualizar el cálculo de la población con base en el nuevo censo, para complementar la información poblacional y así verificar que este sistema sea favorable para el abastecimiento.

- 
- 
- 
- 
- 

### CONCLUSIÓN

En definitiva, la alternativa seleccionada es el tercer trazado debido a que es más sencilla y no presenta caídas o elevaciones bruscas por lo que es más factible su construcción y diseño. Seleccionamos la tercera opción que es la óptima por su topografía.

- 
- 
- 
- 
- 

### RECOMENDACIÓN

Se recomienda realizar una topografía a detalle en una franja a lo largo de la alternativa de conducción seleccionada y verificar si el trazado pasa por propiedad privada.

- 
- 
- 
- 
- 

### CONCLUSIÓN

Al final la longitud total de diseño de la línea de conducción es 6 625 metros, que por su longitud se debe colocar válvulas para evitar golpes de ariete, presiones altas y para el mantenimiento del sistema.

- 
- 
- 
- 
- 

### RECOMENDACIÓN

Calcular el volumen necesario de tanques para el nuevo caudal máximo diario. Además, realizar una evaluación hidráulica de la distribución y diseñar una ampliación de esta.

- 

Resumiendo, el costo total del proyecto solo en la construcción de la línea de conducción de agua es de \$122.565,75; este precio puede ser evaluado y rediseñado según la conveniencia de la comunidad, siendo un valor referencial de su implementación.

Si se lleva a cabo un diseño definitivo de este proyecto, en los costos se puede eliminar o disminuir el rubro de mano de obra en la excavación y relleno, ya que este trabajo se lo puede realizar mediante unas mingas con los moradores. Estas mingas pueden ser al inicio de la carretera que es lo más plano y accesible para las personas. Claro está que, si se aplica esta alternativa o no, el tiempo de desarrollo del proyecto puede atrasarse por diferentes cuestiones de clima y otros factores.