



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE**

**CONSTRUCCIONES**

**Diseño del sistema de agua potable para la  
comunidad Cedro Pugro del Cantón Girón, Provincia  
del Azuay**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autores:**

**NICOLAS ALEXANDER BARRETO MENDIETA**

**JAIRO SANTIAGO VANEGAS GONZÁLEZ**

**Director:**

**ING. CARLOS JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER**

**CUENCA, ECUADOR**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Le dedico el resultado de este trabajo principalmente a mis padres que me apoyaron y tuvieron paciencia para culminar esta etapa. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca el camino.

Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de cariño y sin pedir nada a cambio.

Nicolas Barreto

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación como toda esta carrera que ha sido compleja, larga y también me ha enseñado mucho de todo está dedicado a la persona quien ha sido mi apoyo y fortaleza en este y todos los trayectos confiando en mí desde siempre, brindándome la seguridad y cariño que solo mi madre Dra. Ruth Dorita González Borja, a quien siempre he admirado con orgullo lo ha hecho posible para mí. Gracias una vez más mamá. También a mi querida abuela Judith Borja quien fue mi principal motivadora quien siempre me decía que le gustaría que yo fuera un Ingeniero Civil.

Santiago Vanegas

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por guiarme y darme fuerzas para superar las adversidades a lo largo de mi vida.

Gracias a todas las personas que estuvieron apoyándome y respaldándome en la realización de esta tesis.

Nicolas

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por llegar a esta y varias metas que voy cumpliendo en mi vida, a mis padres y hermanos por su paciencia y confianza, a mi eterna novia, esposa y hoy colega Diana, a nuestro Joaquín por su compañía, cariño y fortaleza que me ha dado el saber que por el deberé ser el mejor, agradezco a Franklin quien ha sido más que un padre para mí al igual que a mi querido abuelo, tíos y tías quienes siempre estuvieron pendiente de mi carrera.

Agradezco al Ing. Javier Fernández de Córdova mi tutor de tesis, así como al Ing. José Vázquez, Ing. Josué Larriva.... Parte de este tribunal y mentores a lo largo de mis estudios, a quienes han sido parte de este proyecto conjuntamente con el Gobierno Autónomo Descentralizado del GAD del cantón Girón, al Lcdo. Rolando Armijos por su valiosa gestión y a todas las personas de la comunidad Cedro Pugro.

Agradezco a la prestigiosa Universidad del Azuay, a la Facultad de Ciencia y Tecnología por haber sido la cuna de mis conocimientos profesionales en donde pude desarrollarme y prepararme para la vida profesional, a todos sus integrantes, funcionarios, profesores, compañeros y demás personal con quienes he compartido mucho a lo largo de esta valiosa estancia en la calidez de sus aulas. De manera especial extendiendo un sincero agradecimiento al Ing. Juan Carlos Malo y a la Ing. Vanessa Vanegas Delgado a quienes conocí en mi primer día como estudiante y de quienes me llevo su amabilidad, cariño, motivación y conocimientos que compartieron conmigo siendo ellos un gran ejemplo a seguir para mi vida profesional.

Santiago

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.1	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	17
1.2	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR .....	18
1.2.1	Accesibilidad .....	19
1.2.2	Clima.....	19
1.2.3	Topografía.....	19
1.2.4	Información geográfica.....	20
1.2.5	Información hidrológica .....	20
1.2.6	Información geológica .....	21
1.3	INFORMACIÓN SOBRE LA COMUNIDAD .....	23
1.3.1	Población según grupos de edad y sexo .....	23
1.3.2	Nivel cultural.....	23
1.3.3	Nivel socio-económico.....	24
1.3.4	Calidad de vida.....	24
1.3.5	Organización .....	24
1.3.6	Estado Actual .....	25
1.4	ENCUESTAS.....	25
1.5	CARTOGRAFÍA .....	25
1.6	PERIODO DE DISEÑO .....	26
1.7	POBLACIÓN DE DISEÑO.....	27
1.7.1	Tasa de crecimiento poblacional .....	28
1.8	DOTACIÓN .....	29
1.9	CAUDAL DE DISEÑO.....	31
1.9.1	Fugas .....	31
1.9.2	Caudal medio .....	32
1.9.3	Caudal máximo diario (QMD) .....	33
1.9.4	Caudal máximo horario (QMH).....	33
2.1	BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO.....	34
2.1.1	Pérdida de carga en tuberías .....	34
2.1.2	Fórmula de Darcy-Weisbach .....	35
2.1.3	Fórmula de Hazen Williams.....	36
2.1.4	Pérdidas singulares.....	36
2.1.5	Presiones .....	37
2.1.6	Velocidades.....	38
2.2	DISEÑO DE LA CAPTACIÓN .....	39

2.3 CALIDAD DE AGUA DEL AFLUENTE.....	40
2.3.1 Características físicas .....	42
2.3.2 Características químicas .....	44
2.3.3 Características biológicas.....	45
2.4 DISEÑO DE LA RED DE CONDUCCIÓN.....	47
2.4.1 Caudal de diseño .....	47
2.4.2 Materiales empleados para tuberías de abastecimiento de agua potable	48
2.4.3 Válvulas de aire.....	51
2.4.4 Válvulas de purga.....	51
2.5 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	57
2.5.1 Tanque de Almacenamiento.....	57
2.5.2 Tratamiento del Agua .....	58
2.5.2.1 Filtro Grueso de Grava .....	61
2.5.2.2 Filtro Lento de Arena .....	61
2.5.2.3 Desinfección de agua potable.....	65
2.6 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	66
3.1 PRESUPUESTO .....	71
3.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. MAPA PARROQUIA LA ASUNCIÓN, PROVINCIA DEL AZUAY. ....	18
FIGURA 1.2. CUERPOS DE AGUA DE LA ASUNCIÓN.....	21
FIGURA 1.3. FORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA ASUNCIÓN.....	22
FIGURA 1.4. DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DE LA ASUNCIÓN. ....	23
FIGURA 1.5. AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA DE LA ASUNCIÓN. ....	24
FIGURA 1.6. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA PARROQUIA LA ASUNCIÓN.....	25
FIGURA 1.7. MAPA DE COMUNIDADES DE LA PARROQUIA LA ASUNCIÓN....	26
FIGURA 2.1. TOMA DE MUESTRA DE AGUA CRUDA EN EL RIO NARANJO ....	47
FIGURA 2.2 DISEÑO DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. ....	52

FIGURA 2.3 NODOS DE LA RED DE CONDUCCIÓN CON SUS RESPECTIVAS PRESIONES.....	55
FIGURA 2.4 PRESIONES DE LOS NODOS DE CONDUCCIÓN SUPERIOR A 50 M.C.A .....	56
FIGURA 2.5 RED DE CONDUCCIÓN SEGÚN EL DIÁMETRO INTERNO .....	57
FIGURA 2.6. RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE CEDRO PUGRO.....	68
FIGURA 2.7. VARIACIÓN DE PRESIÓN DE NODOS POR ENCIMA DE LOS 50 MCA. ....	68
FIGURA 2.8. RED DE DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL DIÁMETRO INTERNO DE LAS TUBERÍAS.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 TABLA DE LOS DIFERENTES PERIODOS DE DISEÑO.....	27
TABLA 1.2 MÉTODOS DE PROYECCIÓN POBLACIONAL.....	28
TABLA 1.3 ÍNDICES DE CRECIMIENTO POBLACIONALES.....	28
TABLA 1.4 PROYECCIONES POBLACIONALES DE CEDRO PUGRO.....	29
TABLA 1.5 NIVELES DE SERVICIO.....	30
TABLA 1.6 PORCENTAJE DE FUGAS A CONSIDERARSE EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. ....	32
TABLA 2.1 VELOCIDAD MÁXIMA EN TUBERÍAS PARA REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	38
TABLA 2.2 CLASIFICACIÓN DE CONTAMINANTES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN EL AGUA.....	40
TABLA 2.3 PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS. ....	41
TABLA 2.4 RESUMEN TUBERÍAS DE RED DE CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA. ....	53
TABLA 2.5 COORDENADAS DE TANQUES ROMPE PRESIONES EN LA RED DE CONDUCCIÓN.....	53

TABLA 2.6 COORDENADAS DE VÁLVULAS AIREADORAS EN LA RED DE CONDUCCIÓN.....	53
TABLA 2.7 COORDENADAS DE VÁLVULAS PURGADORAS EN LA RED DE CONDUCCIÓN.....	54
TABLA 2.8 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA CRUDA DEL AFLUENTE....	59
TABLA 2.9 CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. ..	60
TABLA 2.10 RANGO DE VELOCIDADES Y CAUDALES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE CEDRO PUGRO .....	69
TABLA 2.11 VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	70
TABLA 2.12 UBICACIÓN DE VÁLVULAS PURGADORAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	70
TABLA 3.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRA.....	73

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1. ENCUESTA SOCIO ECONÓMICA MODELO .....	78
ANEXO 2. INFORME ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA.....	78
ANEXO 3. PLANOS DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE CEDRO PUGRO.....	78
ANEXO 4. PLANOS DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE CEDRO PUGRO.....	78
ANEXO 5. MODELO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN EN WATERCAD ....	78
ANEXO 6. MODELO HIDRÁULICO DE LA DISTRIBUCIÓN EN WATERCAD ....	78
ANEXO 7. PRESUPUESTO DE OBRA .....	78
ANEXO 8. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	78
ANEXO 9. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA .....	78
ANEXO 10. CAUDALES DE DISEÑO, CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO, VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO .....	78
ANEXO 11. PRESIONES NODALES DE LA RED DE CONDUCCIÓN.....	78



**Diseño del sistema de agua potable para la comunidad Cedro Pugro del  
Cantón Girón, Provincia del Azuay**

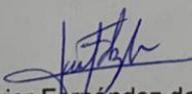
**RESUMEN**

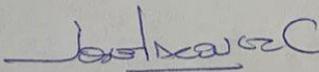
Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que captan, conducen, tratan, almacenan y distribuyen el agua desde fuentes naturales hasta las viviendas de la población beneficiada. Un diseño adecuado de este sistema es crucial para mejorar la calidad de vida, la salud y el desarrollo de la comunidad, cumpliendo con las normas y regulaciones vigentes.

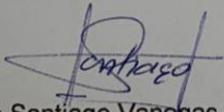
En el caso específico de los "Estudios y Diseños definitivos del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la comunidad de Cedro Pugro, Cantón Girón, Provincia del Azuay", se llevan a cabo diferentes etapas que incluyen levantamientos topográficos, encuestas socioeconómicas y sanitarias, proyecciones de población, estimación de caudales de diseño, análisis del agua captada, diseño del sistema de tratamiento, estudios de suelos, criterios de diseño, diseños definitivos, evaluación de impacto ambiental y presupuesto de obra.

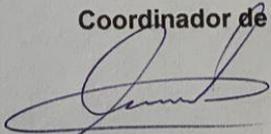
Durante el proceso, se considerarán diferentes alternativas para la conducción del agua, determinando la más adecuada para el sistema de abastecimiento en la comunidad de Cedro Pugro.

**PALABRAS CLAVE:** abastecimiento, agua potable, diseño y modelación hidráulica, captación, tratamiento de agua cruda.

  
Ing. Javier Fernández de Córdova Webster  
**Director del trabajo de titulación**

  
Ing. José Vázquez Calero  
**Coordinador de Escuela**

  
Jairo Santiago Vanegas González

  
Alexander Nicolas Barreto Mendieta

**Autores**

**Design of the water supply system for the community of Cedro Pugro,  
Canton Girón, Province of Azuay.**

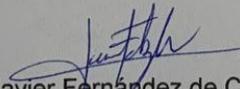
**ABSTRACT**

A drinking water supply system is a set of works that capture, convey, treat, store and distribute water from natural sources to the homes of the beneficiary population. An adequate design of this system is crucial to improve the quality of life, health and development of the community, complying with current standards and regulations.

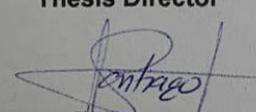
In the specific case of the "Studies and Definitive Design of the Drinking Water Supply System for the community of Cedro Pugro, Canton Girón, Province of Azuay", different stages will be carried out, including topographic surveys, socioeconomic and sanitary surveys, population projections, estimation of design flows, analysis of captured water, design of the treatment system, soil studies, design criteria, definitive designs, environmental impact assessment and construction budget.

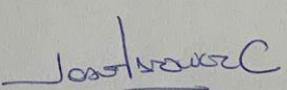
During the process, different alternatives for water conduction will be considered, determining the most appropriate for the supply system in the community of Cedro Pugro. All the designs obtained have been validated using WaterCAD software, a fundamental tool for hydraulic modeling.

**KEY WORDS:** supply, drinking water, hydraulic design and modeling, catchment, raw water treatment.

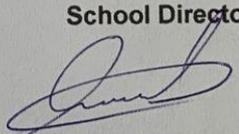
  
Ing. Javier Fernández de Córdova Webster

**Thesis Director**

  
Jairo Santiago Vanegas González

  
Ing. José Vázquez Calero

**School Director**

  
Alexander Nicolas Barreto Mendieta

**Authors**

## INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es fundamental para asegurar una buena calidad de vida de las personas, ya que es un servicio básico e indispensable. La falta de acceso a agua en condiciones adecuadas tiene un impacto directo en la salud y bienestar de la comunidad. Es por esta razón que surge la motivación principal de llevar a cabo este proyecto, que es satisfacer la necesidad vital de los habitantes de la comunidad de contar con agua potable.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar y construir una obra civil que permita llevar el servicio de agua potable a los usuarios de manera eficiente y segura. Esta obra representa un avance significativo en el desarrollo de la comunidad, ya que garantiza el suministro adecuado de agua, mejorando la calidad de vida de los habitantes y promoviendo su bienestar general.

Es esencial que el diseño de esta obra cumpla con normas y regulaciones vigentes, asegurando su correcto funcionamiento y la seguridad de los usuarios. Además, se busca optimizar los recursos disponibles para la ejecución de la obra, maximizando su eficiencia y minimizando posibles impactos negativos en el entorno.

En resumen, este proyecto tiene como objetivo brindar a la comunidad el acceso al agua potable, mejorando su calidad de vida y preservando su salud. La construcción de una obra civil adecuada garantizará el correcto funcionamiento y la seguridad del sistema, representando un avance significativo en el desarrollo de la comunidad y el uso eficiente de los recursos disponibles.

## **ANTECEDENTES**

La comunidad de Cedro Pugro ubicada en la Parroquia La Asunción, Cantón Girón se enfrenta a diversos problemas debido a la inexistencia de un sistema de abastecimiento de agua potable lo cual afecta negativamente la calidad de vida de sus habitantes.

Conscientes de la importancia del acceso al agua potable para mejorar la calidad de vida de las comunidades, la Universidad del Azuay y el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Girón han unido esfuerzos mediante la firma de un convenio.

El objetivo de este convenio es llevar a cabo el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Cedro Pugro, con el propósito de solucionar los problemas y satisfacer las necesidades de esta comunidad. Mediante este proyecto, se busca mejorar las condiciones de vida de los habitantes, garantizando un suministro confiable y de calidad.

La colaboración entre la Universidad y el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Girón refleja un compromiso conjunto para atender las demandas de la comunidad Cedro Pugro en términos de acceso al agua potable. Se espera que este diseño del sistema de abastecimiento de agua potable sea una solución efectiva y sostenible, brindando a la comunidad una mejora significativa en su calidad de vida.

## **JUSTIFICACIÓN**

El agua como servicio básico e indispensable es un recurso invaluable y al no disponer del mismo en buenas condiciones influye directamente en la calidad de vida de las personas, la motivación principal para realizar este proyecto parte de la necesidad vital de los habitantes de la comunidad que es contar con el acceso al agua potable con lo cual es posible preservar la salud y mejorar calidad de vida de los mismos razón por la cual se requiere

el diseño y posteriormente la construcción de una obra civil que brinde la facilidad de llevar este servicio a los usuarios y sea un avance en el desarrollo de la comunidad, garantizando su correcto funcionamiento, seguridad, y optimizando los recursos disponibles para la ejecución de dicha obra.

## **ALCANCE**

El alcance esperado para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable es satisfacer las necesidades específicas en cuanto al suministro de agua potable a la comunidad de Cedro Pugno en donde dicho diseño contempla los siguientes aspectos:

1. Captación de agua: Incluye la identificación y evaluación de fuentes de agua, como manantiales, ríos o pozos, y la determinación de la capacidad de captación necesaria.
2. Conducción: Implica el diseño de la red de tuberías que transportará el agua desde la fuente de captación hasta el punto de distribución. Esto incluye la selección de los materiales adecuados, la determinación de las dimensiones de las tuberías y el trazado de la red.
3. Tratamiento del agua: Comprende el diseño de las instalaciones y procesos necesarios para tratar el agua y hacerla apta para el consumo humano. Esto puede incluir la desinfección, filtración, sedimentación u otros procesos de tratamiento según las características del agua cruda.
4. Almacenamiento: Involucra el diseño de tanques de almacenamiento que permitan la regulación del caudal y la disponibilidad continua de agua en caso de interrupciones en el suministro. Esto incluye la determinación de la capacidad de almacenamiento requerida.

5. Distribución: Consiste en el diseño de la red de distribución que llevará el agua desde los tanques de almacenamiento hasta los usuarios finales. Esto implica la selección de los diámetros de las tuberías, la ubicación de válvulas y la determinación de la presión adecuada en diferentes puntos de la red.
6. Presupuesto y planificación: Implica la estimación de costos, elaboración de un cronograma de actividades y planificación de etapas de implementación del sistema.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Realizar el diseño del sistema de agua potable para la comunidad Cedro Pugro del Cantón Girón, Provincia del Azuay.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener las características preliminares para el diseño, levantamiento topográfico, captación y calidad de agua.
- Realizar el diseño del sistema de agua potable.
- Realizar el presupuesto para el diseño y ejecución de la obra.

## **CAPITULO I**

### **1. Información general y estudios preliminares**

El acceso al agua potable es un factor crucial para el desarrollo de las comunidades rurales en nuestro país. Proporcionar agua potable mejora significativamente la calidad de vida de los habitantes, reduciendo el riesgo de enfermedades y focos infecciosos, lo que tiene un impacto positivo directo en la salud. Un sistema de agua potable está compuesto por una serie de obras que abarcan desde la captación, conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua desde sus fuentes naturales, como vertientes, quebradas u ojos de agua, hasta las comunidades que se benefician del servicio. Para que el sistema sea efectivo, es fundamental contar con un diseño adecuado y personal capacitado para su operación y mantenimiento, incluyendo los instrumentos y equipos necesarios.

Si el sistema de agua potable cumple con las normativas establecidas, se logrará reducir las tasas de mortalidad y la incidencia de enfermedades relacionadas con el consumo de agua en malas condiciones, lo que se traduce en un desarrollo y mejora en la calidad de vida de la comunidad.

#### **1.1 Ubicación del proyecto**

Cedro Pugro es una comunidad rural ubicada al extremo norte en la parroquia La Asunción, cantón Girón dentro de la provincia del Azuay, se encuentra ubicada al sur oeste de la Provincia del Azuay a 64 km de la ciudad de Cuenca. Aproximadamente hay en la comunidad 179 habitantes según datos proporcionados por el Gobierno Autónomo descentralizado parroquial La Asunción. La figura 1.1 muestra las diferentes comunidades de la parroquia La Asunción.



Figura 1.1. Mapa Parroquia La Asunción, Provincia del Azuay.

Fuente: Elaborado por Autores

## 1.2 Características del lugar

Para comprender las distintas características de la comunidad, es fundamental llevar a cabo un exhaustivo reconocimiento de la zona y contar con información relevante sobre el lugar. En este sentido, se ha obtenido acceso a datos significativos acerca de la parroquia a través del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia La Asunción correspondiente al periodo 2019-2023. Esta fuente proporciona valiosa información que permite tener un panorama más completo y detallado de la parroquia, sus características socioeconómicas, demográficas, geográficas y otras variables relevantes para el estudio en cuestión.

### **1.2.1 Accesibilidad**

La comunidad de Cedro Pugro está ubicada a una altura de 2250 msnm, la principal vía que conecta a esta comunidad con la ciudad de Cuenca es la vía Cuenca-Girón-Machala.

### **1.2.2 Clima**

La temperatura en la zona alta de la parroquia La Asunción donde está ubicado Cedro pugro tiene un promedio de 12 grados Celsius.

### **1.2.3 Topografía**

Antes de llevar a cabo el levantamiento topográfico necesario para el diseño del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua potable en la comunidad de Cedro Pugro, se llevó a cabo un reconocimiento detallado de toda el área de estudio, considerando aspectos como la ubicación, la presencia de quebradas, zanjas, cursos de agua y cualquier otro accidente natural o artificial que pudiera influir en el diseño.

Posteriormente se realizó un levantamiento de la franja topográfica para la potencial captación, conducción hasta llegar a la Planta de tratamiento de agua potable. Para llevar a cabo dicho levantamiento topográfico, fue realizado con RTK( Real Time Kinematic) es una técnica de posicionamiento satelital que permite obtener coordenadas geográficas de alta precisión en tiempo real. Consiste en la utilización de una antena receptora de señales satelitales RTK y una estación base con una antena transmisora, que emite señales al satélite y al receptor RTK.

La estación base, ubicada en un punto conocido con coordenadas previamente determinadas, emite señales que son recibidas por el receptor RTK, que se encuentra en el punto que se desea medir. La diferencia entre las señales enviadas por la estación base y las señales recibidas por el receptor RTK permite determinar la posición precisa del punto en tiempo real.

## 1.2.4 Información geográfica

La parroquia Asunción perteneciente al cantón Girón de la Provincia del Azuay, se encuentra al suroeste de la Provincia del Azuay.

Limites Parroquiales: Al Norte: San Fernando (Cantón Girón), al Sur: Las Nieves, El Progreso (Cantón Girón); y, Abdón Calderón (Cantón Santa Isabel), al Este: San Fernando y Girón (Cantón Girón), al Oeste: Abdón Calderón y Santa Isabel (Cantón Santa Isabel)

## 1.2.5 Información hidrológica

La comunidad de Cedro Pugno, ubicada en la parroquia Asunción, se caracteriza por estar atravesada por el río Naranjo, el cual tiene una longitud de 1620.59 metros. Este río es uno de los principales en la parroquia y desempeña un papel importante en el entorno natural de la comunidad. Además del río, la zona también cuenta con numerosos drenajes menores y quebradas que contribuyen al abastecimiento de agua en el territorio. Se muestra en la figura 1.2 las microcuencas de la parroquia La Asunción.

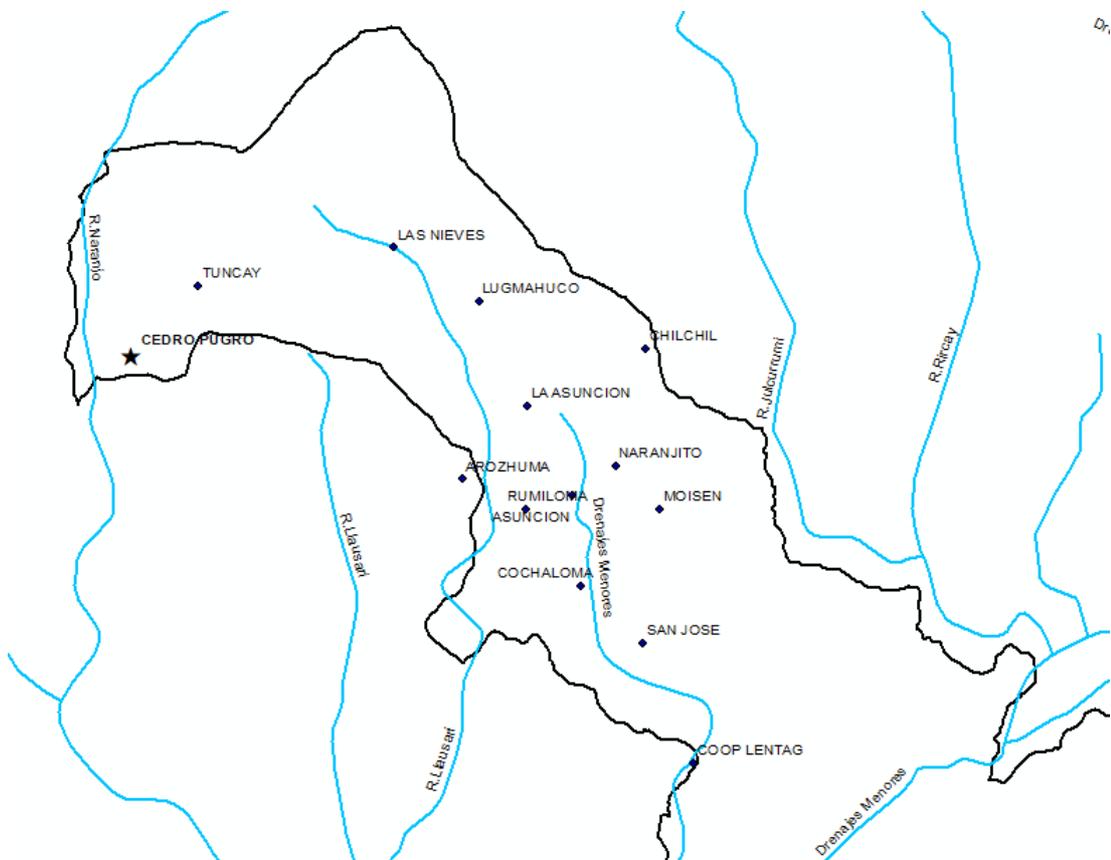


Figura 1.2. Cuerpos de Agua de La Asunción.

Fuente: Elaborado en ArcMap por Autores

### **1.2.6 Información geológica**

La geología se encarga de estudiar la composición, estructura y cambios a lo largo del tiempo en la Tierra, así como los recursos naturales que en ella se encuentran. Este campo de estudio se enfoca en comprender los fenómenos y procesos naturales que han tenido lugar en nuestro planeta.

Por otro lado, la geomorfología se dedica a analizar las diversas formas y configuraciones que se presentan en la superficie terrestre. Examina los procesos que han dado origen a montañas, valles, llanuras y otras características geomorfológicas, permitiendo comprender la dinámica y evolución del relieve terrestre.

Dentro de las formaciones geológicas se encuentran las siguientes formaciones:

Los depósitos coluvio-aluviales en el cantón se distribuyen a lo largo de la red de drenaje y son el resultado de la pendiente y la dinámica fluvial. Estos depósitos consisten en areniscas y rocas sedimentarias clásticas de grano muy fino, como limotitas, de colores negro, verde y rojo. También se encuentran limolitas, capas de carbón, conglomerados limo-arcillosos, arenas, gravas y bloques. Estos depósitos se presentan en forma de valles en V y drenajes subdendríticos.

- Los depósitos de ladera coluvial corresponden a materiales finos de limo y arena depositados debido a la erosión causada por el agua. Estos depósitos varían en pendientes suaves a fuertes.
  
- Los depósitos de ladera (derrumbe) consisten en una mezcla heterogénea de materiales rocosos de diversos tamaños, desde finos hasta gruesos y angulares. Estos depósitos se encuentran en zonas con pendientes que van desde medias a fuertes.

- La Formación Saraguro es de origen volcánico y está compuesta por una secuencia de piroclastos ácidos en forma de aglomerados gruesos con bloques, y lavas andesíticas porfiríticas alternantes. Se localiza en relieves de fondos de cuencas y vertientes.
- La Formación Tarqui se encuentra en los márgenes de las cimas, vertientes y relieves superiores de las cuencas. Consiste en tobas de roca ígnea volcánica formadas por la acumulación de cenizas, restos volcánicos y aglomerados.
- El Grupo Ayancay está compuesto por rocas sedimentarias y se encuentra en relieves de fondos de cuencas con pendientes de media a escarpada. Su secuencia incluye tobas basálticas andesíticas, areniscas, lutitas verdes y rojas, limolitas, capas de carbón y conglomerados. Se detalla en la figura 1.2 las formaciones geológicas encontradas en la parroquia La Asunción.

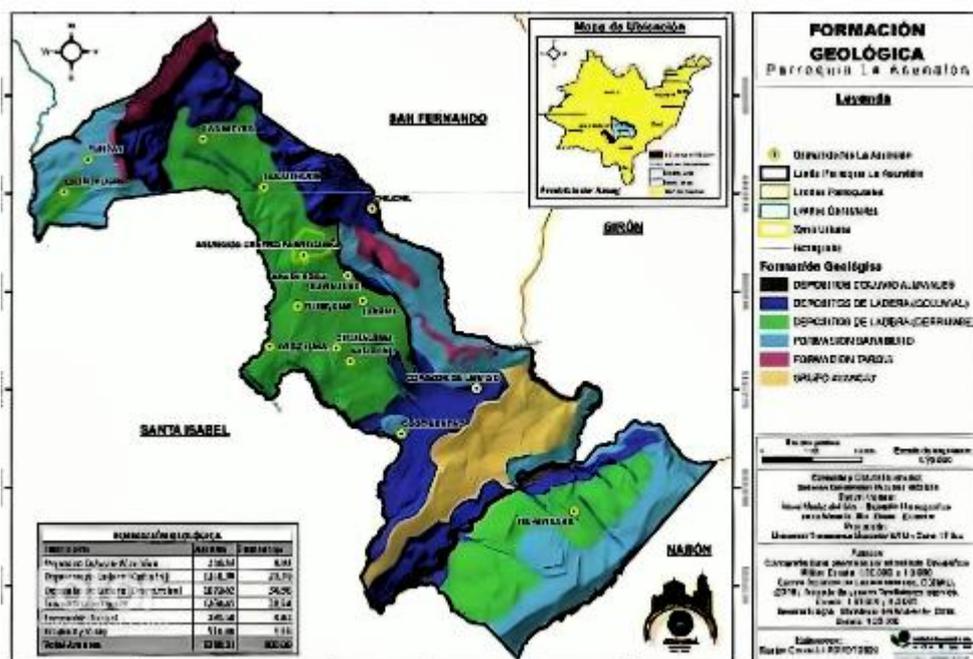


Figura 1.3. Formación geológica de La Asunción.

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2018

## 1.3 Información sobre la comunidad

### 1.3.1 Población según grupos de edad y sexo

A partir de datos censales realizados a nivel de la parroquia La Asunción, se identifica la estructura demográfica de la población a nivel general, se presenta a continuación la Pirámide poblacional de la parroquia La Asunción perteneciente al censo realizado en el 2010. Con datos del último censo se establece que hay 3051 habitantes dentro de la parroquia.

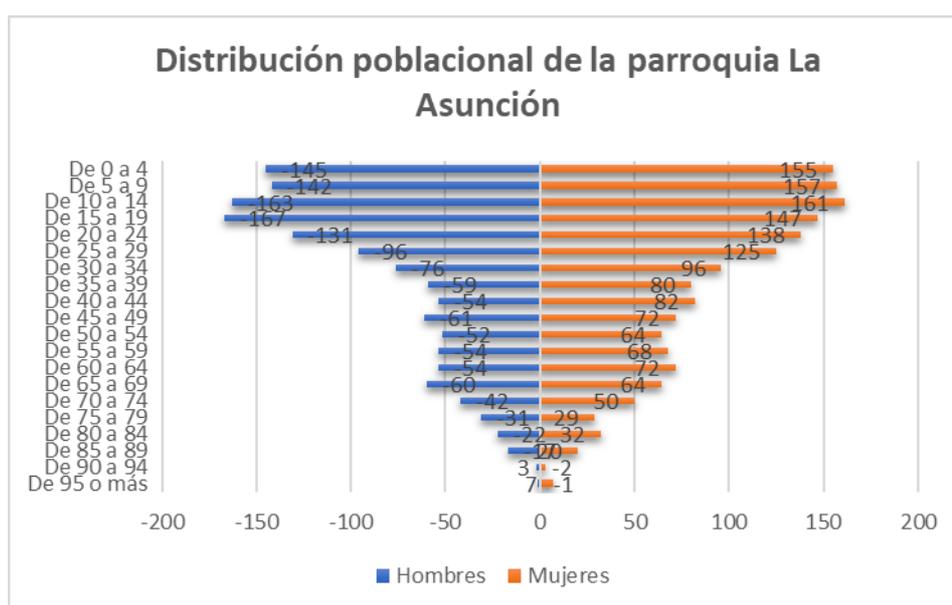


Figura 1.4. Distribución poblacional de La Asunción.

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia La Asunción, 2020

### 1.3.2 Nivel cultural

La mayoría de la población de la comunidad de Cedro Pugro se identifica como mestiza, representando aproximadamente el 93.80% del total de habitantes. Se presenta en la figura 1.4 la autoidentificación étnica según el sexo a nivel parroquial.

	Asunción	
	Hombre	Mujer
Indígena	0.0%	0.1%
Afroecuatoriano/a	0.4%	0.4%
Negro/a	0.0%	0.0%
Mulato/a	0.3%	0.3%
Montubio/a	0.2%	0.1%
Mestizo/a	43.7%	50.1%
Blanco/a	2.2%	2.3%
Otro/a	0.0%	0.0%

Figura 1.5. Autoidentificación étnica de La Asunción.

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia La Asunción, 2020

### 1.3.3 Nivel socio-económico

De acuerdo con los datos obtenidos del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia La Asunción, la principal actividad económica en la comunidad de Cedro Pugro es la agricultura y ganadería.

### 1.3.4 Calidad de vida

La calidad de vida se puede evaluar utilizando indicadores como las necesidades básicas insatisfechas, que es un indicador directo de medición de la pobreza. Este indicador considera diferentes dimensiones, como el acceso a vivienda, el hacinamiento, el acceso a servicios básicos, la educación y la capacidad económica. Según las estadísticas a nivel parroquial, la tasa de pobreza por necesidades básicas insatisfechas es del 76.2%. Esto significa que tres de cada cuatro habitantes viven en hogares que no cumplen con alguna o varias de las cinco dimensiones de las necesidades básicas.

### 1.3.5 Organización

El representante de la comunidad de Cedro Pugro es Leónidas Uchupaila Pizarro, quien ocupa el cargo de presidente de la directiva.

### 1.3.6 Estado Actual

Actualmente, Cedro Pugro es una de las pocas comunidades en la parroquia que no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable a través de red pública. A nivel de la parroquia de La Asunción el 50.66% de la población se abastece de agua a través de la red pública y el 49.34% restante se abastece por medio de otras fuentes.

Asunción	
	%
De red publica	50.66%
De pozo	2.86%
De río, vertiente, acequia	44.93%
Otro	1.55%
Total	100.00%

Figura 1.6. Fuentes de Abastecimiento de Agua de la parroquia La Asunción.

Fuente: INEC- Censo de Población y Vivienda – 2010.

### 1.4 Encuestas

En la encuesta realizada, se incluyeron dos preguntas clave para el desarrollo del proyecto, ya que es esencial que los beneficiarios estén informados y de acuerdo con las acciones propuestas. Como es sabido, ningún proyecto es gratuito, por lo que era necesario conocer si las personas estaban dispuestas a pagar por el servicio. Cabe destacar que el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Girón buscará financiamiento para la construcción del sistema de agua potable.

El 100% de las personas encuestadas están de acuerdo con la realización del proyecto y están dispuestas a pagar por él.

### 1.5 Cartografía

El área del estudio de la comunidad Cedro Pugro ubicada en la parroquia de la Asunción, se encuentra situada en la Cuenca Alta del Jubones, en el cantón Girón provincia del Azuay en el Sur del, con una superficie total de

148.77 Ha (2.55 % del total parroquial). En la siguiente figura se muestra la ubicación de la comunidad de Cedro Pugro a nivel parroquial.

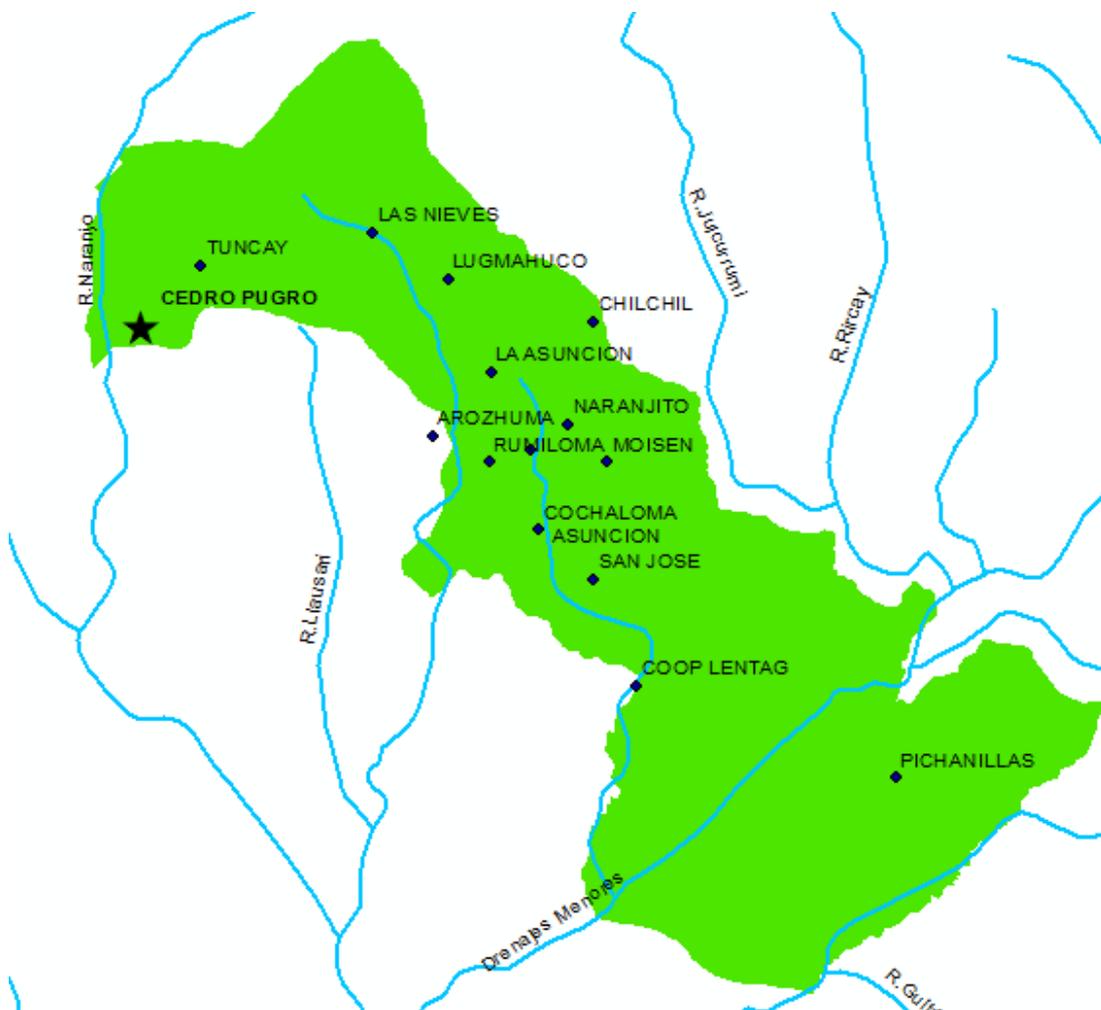


Figura 1.7. Mapa de comunidades de la Parroquia La Asunción.

Fuente: Elaborado en ArcMap por Autores

### 1.6 Periodo de diseño

El periodo de diseño se refiere a la cantidad de años en los cuales un sistema es capaz de operar adecuadamente para satisfacer las necesidades de una población.

Para determinar el periodo de diseño, es necesario considerar varios aspectos, tales como la vida útil de los materiales y componentes utilizados

en las estructuras, y la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo posibles cambios en los desarrollos de la comunidad. En el caso de poblaciones con un crecimiento lento, se puede considerar un periodo de diseño mayor. Asimismo, es importante tener en cuenta el comportamiento de las estructuras al inicio del periodo de diseño o durante los primeros años de vida útil. Se recomienda utilizar los periodos de diseño que se presentan en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Tabla de los diferentes Periodos de diseño.

Componente	Vida útil (años)
<b>Diques grandes y túneles</b>	50-100
<b>Obras de captación</b>	25-50
<b>Pozos</b>	10-25
<b>Conducciones en hierro dúctil</b>	40-50
<b>Conducciones en PVC o asbesto cemento</b>	20-30
<b>Planta de tratamiento</b>	30-40
<b>Tanques de almacenamiento</b>	30-40
<b>Tuberías secundarias y principales de la red:</b>	40-50
<b>Hierro dúctil o cemento</b>	20-25
<b>Asbesto cemento o PVC</b>	20-25
<b>Otros materiales</b>	Variables de acuerdo a especificaciones del fabricante.

Fuente: Norma Co-10-7-601

### 1.7 Población de diseño

La población de diseño para el diseño de un sistema de agua potable es el número de personas que se espera que el sistema atienda durante su vida útil.

Dicha población de diseño debe determinarse a partir de las proyecciones de crecimiento poblacional, teniendo en cuenta factores como el desarrollo

urbano, el uso de suelo, la economía y otros aspectos sociales y ambientales relevantes en la zona de estudio.

En el diseño de un sistema de agua potable, existen diversas formas de calcular la población de diseño. En este trabajo se enfatizan tres métodos de cálculo: el geométrico, el aritmético y el exponencial, como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Métodos de proyección poblacional.

Método	Fórmula
<b>Método geométrico</b>	$Pf=Pa*(1+r)^n$
<b>Método aritmético</b>	$Pf=Pa*(1+r*n)$
<b>Método exponencial</b>	$Pf=Pa*e^{(r*n)}$

Fuente: Norma Co-10-7-602

Donde:

Pf= Población futura(Número de habitantes).

Pa=Población actual(Número de habitantes).

r= Tasa de crecimiento expresada como fracción decimal.

n= Periodo de diseño(años).

### 1.7.1 Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional se calculará utilizando los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales o planes de desarrollo y ordenamiento territorial (PDOT). En caso de que no se disponga de dichos datos, se utilizarán los índices de crecimiento geométrico indicados en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Índices de crecimiento poblacionales.

Región geográfica	r(%)
<b>Sierra</b>	1.0

<b>Costa, Oriente y Galápagos.</b>	1.5
------------------------------------	-----

Fuente: Norma Co-10-7-602

Para el presente trabajo se tomó en consideración una tasa de crecimiento del 1.0% ya que la comunidad de Cedro Pugno perteneciente a la parroquia rural de La Asunción, Provincia del Azuay forma parte de la región Sierra.

Como resultado de las encuestas realizadas dentro de la comunidad se obtuvo un total de 179 habitantes los cuales podrán hacer uso del sistema de agua potable que se implementara. Por lo tanto, se realizó las proyecciones poblacionales mediante los tres métodos antes descritos para la obtención de la población futura que es la población de diseño. Se muestra en la Tabla 1.4 los diferentes resultados de las proyecciones poblacionales.

Tabla 1.4 Proyecciones poblacionales de Cedro Pugno

<b>Método</b>	<b>Población Futura</b>
<b>Método geométrico</b>	241
<b>Método aritmético</b>	215
<b>Método exponencial</b>	219
<b>Media</b>	<b>225</b>

Fuente: Autores

Como población futura o población de diseño para el periodo de diseño de 20 años se escoge la media de los 3 métodos.

### **1.8 Dotación**

La dotación se refiere a la cantidad diaria de agua que se considera necesaria por persona para cubrir las necesidades básicas de consumo humano, higiene personal y limpieza del hogar. Esta cantidad se expresa en litros por persona por día (l/p/d) y se utiliza para calcular el caudal requerido para abastecer de agua a una población. Para poder establecer cuál será la dotación para la comunidad es necesario previamente establecer el nivel de

servicio del sistema de abastecimiento de agua potable según la Norma Co-10-7-602.

Se detalla en la Tabla 1.5 los diferentes niveles de servicio.

Tabla 1.5 Niveles de servicio.

Nivel	Sistema	Descripción
<b>0</b>	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidades económica del usuario.
<b>Ia</b>	AP EE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua.
<b>Ib</b>	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas sin arrastre de agua.
<b>Ila</b>	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
<b>Ilb</b>	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Sistema de alcantarillado sanitario.
<b>Simbología utilizada: AP: agua potable.</b>		

**EE: eliminación de excretas.**

**ERL: eliminación de residuos líquidos.**

Fuente: Norma Co-10-7-602.

Para el diseño se considera un nivel de servicio "IIb" (Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Sistema de alcantarillado sanitario).

Adicionalmente, se debe considerar la dotación en base a las condiciones climáticas del sitio. Como lo establece la norma Co-10-7-602 la dotación para un nivel de servicio IIb bajo un clima frío es de 75 lts/hab\*día y de 100 lts/hab\*día en clima calido.

En resumen, la dotación para el diseño bajo las condiciones climáticas del sitio es de 85 lts/hab\*día ya que es un clima ni muy frío ni cálido la localidad de Cedro Pugro.

## **1.9 Caudal de diseño**

### **1.9.1 Fugas**

Es esencial tomar en cuenta las fugas que pueden ocurrir en un sistema de agua potable debido a fallas en los accesorios, tuberías y otros elementos. Por lo tanto, en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, se debe incluir un porcentaje adicional a la dotación originalmente considerada para el diseño, con el fin de realizar un análisis de las posibles fugas. La norma Co-10-7-602 establece este porcentaje adicional dependiendo del nivel de servicio como se muestra en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6 Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

Nivel de servicio	Porcentaje de Fugas
Ia y Ib	10%
Ila y Ilb	20%

Fuente: Norma Co-10-7-602.

Para el presente diseño se considera un porcentaje de fugas del 20% debido a que el nivel de servicio tomado en cuenta es el Ilb.

### 1.9.2 Caudal medio

El caudal medio diario es el promedio de los caudales diarios utilizados por una población específica en un período de un año. En situaciones en las que no hay suficientes datos medidos, este caudal se obtiene mediante la relación entre la dotación necesaria y el parámetro de la población total.

Sin embargo, es importante incluir el factor de porcentaje de fugas para determinar el caudal medio y será calculado mediante la ecuación:

$$Q_m = \frac{f * P_f * Dotación}{86400}$$

En donde:

Q<sub>m</sub>: Caudal medio(lts/s)

F: Factor de fugas

P<sub>f</sub>: Población al final del periodo de diseño

Dotación: Dotación futura(lts/hab\*día)

De esta manera el caudal medio Q<sub>m</sub> es:

$$Q_m = \frac{1.20 * 225 * 85}{86400}$$

Por lo tanto,

$$Q_m = 0.2656 \text{ lts/s}$$

### 1.9.3 Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario se refiere al caudal máximo utilizado en un solo día dentro de una serie de datos medidos a lo largo de un año. En ausencia de datos, este valor se puede obtener aplicando un coeficiente de variación diario. Por otro lado, el consumo máximo diario se calcula multiplicando el consumo medio diario por un factor de mayoración. Dicho factor de mayoración establecido en la norma Co-10-7-602 es de  $KMD=1.25$  para todos los niveles de servicio.

Por lo tanto,

$$QMD = KMD * Qm$$

Aplicando los valores correspondientes se tiene que:

$$QMD = 1.25 * 0.2656$$

$$QMD = 0.3320 \text{ lts/s}$$

### 1.9.4 Caudal máximo horario (QMH)

Se refiere al caudal máximo que se registra en una hora del día de mayor consumo, y se obtiene a partir del caudal medio y un coeficiente de variación horaria (KMH). Nuevamente dicho factor está contemplado dentro de la norma Co-10-7-602 cuyo valor es de 3.0 para todos los niveles de servicio.

Por lo tanto,

$$QMH = KMH * Qm$$

$$QMH = 3.0 * 0.2656$$

Donde se obtiene el resultado de:

$$QMH = 0.7968 \text{ lts/s}$$

## CAPITULO II

### 2. Diseño del sistema de agua potable

#### 2.1 Bases y criterios de diseño

Los fundamentos teóricos y los lineamientos de diseño del sistema de suministro de agua potable para la localidad de Cedro Pugro son los siguientes:

##### 2.1.1 Pérdida de carga en tuberías

El flujo de líquido en una tubería experimenta una disminución de su energía debido a la resistencia que ofrece el conducto, lo cual se conoce como pérdida de carga. Esta pérdida de carga está influenciada por diversas variables, como el tipo de flujo (laminar o turbulento), y además de las pérdidas de carga lineales, también se presentan pérdidas de carga singulares en elementos como codos, ramificaciones y válvulas. El número de Reynolds ( $Re$ ), que se calcula a partir de la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas, es el que determina si el flujo es laminar o turbulento. Dicho número se determina mediante la expresión:

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del fluido

$v$ : Velocidad media

$D$ : Diámetro de la tubería

$\mu$ : Viscosidad dinámica o absoluta del fluido

Cuando  $Re < 2000$  se dice que es un flujo laminar, si  $Re > 4000$  se tiene un flujo turbulento, finalmente para el rango entre 2000-4000 se tiene un flujo en transición.

### 2.1.2 Fórmula de Darcy-Weisbach

La fórmula de Darcy-Weisbach es considerada la fórmula más general para el cálculo de pérdida de energía en el flujo de un fluido en una tubería, a diferencia de la fórmula de Hazen-Williams que tiene ciertas restricciones. La fórmula de Darcy-Weisbach se utiliza para calcular la pérdida de energía debida al rozamiento entre las moléculas del fluido y las paredes de la tubería, y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

hf: Pérdida de carga(mca)

f: factor de fricción

L: Longitud de la tubería(m)

D: Diámetro interno de la tubería(m)

v: Velocidad media(m/s)

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

El valor del factor de fricción está determinado por el régimen de flujo en el que se encuentra el líquido, siendo diferente para el flujo laminar y el turbulento. En el caso del flujo laminar, el coeficiente de fricción está determinado únicamente por el número de Reynolds y se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Colebrook y White desarrollaron una solución única para el coeficiente de fricción que puede ser aplicado a cualquier régimen turbulento, combinando diversas expresiones existentes.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Se puede notar que el factor de fricción  $f$  es implícito en la expresión anterior, haciendo que sea importante realizar iteraciones hasta obtener el valor de  $f$

Recientemente, Mileikovskyi y Tkachenko desarrollaron una aproximación con una excelente precisión (hasta una desviación del 0.00072% en un amplio rango de parámetros). La fórmula del factor de fricción de Darcy propuesta por los autores es:

$$f = \left( \frac{8.128943 + A1}{8.128943 * A0 - 0.86859209 * A1 * \ln\left(\frac{A1}{3.7099535 * Re}\right)} \right)^2$$

$$A1 = Re \frac{k}{D} + 9.3120665 * A0$$

$$A0 = -0.79638 * \ln\left(\frac{k/D}{8.208} + \frac{7.3357}{Re}\right)$$

### 2.1.3 Fórmula de Hazen Williams

La fórmula de Hazen-Williams se utiliza para calcular la pérdida de carga en tuberías en función del caudal y del diámetro de la tubería. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$hf = \frac{10.667 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$

Donde:

hf: Perdida(mca)

D: Diámetro interno de la tubería(m)

L: Longitud de la tubería(m)

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

C: Coeficiente de rugosidad( Se asume de C=150 para PVC)

### 2.1.4 Pérdidas singulares

Las pérdidas singulares en una tubería se refieren a las pérdidas de carga que se producen en elementos como codos, válvulas, tees y otros

accesorios. Estas pérdidas de carga se deben a la alteración del flujo del líquido en estos puntos y se calculan utilizando coeficientes de pérdida de carga singulares específicos para cada tipo de elemento.

Para calcular las pérdidas singulares, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta h = k * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

$\Delta h$ : Pérdida de carga singular

k: Coeficiente de pérdida de carga singular

v: Velocidad media(m/s)

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

El valor del coeficiente k depende del tipo de elemento, su tamaño y la geometría del flujo a través de él.

Para el desarrollo de este trabajo de titulación, se empleó la fórmula de Darcy-Weisbach, incluida en el programa WaterCAD, con el propósito de calcular las pérdidas de carga por fricción en el interior de las tuberías.

### 2.1.5 Presiones

Para el cálculo de presiones se utiliza la ecuación de Bernoulli

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f$$

Donde:

Z: Cota con respecto al nivel de referencia

P/  $\gamma$ : Altura de carga de presión en (m)

v: Velocidad media

$h_f$ : Pérdida de carga que se produce en cada nodo

La norma Co-10-7-601 establece para redes de distribución que la presión mínima en los puntos y condiciones más desfavorables de una red es de 10 m de columna de agua y la presión máxima dinámica es de 50 m de columna de agua.

Para el caso de conducciones de agua cruda y de agua tratada no existe un valor que se recomiende para presión máxima, este valor este supeditado a la carga hidráulica disponible para conducir el agua de un punto a otro, se debe tener en consideración el tipo y clase de tubería y accesorios para las presiones que tenga que soportar estos elementos de la conducción.

La presión mínima que debe tener una conducción corresponde a la mínima requerida por los accesorios (válvulas de aire, flotadoras, de control, caudalímetros, etc.), para el presente proyecto se recomienda que la presión mínima en la conducción no deberá ser menor a 10 mca.

### 2.1.6 Velocidades

La velocidad máxima estará limitada por los diámetros utilizados, el caudal y las pérdidas unitarias que se produzcan en las mismas, debiendo considerar que un diseño óptimo debe aprovechar al máximo la carga estática disponible. En el siguiente cuadro se presentan valores recomendados en función del tipo de material de la tubería.

Tabla 2.1 Velocidad máxima en tuberías para redes de distribución.

<b>Materiales de las paredes</b>	<b>Vmax (m/s)</b>
<b>Hormigón simple o armado</b>	4.5-5
<b>Hierro dúctil-Hierro fundido</b>	4-5
<b>Asbesto Cemento</b>	4.5-5
<b>Acero</b>	6
<b>Cerámica Vitrificada</b>	4-6
<b>Plástico</b>	4.5

Fuente: Norma Co-10-7-601

Con respecto a velocidades mínimas la no establece valores mínimos de este parámetro, pero la velocidad mínima viene condicionada por la

necesidad de que no se produzca la sedimentación de partículas en suspensión en las tuberías

## **2.2 Diseño de la captación**

La captación es una parte fundamental del sistema de abastecimiento de agua, ya que su correcto funcionamiento es crucial para satisfacer las necesidades de la población. Es importante que esté diseñada de acuerdo con los parámetros establecidos en las normas, considerando también las dimensiones adecuadas en caso de aumentos en el caudal, como por ejemplo durante crecidas en la quebrada de donde se realiza la captación.

El diseño de la captación debe garantizar que el agua fluya de manera fluida y sin interrupciones, permitiendo un abastecimiento constante. En este proyecto, se utiliza como fuente de agua el Rio Naranjo, la cual proporciona un caudal suficiente para cubrir las necesidades requeridas. Al tratarse de una fuente de agua superficial, el proceso de tratamiento es más sencillo y no implica costos elevados.

Es fundamental asegurar que la captación cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos, garantizando así un suministro de agua potable confiable y adecuado para el consumo humano.

Se ha diseñado una captación sencilla para recolectar el agua proveniente del Rio Naranjos, la cual es la fuente superficial seleccionada para abastecer la comunidad. Dado que la demanda de agua de la comunidad no es muy alta, se ha optado por una estructura simple que consta de un tubo de PVC de 6 metros de longitud. Este tubo permitirá el ingreso del agua hacia un cajón de hormigón, el cual cumplirá la función adicional de desarenador, con un tiempo de retención de 10 minutos.

Una vez captada, el agua será conducida a través de una línea de conducción hacia una planta de tratamiento convencional. En esta planta, se llevará a cabo un proceso de tratamiento que mejorará la calidad del agua,

asegurando que sea apta para el consumo de los habitantes de la comunidad.

Este sistema de captación y tratamiento de agua garantizará el suministro de agua potable de calidad a la comunidad de Cedro Pugro, cumpliendo con los estándares necesarios para proteger la salud y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

### 2.3 Calidad de agua del afluente

La calidad del agua es fundamental para preservar la salud humana y prevenir enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud. La presencia de contaminantes en el agua puede ser la causa de muchas de estas enfermedades, según el Ministerio de Ambiente, el consumo de agua potable contaminada es una de las principales causas de enfermedades en el país, especialmente en zonas rurales y periurbanas. Estos contaminantes pueden ser de físicos, químicos o biológicos como se los detalla en la tabla 2.2

Tabla 2.2 Clasificación de contaminantes físicos, químicos y biológicos en el agua.

Físicos	Químicos	Biológicos
Color	Materia orgánica	Bacterias
Olor	Acides/Alcalinidad	Hongos
Sabor	pH	Protozoos
Grasas y aceites	Nitrógeno	Algas
Temperatura	Fosforo	Animales
Solidos Disueltos	Salinidad	Plantas
Solidos en suspensión	Metales pesados	Virus
	Detergentes	
	Compuestos tóxicos	
	Pesticidas	

Para garantizar la calidad del agua potable, es fundamental tratar los contaminantes presentes hasta que cumplan con los límites máximos permitidos. En este sentido, la normativa ecuatoriana establece los parámetros que deben cumplirse en los sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural y urbana. En la Tabla 2.3 de la norma Co-10-7-602 (2000) se detallan dichos parámetros, los cuales deben ser rigurosamente monitoreados y cumplidos para asegurar el suministro de agua potable segura y de calidad en las comunidades rurales del Ecuador.

Tabla 2.3 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Parámetro	Unidades	Límite deseable	Límite Máximo Permissible
<b>Físicos</b>			
Turbiedad	NTU	5	20
Color	Pt-Co	5	30
Olor		Ausencia	Ausencia
Sabor		Inobjetable	Inobjetable
Cloro residual	mg/l	0.5	0.3-1
<b>Químicos</b>			
pH	U	7.0-8.5	6.5-9.5
Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	120	300
Sólidos totales disueltos	mg/l	500	1000
Hierro	mg/l	0.2	0.8
Manganeso	mg/l	0.05	0.3
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	10	40
Sulfatos	mg/l	50	400
<b>Micro biológicos</b>			
Coliformes Totales	NMP/100 ml	Ausente	Ausente

<b>Metales Pesados- Sustancias tóxicas</b>			
Arsenico	mg/l	0.00	0.05
Plomo	mg/l	0.00	0.05
Mercurio	mg/l	0.00	0.00
Cromo hexavalente	mg/l	0.00	0.05
Cadmio	mg/l	0.00	0.005
Selenio	mg/l	0.00	0.01
Cianuro	mg/l	0.00	0.00
Cloroformo	mg/l	0.00	0.20
<b>Plaguicidas</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Límite máximo permisible( ig/l)</b>		
Aldrin	0.03		
Dieldrin	0.03		
Clordano	0.03		
DDT	1.00		
Endrin	0.20		
Heptacloroepoxido	0.10		
Lindano	3.00		
Metoxicloro	30.00		
Toxafeno	5.00		
Clorofenoxy 2, 4, D	100.00		
2, 4, 5 -TP	10.00		
2, 4, 5 -T	2.00		
Carbaril	100.00		
Diazinon	10.00		
Metil Parathion	7.00		
Parathion	35.00		

Fuente: NTE INEN 1108, 2011

### **2.3.1 Características físicas**

#### **Turbiedad**

La turbiedad se refiere a la medida de la cantidad de partículas suspendidas en el agua, que afecta la claridad visual y puede indicar la presencia de contaminantes. A continuación, se presenta una definición de turbiedad respaldada por una fuente:

Según Tchobanoglous, Burton y Stensel (2003), la turbiedad del agua se define como "la medida de la cantidad de materiales suspendidos, tales como partículas inorgánicas, orgánicas y biológicas, presentes en el agua, que interfieren con la transmisión de la luz a través del medio acuoso y causan una disminución en la claridad visual".

### **Color, olor y sabor**

El color del agua se debe a la presencia de sustancias disueltas y coloides. Se divide en dos categorías: color aparente y color verdadero. El color aparente está influenciado por los materiales suspendidos en el agua, mientras que el color verdadero persiste después de eliminar la turbiedad. La medición del color se realiza utilizando patrones de colores, siendo el sistema Pt-Co uno de los más utilizados.

La presencia de un olor y sabor desagradable en el agua puede generar rechazo por parte del consumidor, lo cual es considerado un factor fundamental en su aceptabilidad estética (Romero Rojas, 2005). Tanto el olor como el sabor pueden ser descritos cualitativamente, siendo los olores más intensos a altas temperaturas. Diversos contaminantes pueden ser responsables de estos efectos en el agua, tales como la presencia de materia orgánica en solución, ácido sulfúrico, sulfato de sodio y magnesio, hierro, manganeso, fenoles, productos de cloro, así como la presencia de algas y hongos (Romero Rojas, 2005).

### **Sólidos Suspendidos**

Según Herrera (2012), los sólidos suspendidos se clasifican en función de su tamaño. Los sólidos suspendidos totales incluyen todas las partículas

suspendidas, independientemente de su tamaño, mientras que los sólidos suspendidos volátiles son aquellos que pueden ser eliminados mediante la evaporación. Por otro lado, los sólidos suspendidos no volátiles son partículas que permanecen en el agua después de la evaporación y se consideran indicadores de la contaminación del agua.

### **2.3.2 Características químicas**

#### **pH**

El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se basa en una escala que va desde 0 hasta 14, donde 7 es considerado neutro. Un pH por debajo de 7 indica acidez, mientras que un pH por encima de 7 indica alcalinidad.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 "Agua potable. Requisitos", el pH es uno de los parámetros de calidad del agua potable que se debe medir y controlar. Esta norma establece que el rango de pH aceptable para el agua potable debe estar entre 6,5 y 8,5.

El pH del agua puede tener diferentes influencias, como la presencia de ácidos o bases disueltas, minerales, gases disueltos y actividad biológica (NTE INEN 1108:2020). El mantenimiento de un pH adecuado es importante, ya que niveles extremadamente altos o bajos pueden afectar la calidad y la usabilidad del agua.

#### **Dureza**

La dureza del agua se refiere a la concentración de minerales disueltos, principalmente sales de calcio y magnesio, presentes en el agua. Se puede

medir en términos de dureza total, que incluye tanto la dureza cálcica como la dureza magnésica.

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 "Agua potable. Requisitos", la dureza del agua es uno de los parámetros de calidad que se debe evaluar en el agua potable. Esta norma establece que la dureza total del agua no debe exceder los 500 mg/L de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).

La dureza del agua puede tener efectos en diversas aplicaciones, como el consumo humano, la industria, la agricultura y el funcionamiento de equipos y tuberías. Un agua con alta dureza puede generar incrustaciones en sistemas de conducción y equipos, reducir la eficiencia de detergentes y provocar problemas en la formación de espuma.

Conductividad

### **Acidez**

La acidez del agua se refiere a la concentración de iones de hidrógeno (H<sup>+</sup>) presentes en el agua, lo cual determina su nivel de acidez o alcalinidad. El pH es una medida utilizada para cuantificar la acidez o alcalinidad del agua.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 "Agua potable. Requisitos", el pH es uno de los parámetros de calidad que se debe evaluar en el agua potable. Esta norma establece que el rango de pH aceptable para el agua potable está entre 6,5 y 8,5.

El pH del agua puede afectar tanto su calidad como su capacidad de reacción con otros compuestos. Un agua con un pH bajo (ácido) puede tener un sabor agrio y corrosivo, mientras que un pH alto (alcalino) puede tener un sabor amargo y dejar residuos en equipos y tuberías.

### **2.3.3 Características biológicas**

#### **Coliformes Fecales**

Las coliformes fecales son un grupo de bacterias indicadoras que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales de sangre caliente, incluyendo humanos, y que se excretan a través de las heces. La presencia de coliformes fecales en el agua es una indicación de contaminación fecal y puede ser un indicador de la posible presencia de microorganismos patógenos, como bacterias, virus y parásitos, que pueden causar enfermedades transmitidas por el agua.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 "Agua potable. Requisitos", los coliformes fecales son uno de los parámetros que se deben evaluar en el agua potable. Esta norma establece que el agua potable no debe contener coliformes fecales detectables en ninguna muestra de 100 ml.

La detección de coliformes fecales en el agua se realiza a través de pruebas de laboratorio que permiten identificar y contar el número de bacterias presentes. Estas pruebas utilizan medios de cultivo selectivos que favorecen el crecimiento de coliformes fecales y permiten su posterior identificación.

### **Coliformes Totales**

Los coliformes totales son una categoría de bacterias que engloba a diferentes tipos de bacilos aeróbicos y anaeróbicos facultativos, los cuales son gramnegativos. Estas bacterias son capaces de sobrevivir y proliferar en el agua, y su presencia se origina principalmente a partir de las heces de personas y animales. Se pueden encontrar tanto en aguas residuales como en aguas naturales.

Es fundamental que el agua, luego de ser sometida al proceso de desinfección, no presente presencia de coliformes totales. Su detección en el agua indica que el tratamiento realizado no ha sido efectivo y que existen posibles contaminantes presentes. Es importante destacar que la presencia de coliformes totales en el agua distribuida y almacenada, como en los

sistemas de reserva, puede ser consecuencia de una re proliferación o contaminación ocasionada por filtración de tierra o plantas.



Figura 2.1. Toma de muestra de Agua cruda en el Rio Naranjo

Fuente: Fotografía tomada por Autores

## **2.4 Diseño de la red de conducción**

Las características topográficas de la zona ofrecen la posibilidad de utilizar un sistema de conducción por gravedad. Para ello, se seguirá la Norma Co-10-7-602 (2000) que aborda los sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural.

En el diseño de la línea de conducción y distribución se consideran diversos parámetros fundamentales, entre ellos se encuentran: el caudal, la presión, las pérdidas unitarias, la velocidad, los diámetros y el tipo de material utilizado.

### **2.4.1 Caudal de diseño**

Conforme a lo estipulado por la norma, el caudal de diseño de la red de conducción debe ser 1.10 veces superior al caudal máximo diario calculado

al final del periodo de diseño, en el caso de conducciones que no requieran el uso de equipos de bombeo. En consecuencia, se determina que el caudal de diseño para la red de conducción es el siguiente:

$$Q_{\text{conducción}} = 1.10 * QMD$$

$$QMD = 0.3320 \text{ lts/s}$$

$$Q_{\text{conducción}} = 1.10 * 0.3320$$

$$Q_{\text{conducción}} = 0.3652 \text{ lts/s}$$

#### **2.4.2 Materiales empleados para tuberías de abastecimiento de agua potable**

Durante el diseño de las conducciones, es importante considerar diversos factores para la selección de los materiales de las tuberías. Estos factores incluyen el tipo de funcionamiento, la operación y el mantenimiento del tramo, así como las características del terreno y las cargas que actúan sobre ellas.

Es necesario cumplir con las Normas Técnicas Ecuatorianas correspondientes para los diferentes materiales que pueden conformar las tuberías de conducción. En caso de que no existan normas nacionales, se deben seguir las normas internacionales ISO.

Al seleccionar los materiales y el tipo de tubería para el diseño de conducciones, se deben considerar varios aspectos:

1. Condiciones sanitarias, agresividad de los suelos y calidad del agua a transportar para garantizar la adecuada calidad del agua.
2. Protección interna y externa contra la corrosión, basada en el conocimiento de las características de corrosividad de los suelos y del agua.
3. Posible corrosividad causada por corrientes divagantes al cruzar ferrocarriles electrificados o líneas de alta tensión.

4. Evitar terrenos inestables o suelos con alta corrosividad. En casos necesarios, ubicar la conducción con un buen alineamiento y diseñar medidas de seguridad para minimizar los riesgos de daño.
5. En terrenos particularmente corrosivos, utilizar mangas de polietileno como protección adicional para tuberías de hierro dúctil.
6. Dar preferencia a materiales de fabricación nacional.
7. Resistencia a esfuerzos mecánicos internos y externos.
8. Facilidad de limpieza de biopelículas y depósitos inorgánicos. Verificar las velocidades al inicio y final del período de diseño.
9. Tipo de uniones y necesidad de anclaje de las tuberías.
10. Comportamiento hidráulico del proyecto, incluyendo presiones máximas y mínimas, sobrepresiones y subpresiones causadas por golpes de ariete.
11. Condiciones económicas y financieras del proyecto.
12. Vida útil de las tuberías.
13. Se recomienda el uso de tuberías de PVC para diámetros iguales o inferiores a 400 mm, mientras que, para diámetros mayores, es más económico utilizar tuberías de hierro dúctil.
14. Para las tuberías de hierro dúctil, se recomienda utilizar un recubrimiento interno de mortero de cemento.
15. Cuando las conducciones crucen centros poblados, áreas industriales y agroindustriales, y no sea factible utilizar tuberías no metálicas por razones técnico-económicas, se debe dar preferencia a las tuberías y accesorios de hierro dúctil.
16. La elección del material de las tuberías y accesorios debe considerar la satisfacción de las necesidades del proyecto, teniendo en cuenta todos los puntos mencionados anteriormente, incluyendo los costos de inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto, así como la seguridad y vulnerabilidad de la tubería.

Para el diseño propuesto tanto de la red de conducción como la red de distribución se propone emplear tuberías de PVC

La tabla 2.4 presenta los diferentes espesores nominales de tubería de PVC(Dimensiones en milímetros).

Tabla 2.4. Diámetros nominales de tuberías de PVC.

Diámetro nominal	Serie del tubo S									
	25	20	16	12,5	10,0	8	6,3	5	4	3,2
	Presión nominal Mpa									
	0,5	0,63	0,8	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4,0
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4
12	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	1,7
16	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,8	2,2
20	-	-	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3	2,8
25	-	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3	2,8	3,5
32	-	-	-	-	1,6	1,9	2,4	2,9	3,6	4,4
40	-	-	-	1,6	1,9	2,4	3,0	3,7	4,5	5,5
50	-	-	1,6	2,0	2,4	3,0	3,7	4,6	5,6	6,9
63	-	1,6	2,0	2,5	3,0	3,8	4,7	5,8	7,1	8,6
75	1,5	1,9	2,3	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4	10,3
90	1,8	2,2	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1	12,3
110	2,2	2,7	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10,0	12,3	15,1
125	2,5	3,1	3,9	4,8	6,0	7,4	9,2	11,4	14,0	17,1
140	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7	19,2
160	3,2	4,0	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9	21,9
180	3,6	4,4	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4	20,1	24,6
200	3,9	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2	22,4	27,4
225	4,4	5,5	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6	20,5	25,2	-
250	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4	22,7	27,9	-
280	5,6	6,9	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6	25,4	-	-
315	6,3	7,7	9,7	12,1	15,0	18,7	23,2	28,6	-	-
355	7,0	8,7	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1	-	-	-
400	7,9	9,8	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4	-	-	-
450	8,8	11,0	13,8	17,2	21,5	26,7	33,1	-	-	-
500	9,8	12,3	15,3	19,1	23,9	29,7	36,8	-	-	-
560	11,0	13,7	17,2	21,4	26,7	33,2	-	-	-	-
630	12,3	15,4	19,3	24,1	30,0	37,4	-	-	-	-
710	13,9	17,4	21,8	27,2	33,9	-	-	-	-	-
800	15,7	19,6	24,5	30,6	-	-	-	-	-	-
900	17,6	22,0	27,6	-	-	-	-	-	-	-
1 000	19,6	24,5	30,6	-	-	-	-	-	-	-

NOTA 1: Coeficiente de diseño (C) igual a 2, Esfuerzo hidrostático de diseño de 12,5 MPa.

NOTA 2: Los espesores nominales de tubería se obtienen de las tablas de espesores universales de ISO 4065 en función de la serie del tubo y el diámetro nominal. En el cálculo de espesores de tubo se utiliza la ecuación de esfuerzo.

NOTA 3: Serie 25, no aplica para uso en sistemas de agua potable.

Fuente: NTE INEN 1373, 2016

### **2.4.3 Válvulas de aire**

Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador “En una conducción a gravedad generalmente el aire presente se acumula en los puntos más altos, entendiendo como punto alto a la curva vertical que se encuentra en un cambio de pendiente entre positiva y negativa; cuando existen presiones altas, el aire se disuelve o es expulsado, pero en puntos altos de baja presión no sucede lo mismo, por lo que se presenta un problema en el área útil de la tubería, por ello es necesario implementar válvulas automáticas que expulsen el aire acumulado y permitan el paso del caudal deseado”

### **2.4.4 Válvulas de purga**

En los sistemas de distribución de agua, es común encontrar puntos donde el agua puede quedar estancada, lo que puede provocar la acumulación de sedimentos. Para abordar este problema, se instalan válvulas de purga que se abren periódicamente para permitir el drenaje del agua estancada y la eliminación de los sedimentos.

Además de su función principal de permitir el drenaje, la válvula de purga en una conducción desempeña un papel importante en el mantenimiento e inspección de un tramo de tubería. También se utiliza para la limpieza de la tubería, y en este sentido, es fundamental dimensionar adecuadamente la válvula de purga para que pueda permitir la velocidad de limpieza necesaria en la tubería.

El diseño de la conducción de agua cruda desde la captación hacia la planta de tratamiento se muestra en la siguiente figura 2.1:

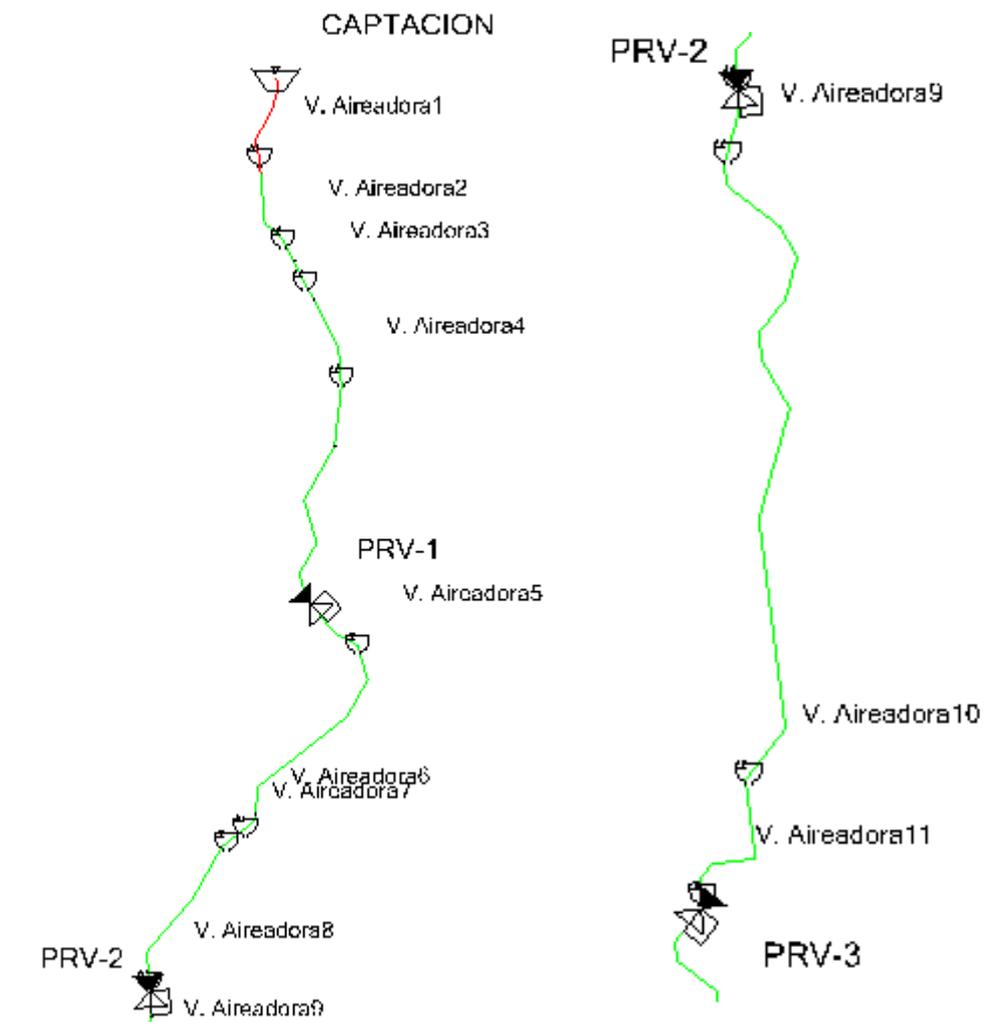


Figura 2.2 Diseño de Conducción del sistema de abastecimiento de agua potable.

Fuente: Modelación realizada por autores.

La red de conducción de agua cruda desde la captación consta de tuberías de 63 mm en un total de 182.07 mts y tuberías de 50 mm en un total de 3740.21 mts.

En la siguiente tabla 2.4 se muestra las tuberías de la red de conducción, adicionalmente en el Anexo 5 se detalle todas las tuberías de la red de conducción.

Tabla 2.4 Resumen Tuberías de red de conducción de agua cruda.

Diameter (mm)	Length (PVC) (m)	Length (All Materials) (m)	Volume (L)
45,20	3.740,21	3.740,21	6.001,54
58,00	182,07	182,07	481,04
All Diameters	3.922,28	3.922,28	6.482,58

A continuación, se presenta una tabla con la ubicación de los tanques rompe presiones en el sistema de conducción de agua cruda:

Tabla 2.5 Coordenadas de Tanques rompe presiones en la red de conducción.

Label	Diameter (Valve) (mm)	X (m)	Y (m)
PRV-1	45.2	689,410.47	9,648,890.24
PRV-2	45.2	689,126.01	9,648,199.83
PRV-3	45.2	689,056.49	9,646,632.17

Fuente: Autores

En la siguiente tabla se detallan los puntos de ubicación de las válvulas aireadoras en la red de conducción de agua cruda:

Tabla 2.6 Coordenadas de Válvulas aireadoras en la red de conducción.

Label	Elevation (m)	X (m)	Y (m)
V. Aireadora1	2,823.09	689,319.38	9,649,685.46
V. Aireadora2	2,831.53	689,360.57	9,649,538.61
V. Aireadora3	2,824.93	689,399.69	9,649,462.40

V. Aireadora4	2,829.37	689,463.33	9,649,293.15
V. Aireadora5	2,779.04	689,492.95	9,648,815.76
V. Aireadora6	2,749.05	689,294.75	9,648,490.08
V. Aireadora7	2,742.83	689,261.77	9,648,463.93
V. Aireadora8	2,748.84	689,124.97	9,648,215.27
V. Aireadora9	2,748.47	689,106.34	9,648,075.40
V. Aireadora10	2,712.43	689,148.02	9,646,888.83
V. Aireadora11	2,706.51	689,059.41	9,646,658.07

Fuente: Autores

Asimismo, en la siguiente tabla se presentan los puntos donde se ubicarán las válvulas purgadoras en la red de conducción de agua cruda:

Tabla 2.7 Coordenadas de Válvulas purgadoras en la red de conducción.

Label	Elevation (m)	X (m)	Y (m)
V. Purga1	2,819.00	689,315.03	9,649,700.76
V. Purga2	2,829.85	689,345.14	9,649,554.38
V. Purga3	2,827.19	689,379.96	9,649,500.84
V. Purga4	2,823.90	689,414.75	9,649,433.06
V. Purga5	2,792.79	689,452.04	9,649,171.12
V. Purga6	2,755.29	689,311.87	9,648,515.14
V. Purga7	2,721.78	689,128.05	9,648,154.26
V. Purga8	2,742.34	689,101.76	9,648,042.82
V. Purga9	2,704.30	689,177.02	9,646,926.10
V. Purga10	2,698.03	689,159.68	9,646,728.86
V. Purga11	2,698.28	689,055.56	9,646,689.67

Fuente: Autores

Finalmente, la Figura 2.3 muestra los resultados de las presiones en cada nodo de la red de conducción de agua cruda de Cedro Pugno, adicionalmente en el Anexo 5 detalla los resultados de todos los nodos:

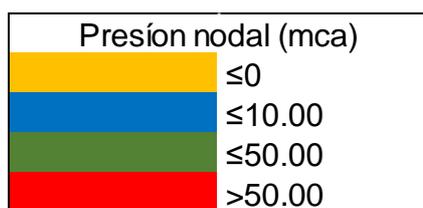


Figura 2.3 Nodos de la Red de conducción con sus respectivas presiones

Fuente: Autores

N-265 - Base - Pressure (m H2O)	N-264 - Base - Pressure (m H2O)	N-108 - Base - Pressure (m H2O)	N-107 - Base - Pressure (m H2O)	N-257 - Base - Pressure (m H2O)	N-256 - Base - Pressure (m H2O)
52,67	52,51	52,39	50,68	51,85	52,37

Figura 2.4 Presiones de los nodos de conducción superior a 50 m.c.a

Fuente: Autores



Diámetro interno (mm)	
	51.6
	58

Figura 2.5 Red de conducción según el diámetro interno

Fuente: Autores

## 2.5 Diseño de la planta de tratamiento

Según la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, la capacidad de la planta de potabilización debe ser 1.10 veces mayor al caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño (CO 10.7 - 602, 2000). Asimismo, se establece que cualquier tipo de agua debe recibir como tratamiento mínimo la desinfección.

En base a lo anterior, se determina que el caudal de la planta de tratamiento para potabilizar será el siguiente:

$$Q_{tratamiento} = 1.10 * QMD$$

$$QMD = 0.3320 \text{ lts/s}$$

$$Q_{tratamiento} = 1.10 * 0.3320$$

$$Q_{tratamiento} = 0.3652 \text{ lts/s}$$

### 2.5.1 Tanque de Almacenamiento

Según la norma Co 10-7-602 (2000) para sistemas de abastecimiento de agua potable en el área rural, se establece que para el almacenamiento del agua tratada se deben utilizar tanques de reservas. La función de estos tanques es almacenar el agua tratada para su posterior distribución.

De acuerdo a la norma, la capacidad de almacenamiento de los tanques debe ser el 50% del volumen medio diario futuro y no puede ser inferior a 10 m<sup>3</sup>.

Por lo tanto, el volumen de almacenamiento será:

$$\text{Vol. Almacenamiento} = 50\% Q_m * \frac{86400}{1000}$$

$$Q_m = 0.2656 \text{ lts/s}$$

$$\text{Vol. Almacenamiento} = 50\% * 0.2656 * \frac{86400}{1000}$$

$$\text{Vol. Almacenamiento} = 11.474 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Almacenamiento a construir} = 30.00 \text{ m}^3$$

### **2.5.2 Tratamiento del Agua**

La norma técnica ambiental utilizada para realizar la comparación de los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Esta norma es aplicable en todo el territorio nacional.

El objetivo de esta norma técnica es establecer los parámetros y criterios de calidad del agua para sus distintos usos. Se utiliza como referencia para la comparación de resultados con el fin de garantizar la calidad del agua y prevenir riesgos para la salud de las personas que la consumen. Específicamente, la norma se enfoca en los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que requieran tratamiento convencional.

Para el caso de la comunidad de Cedro Pugro el análisis físico, químico y bacteriológico presento los siguientes resultados en la tabla:

Tabla 2.8 Resultados de Análisis de agua cruda del afluente.

Parámetro	Unidad	Resultado	Norma INEN 1108-2020
<b>Coliformes fecales</b>	UFC/100 ml	14	Ausencia
<b>Turbiedad</b>	NTU	2	5
<b>Color aparente</b>	UC	13	15
<b>pH</b>		7.2	6.5-8.5
<b>Dureza Total</b>	mg/lit CaCO <sub>3</sub>	18.5	
<b>Alcalinidad Total</b>	mg/lit CaCO <sub>3</sub>	26	

Fuente: Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “El Chorro”, 2022.

La tabla 2.10 del Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente muestra los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

Tabla 2.9 Criterios de Calidad de Agua para consumo humano.

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD PARA LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO Y QUE PARA SU POTABILIZACIÓN SOLO REQUIEREN DESINFECCIÓN			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N	mg/l	0,05
Arsénico	As	mg/l	0,018
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	20
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	200
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	250,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	Color real	Unidades de Pt-Co	20,0
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	<2mg/l
Difeniles policlorinados	Concentración de agente reactivo	mg/l	No detectable
Hierro total	Fe	mg/l	0,3
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,002
Nitratos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	>75% del OD Sat.
pH		pH	6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	250
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN

Fuente: Revisión Del Anexo 1 del Libro 6° del Tulsma: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Interpretando los resultados del análisis de laboratorio en la fuente se tiene: Coliformes fecales presentan un valor pequeño.

Los valores de turbiedad son pequeños en comparación a los limites permisibles.

Los valores de color están dentro de los limites permisibles

El pH se encuentra dentro del rango de 6.5 y 8.0

La dureza total es relativamente baja

Para el caso de coliformes fecales presentan un valor de 14 UFC/100 ml

Según los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos del agua (Anexo A2), se concluye que el tratamiento requerido para potabilizar el agua utilizada por la comunidad de Cedro Pugro es la desinfección mediante cloración y la implementación de filtro lento de arena.

#### **2.5.2.1 Filtro Grueso de Grava**

El filtro grueso de grava para tratamiento de agua cruda es una estructura diseñada para eliminar partículas y sólidos de mayor tamaño presentes en el agua sin tratar. Consiste en una capa de grava con una granulometría específica que actúa como medio filtrante.

El agua cruda ingresa al filtro a través de una entrada y fluye a través de la capa de grava. A medida que el agua atraviesa la capa de grava, las partículas y los sólidos más grandes quedan atrapados entre los espacios de la grava, mientras que el agua limpia pasa a través y sale por una salida.

#### **2.5.2.2 Filtro Lento de Arena**

La lenta velocidad de filtración en los filtros lentos de arena permite una mayor eficacia en la eliminación de bacterias en comparación con otros procesos de eliminación de bacterias. La ausencia de un coágulo gelatinoso en el agua de entrada requiere la formación de una capa de "schmutzdecke" compuesta por limo, barro y materia orgánica eliminada. Para que esta capa se forme, el filtro lento debe funcionar durante varios días hasta que esté completamente desarrollada antes de que se pueda utilizar el agua filtrada.

El espesor del lecho de arena puede variar de 0,6 a 1,2 metros. En cada ciclo de limpieza, se elimina la capa superior de arena en un espesor de 2,5 centímetros. Con cada lavado, el espesor del lecho se reduce hasta alcanzar el mínimo necesario, que generalmente es de 60 centímetros. En este caso,

la arena eliminada durante el lavado se reintegra para restaurar el espesor original del lecho.

La filtración lenta de arena es considerada uno de los métodos más efectivos, simples y económicos de tratamiento de agua, especialmente adecuado para áreas rurales. Para aplicar el filtro lento de arena, se requieren ciertas características del agua de entrada, como un color de hasta 20 unidades de color, una turbidez inferior a 20 unidades nefelométricas de turbidez y una concentración de coliformes inferior a 2000 NMP (número más probable).

Los componentes del filtro incluyen un tanque que contiene una capa subdrenante de agua cruda, un lecho de arena filtrante, un sistema drenante, estructuras de entrada y salida, y un conjunto de dispositivos de regulación y control.

Durante la operación, el lecho filtrante se llena de agua, expulsando las burbujas de aire, y cuando el nivel del agua alcanza una altura adecuada por encima del lecho de arena (generalmente 0,1 metros), el agua cruda ingresa a través de la entrada normal.

El filtro lento de arena produce agua con excelentes características de calidad.

### **Consideraciones para el diseño**

**Estructura de Entrada:** La estructura de entrada del filtro lento de arena consta de varios componentes, incluyendo un vertedor de excesos, canales o conductos para distribución, dispositivos de medición y control de flujo, una cámara de entrada y una ventana de acceso al filtro.

**Lecho Filtrante:** El lecho filtrante del filtro lento de arena debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados. La velocidad de

filtración recomendada varía entre 0,1 y 0,2 metros por hora, dependiendo de la calidad del agua cruda.

**Sistema de drenaje:** El sistema de drenaje del filtro lento de arena incluye un lecho de soporte y una cámara de salida. El nivel mínimo del filtro debe estar al mismo nivel o al menos 10 centímetros por encima de la superficie del lecho filtrante.

**Capa de agua sobre delante:** Se recomienda tener una capa de agua sobre delante con una altura de 1,0 a 1,5 metros y un borde libre entre 0,2 y 0,3 metros.

**Dispositivos de control, regulación y rebose de flujo:** El filtro lento de arena cuenta con diversos dispositivos de control, regulación y rebose del flujo, que son los siguientes:

- Válvula para controlar la entrada de agua pretratada y regular la velocidad de filtración.
- Dispositivo para drenar la capa de agua sobre delante.
- Conexión para llenar el lecho filtrante con agua limpia.
- Válvula para drenar el lecho filtrante.
- Válvula para desechar el agua tratada.
- Válvula para suministrar el agua tratada al depósito de agua limpia.
- Vertedero de entrada.
- Indicador calibrado de flujo.
- Vertedero de salida.
- Vertedero de excesos.

## **DIMENSIONAMIENTO**

- **Caudal de Diseño:** Expresado en m<sup>3</sup> /h

$$Q_{tratamiento} = 1.315 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Número de Unidades:** Se debe optar al menos por 2 unidades
- **Área Superficial (As):**

$$As = \frac{Qd}{N * Vf}$$

Donde:

**Qd:** Caudal de Diseño (m<sup>3</sup> /h)

**N:** Número de Unidades

**Vf:** velocidad de Filtración (m/h)

$$Q_{tratamiento} = 1.315 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N = 2$$

$$Vf = 0.1 \text{ m/h}$$

$$As = \frac{1.315}{2 * 0.1}$$

$$As = 6.574 \text{ m}^2$$

- **Coefficiente de mínimo costo (k):**

$$k = \frac{2N}{N + 1}$$

$$k = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$k = \frac{4}{3}$$

- **Longitud de la unidad (L):**

$$L = \sqrt{As * k}$$

$$L = \sqrt{6.574 * 1.333}$$

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

$$L \text{ asumido} = 3.00 \text{ m}$$

- **Ancho de la unidad (b):**

$$b = \sqrt{As/k}$$

$$b = \sqrt{\frac{6.574}{1.333}}$$

$$b = 2.22 \text{ m}$$

$$b \text{ asumido} = 2.25 \text{ m}$$

➤ **Sistema de Drenaje:**

El sistema de drenaje debe ser diseñado considerando que la velocidad máxima en cualquier punto no exceda los 0.30 m/s. Además, es importante establecer una relación adecuada de velocidades entre el dren principal ( $V_p$ ) y los drenes secundarios ( $V_s$ ). Se recomienda que esta relación sea de  $V_p / V_s = 1.5$ . Este criterio es fundamental para lograr una recolección uniforme del agua filtrada.

Se detalla el filtro lento de arena que se ha diseñado en el Anexo A2.

### **2.5.2.3 Desinfección de agua potable**

Como menciona la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), la desinfección del agua es crucial para eliminar los microorganismos patógenos presentes en ella y evitar la propagación de enfermedades. Para lograr esta eliminación, se deben evitar la reproducción y el crecimiento de los microorganismos, ya que su presencia en el agua la hace no potable y altamente riesgosa para la salud.

La desinfección del agua se puede llevar a cabo mediante métodos químicos y/o físicos, los cuales también tienen la capacidad de extraer contaminantes orgánicos que son nutrientes para los microorganismos. Es importante que los desinfectantes no solo eliminen a los microorganismos, sino que también tengan un efecto residual, es decir, que permanezcan activos en el agua después de la desinfección para evitar el crecimiento de microorganismos en las tuberías y prevenir la recontaminación del agua.

La normativa establece que, para lograr una calidad adecuada del agua desde un punto de vista bacteriológico, se debe preferir la desinfección con sales de sodio, como el hipoclorito de calcio o de sodio. La dosis de cloro utilizada debe ser suficiente para obtener un residual mínimo de cloro libre

de 0.2 mg/l, siempre y cuando el pH sea inferior a 8 y el tiempo de contacto sea de al menos 30 minutos.

Para calcular la cantidad de hipoclorito de sodio o cloro necesaria para la desinfección del agua, se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Concentración del hipoclorito de sodio: El hipoclorito de sodio se encuentra disponible en el mercado en forma líquida con concentraciones que oscilan entre el 1% y el 15%. En el caso del cloro doméstico, por lo general, su concentración es del 3%.
2. Dosis recomendada en el agua potable: La dosis de cloro recomendada varía entre 1 y 3 mg/l. En la mayoría de los casos, se utiliza una dosis de 1.5 mg/l, lo que resulta en un rango de cloro residual libre de 0.3 a 0.5 mg/l. Estos valores se encuentran en conformidad con las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

## **2.6 Diseño de la red de distribución**

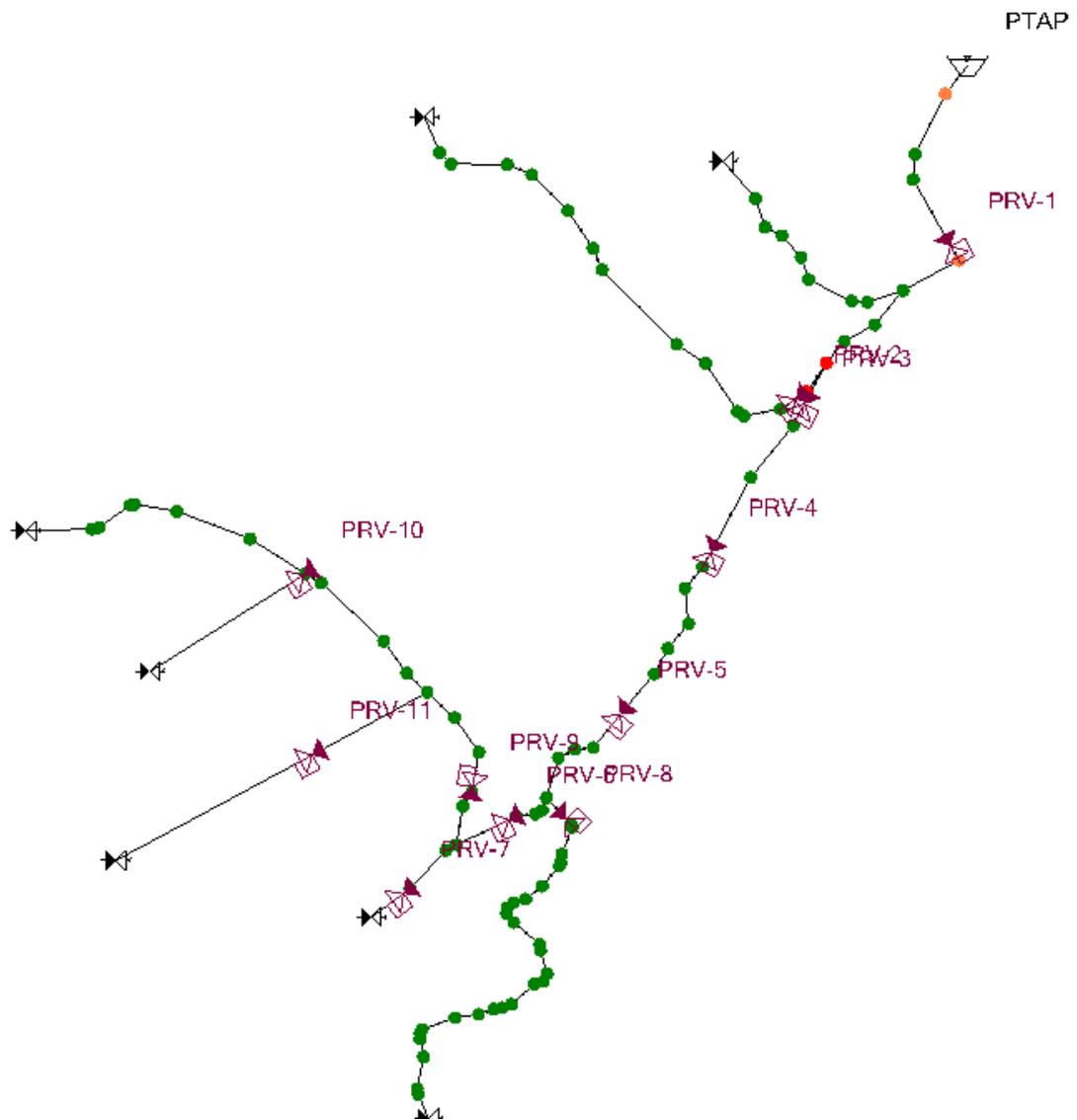
Según la norma ecuatoriana Co 10.7 - 602 (2000), el diseño de la red de distribución de agua debe considerar el caudal máximo horario y puede estar compuesta por ramales abiertos, mallas o una combinación de ambos sistemas. Por lo tanto, el caudal de la red de distribución será:

$$Q \text{ distribución} = QMH = 0.7968 \text{ lts/s}$$

Además, la norma establece que la red debe contar con válvulas que permitan la independización de sectores para operaciones de mantenimiento, evitando así la suspensión del servicio de agua en toda la localidad.

Para realizar el diseño de la red de distribución se debe de igual manera que se lo realizo con la red de conducción utilizar el diámetro interno de la tubería.

A continuación, en la figura 2.6 se muestra la propuesta de la red de distribución.



Presión (mca)	
Verde	≤50.00
Rojo	>50.00

Figura 2.6. Red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cedro Pugno.

Fuente: Autores

Donde la simbología representa:

	Junction	Nodo
	Tank	Tanque
	Reservoir	Reservorio
	Hydrant	Hidrante
	PRV	Válvula reductora de presión
	Discharge To Atmosphere	Válvula Purgadora

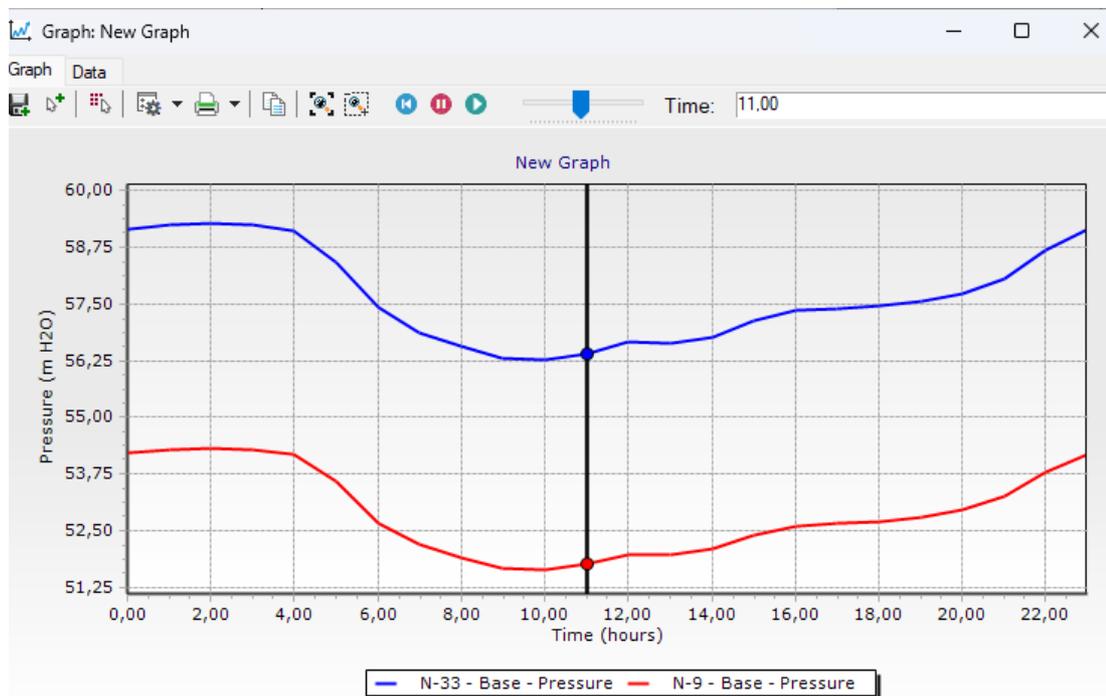


Figura 2.7. Variación de presión de nodos por encima de los 50 mca.

Fuente: Autores

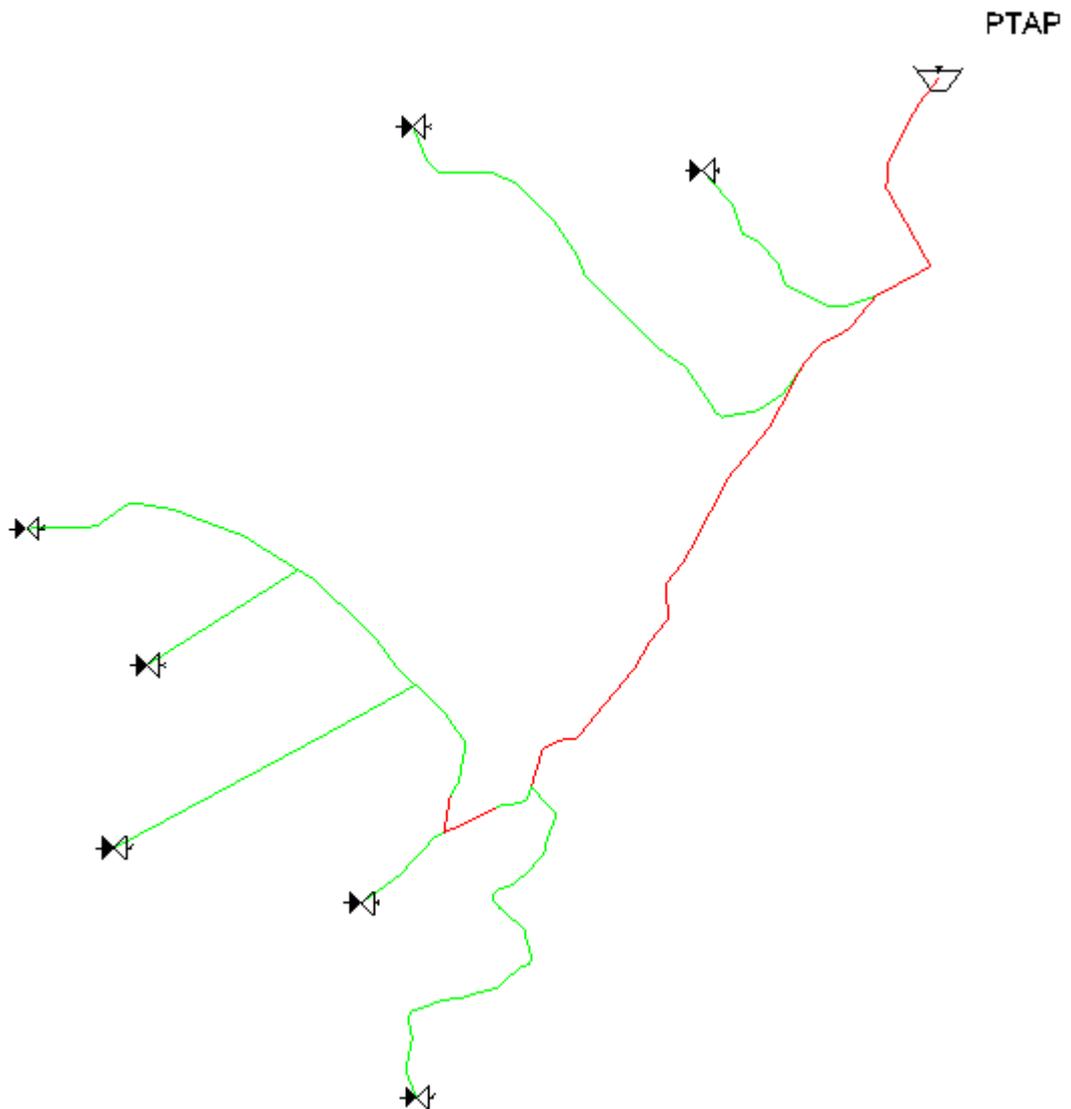
La tabla 2.10 muestra los rangos de caudal en base a la velocidad de la propuesta de la red de distribución para la comunidad de Cedro Pugno

Tabla 2.10 Rango de velocidades y caudales de la Red de Distribución de Cedro Pugno

Velocidad (m/s)	Caudal min (l/s)	Caudal max (l/s)
≤0.120	0	0.061
≤0.241	0.0462	0.15342
≤0.361	0.10168	0.13446
≤0.482	0.24709	0.15342
0.482+	0.3811	0.38279

Fuente: Autores elaborado en WaterCAD.

La figura 2.8 presenta la red de distribución según el diámetro interno



Diámetro interno (mm)	
	26.95
	30.4

Figura 2.8. Red de distribución según el diámetro interno de las tuberías.

Fuente: Autores

Se adjunta tabla 2.11 de válvulas reguladoras de presión de la red de distribución.

Tabla 2.11 Válvulas reguladoras de presión de la red de distribución.

Label	X (m)	Y (m)	Diameter (Valve) (mm)
PRV-1	689,290.43	9,646,318.80	28.8
PRV-2	689,136.08	9,646,165.10	22
PRV-3	689,145.26	9,646,160.86	22
PRV-4	689,052.02	9,646,011.59	22
PRV-5	688,962.11	9,645,849.02	22
PRV-6	688,851.64	9,645,743.51	22
PRV-7	688,746.86	9,645,669.32	22
PRV-8	688,908.34	9,645,744.58	22
PRV-9	688,815.54	9,645,776.35	22
PRV-10	688,647.64	9,645,988.94	22
PRV-11	688,656.29	9,645,808.43	22

Fuente: Autores

La tabla 2.14 muestra las ubicaciones de las válvulas purgadoras de la red de distribución.

Tabla 2.12 Ubicación de válvulas purgadoras en la red de distribución.

Label	X (m)	Y (m)	Elevation (m)
D2A-2	688,771.51	9,645,444.19	2,240.36

D2A-3	688,714.89	9,645,645.88	2,204.32
D2A-4	688,461.32	9,645,702.78	2,143.66
D2A-5	688,495.11	9,645,892.30	2,191.72
D2A-6	688,371.75	9,646,033.21	2,225.91
D2A-7	688,767.73	9,646,448.88	2,431.39
D2A-8	689,064.18	9,646,403.96	2,489.96

## **CAPITULO III**

### **3. Análisis de costos**

El análisis de costos es una etapa fundamental en cualquier proyecto, ya que permite evaluar la viabilidad económica y financiera del mismo. Para llevar a cabo este análisis, se deben considerar diversos aspectos y fuentes de información confiables.

#### **3.1 Presupuesto**

El presupuesto de obra se refiere a una estimación detallada y cuantificada de los costos necesarios para llevar a cabo un proyecto de construcción o infraestructura. Este presupuesto incluye todos los gastos asociados con la mano de obra, materiales, equipos, servicios, permisos y otros aspectos relacionados con la ejecución de la obra.

El objetivo principal del presupuesto de obra es proporcionar una guía financiera para el proyecto, permitiendo una planificación adecuada y una asignación eficiente de los recursos disponibles. Además, el presupuesto de obra ayuda a controlar los costos durante la ejecución del proyecto, asegurando que se mantenga dentro de los límites establecidos y se eviten posibles desviaciones.

### **3.2 Análisis de precios unitarios**

El análisis de precios unitarios es una herramienta utilizada en la ingeniería y la construcción para determinar el costo de los diferentes elementos o componentes de un proyecto. Consiste en desglosar el costo total de una partida o ítem en unidades de medida específicas, como metros cúbicos, metros cuadrados, horas de trabajo, etc., y asignar un precio unitario a cada una de estas unidades.

El objetivo principal del análisis de precios unitarios es obtener un cálculo detallado y preciso de los costos de los materiales, la mano de obra y los equipos necesarios para llevar a cabo una actividad o una obra en particular. Esto permite estimar de manera más precisa el presupuesto total del proyecto, realizar comparaciones entre diferentes alternativas de diseño o ejecución, y tomar decisiones informadas en función de consideraciones económicas.

El análisis de precios unitarios se basa en información actualizada y específica de los costos de los insumos y los recursos requeridos para realizar una tarea determinada. Esta información puede obtenerse a través de proveedores, cotizaciones, bases de datos de precios de la industria, o mediante la experiencia previa en proyectos similares.

La Tabla 3.1 se muestra el presupuesto referencial para la ejecución de obra para el sistema de abastecimiento de agua potable de Cedro Pugro. Dicho presupuesto es de ciento sesenta y cinco mil quinientos cincuenta y nueve dólares con treinta y un centavos.

Tabla 3.1 Presupuesto Referencial de obra.

<b>CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE CEDRO PUGRO</b>					
<b>Ubicación:</b>			COMUNIDAD DE CEDRO PUGRO,		
<b>Fecha:</b>			23/5/2023		
<b>PRESUPUESTO</b>					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1 CAPTACION</b>					<b>\$1,210.49</b>
1.1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	10	0.76	\$7.60
1.2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	10	2.28	\$22.80
1.3	Excavación manual de estructuras menores	m3	2.5	14.14	\$35.35
1.4	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	4	41.38	\$165.52
1.5	Desalojo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado manual	m3	1.5	4.16	\$6.24
1.6	Empedrado e= 15cm, suministro y colocación	m2	1.5	14.38	\$21.57
1.7	Encofrado de madera recto (2 usos), suministro y colocación	m2	11	14.5	\$159.50
1.8	Hormigón simple f'c= 210kg/cm2, elaboración y vertido	m3	1.1	137.38	\$151.12
1.9	Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm2, suministro e instalación	kg	55.6	1.66	\$92.30
1.1	Enlucido 1:2 + impermeabilizante, suministro y colocación	m2	11	10.58	\$116.38
1.11	Rejilla de Acero inoxidable con marco	u	1	30.67	\$30.67
1.12	Pintura latex exterior-interior dos manos, incluido fondo, suministro y colocación	m2	11	5.34	\$58.74
1.13	Sum. E Inst. de Compuerta de tol	u	1	42.28	\$42.28
1.14	Sum. E Inst. de Tubería PVC- P/E/C De=63 mm 1.25 Mpa	m	2.5	15.8	\$39.50
1.15	Sum. E Inst. de Tubería PVC Desague De=160mm	m	2	45.47	\$90.94
1.16	Tubería PVC Desague E/C 160 mm para Rebose	m	6.2	9.9	\$61.38
1.17	Valvula de Compuerta 1 1/4"	u	1	103.7	\$103.70
1.18	Pintura anticorrosiva, incluye fondo blanco, suministro y colocación	m2	1	4.91	\$4.91
<b>2 CONDUCCION</b>					<b>\$93,302.07</b>
2.1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	1959.895	0.76	\$1,489.52
2.2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	1959.895	2.28	\$4,468.56
2.3	Excavación manual de estructuras menores	m3	940.75	14.14	\$13,302.21
2.4	Relleno compactado con material de sitio en zanjas	m3	940.75	13.56	\$12,756.57
2.5	Desalojo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado manual	m3	282.55	4.16	\$1,175.41
2.6	Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm2, suministro e instalación	kg	244.64	1.66	\$406.10
2.7	Enlucido 1:2 + impermeabilizante, suministro y colocación	m2	28.16	10.58	\$297.93
2.8	Pintura latex exterior-interior dos manos, incluido fondo, suministro y colocación	m2	28.16	5.34	\$150.37
2.9	Valvula de purga de 1 1/4"	u	11	189.14	\$2,080.54
2.1	Valvula aireadora 1 1/4"	u	11	118.56	\$1,304.16
2.11	Tanque rompe presiones	u	3	324.95	\$974.85
2.12	Caja Válvula de Hormigon Simple 180 kg/cm2; exterior 1.0x 1.0 m h<0.8m; paredes e=0.1m; incluye encofrado	u	11	69.94	\$769.34
2.13	Tapa metalica de Tol 1/16"	m2	3.96	149.59	\$592.38
2.14	Pintura anticorrosiva, incluye fondo blanco, suministro y colocación	m2	3.96	4.91	\$19.44
2.15	Sum. E Inst. de Tubería PVC- P/E/C De=63 mm 1.25 Mpa	m	497.84	15.8	\$7,865.87
2.16	Sum. E Inst. de Tubería PVC- P/E/C De=50 mm 1.25 Mpa	m	3421.95	13.34	\$45,648.81

<b>3</b>	<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>					<b>\$10,219.38</b>
3.1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	100	0.76		\$76.00
3.2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	100	2.28		\$228.00
3.3	Excavación manual de estructuras menores	m3	12.5	14.14		\$176.75
3.4	Desalojo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado manual	m3	16.25	4.16		\$67.60
3.5	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	12.5	41.38		\$517.25
3.6	Empedrado e= 15cm, suministro y colocación	m2	35	14.38		\$503.30
3.7	Encofrado de madera recto (2 usos), suministro y colocación	m2	64	14.5		\$928.00
3.8	Hormigón simple f'c= 210kg/cm2, elaboración y vertido	m3	4.7	137.38		\$645.69
3.9	Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm2, suministro e instalación	kg	705	1.66		\$1,170.30
3.1	Enlucido 1:2 + impermeabilizante, suministro y colocación	m2	1	10.58		\$10.58
3.11	Mampostería de bloque de hormigón e= 15cm, suministro e instalación	m2	16	20.86		\$333.76
3.12	Enlucido 1:2, suministro y colocación	m2	16	8.92		\$142.72
3.13	Enlucido filo de ventana, suministro y colocación	ml	4.4	9.98		\$43.91
3.14	Pintura latex exterior-interior dos manos, incluido fondo, suministro y colocación	m2	32	5.34		\$170.88
3.15	Ventana de aluminio y vidrio corrediza, suministro e instalación	m2	1.4	100.08		\$140.11
3.16	Protección de hierro ventana/puerta, suministro y colocación	m2	1.4	41.57		\$58.20
3.17	Puerta metálica tubo lin+tool, de (1x2.20) m, suministro y colocación	u	1	129.64		\$129.64
3.18	Pintura anticorrosiva, incluye fondo blanco, suministro y colocación	m2	4.4	6.37		\$28.03
3.19	Acero estructural (perfiles doblados en frío), fy= 2350kg/cm2, incluye pintado, suministro e instalación	kg	240	10.8		\$2,592.00
3.2	Cubierta de galvalumen prepintado e= 0.40mm, suministro e instalación	m2	18	26.26		\$472.68
3.21	Flotador PVC para Tanque hipoclorador	m	5.5	43.67		\$240.19
3.22	Provision de Hipoclorito de Calcio Granulado (Tarros de 45 kg)	u	2	198		\$396.00
3.23	Tapa metalica de Tol 1/16"	u	1	149.59		\$149.59
3.24	Valvula de Compuerta 1 1/4" ( inc. Accesorios)	u	1	69.01		\$69.01
3.25	Grava para filtros, suministro y colocación	m3	4	109.9		\$439.60
3.26	Arena para filtros d10= 20mm, Cu= (2.50-3.50) suministro y colocación	m3	6	81.6		\$489.60
<b>4</b>	<b>RED DE DISTRIBUCION</b>					<b>\$75,890.26</b>
4.1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	1820.15	0.76		\$1,383.31
4.2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	1820.15	2.28		\$4,149.94
4.3	Excavación manual de estructuras menores	m3	1092.09	14.14		\$15,442.15
4.4	Relleno compactado con material de sitio en zanjas	m3	1092.09	13.56		\$14,808.74
4.5	Desalojo de materiales hasta 6km, incluye transporte y cargado manual	m3	327	4.16		\$1,360.32
4.6	Sum. E Inst. De tuberia PVC-P E/C De=32 mm	m	956.99	10.92		\$10,450.33
4.7	Sum. E Inst. De tuberia PVC-P E/C De=25 mm	m	2683.3	8.9		\$23,881.37
4.8	Valvula de Compuerta 1 1/4"	u	11	69.01		\$759.11
4.9	Caja Válcula de Hormigon Simple 180 kg/cm2; exterior 1.0x 1.0 m h<0.8m; paredes e=0.1m; incluye encofrado	u	11	69.94		\$769.34
4.1	Enlucido 1:2 + impermeabilizante, suministro y colocación	m2	28.16	10.58		\$297.93
4.11	Pintura latex exterior-interior dos manos, incluido fondo, suministro y colocación	m2	28.16	5.34		\$150.37
4.12	Tapa metalica de Tol 1/16"	u	11	149.59		\$1,645.49
4.13	Valvula de purga de 1 1/4"	u	0	189.14		\$0.00
4.14	Valvula de purga de 1 "	u	7	113.12		\$791.84
<b>SUBTOTAL</b>						<b>\$180,622.20</b>
<b>IVA</b>					12%	<b>\$21,674.66</b>
<b>TOTAL+ IVA</b>						<b>\$202,296.86</b>

## **CONCLUSIONES**

Tras completar los estudios necesarios y realizar los diseños correspondientes para el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la comunidad de Cedro Pugro, se llega a las siguientes conclusiones:

El sistema proporcionará agua potable a la comunidad, con capacidad proyectada para satisfacer sus necesidades durante los próximos 20 años.

La implementación de este sistema de agua potable traerá beneficios significativos, mejorando la calidad de vida y la salud de los habitantes, además de contribuir al crecimiento de la población de la comunidad.

Actualmente, la población beneficiada consta de 179 habitantes, y se proyecta un aumento a 225 habitantes en un período de 20 años.

El caudal de diseño de la captación se establece en 0.3984 litros por segundo.

Debido a la topografía del área, es importante incluir en el diseño válvulas reductoras de presión para controlar las altas presiones en los puntos de distribución. También se recomienda la implementación de válvulas aireadoras y purgadoras para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y evitar daños en la red de abastecimiento.

El diseño desarrollado en este proyecto servirá como referencia para el Gobierno Parroquial de La Asunción, quien será responsable de ejecutar el proyecto. Este diseño cumple con las normativas vigentes en el país y se ajusta a las necesidades reales de la comunidad.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo los mantenimientos adecuados en el sistema de abastecimiento de agua potable para asegurar su correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil planificada.

Asimismo, se sugiere realizar monitoreos periódicos de la calidad del agua con el fin de garantizar que cumpla con los estándares de potabilidad, evitando así posibles inconvenientes para los miembros de la comunidad.

Finalmente es importante corroborar las presiones en campo y comparar dichos valores con los modelos hidráulicos ya que los mismos correctamente calibrados son herramientas útiles para el control del sistema de abastecimiento de agua potable.

## BIBLIOGRAFÍA

Amaya, P. (2019).

Amoroso, J., & Marín , B. (2.17). Diseño del Sistema de Agua Potable para la comunidad de las Peñas de Mollepongo, perteneciente al Cantón Pucará, Provincia del Azuay. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7235/1/13179.pdf>

Arevalo, R., & Carlos, N. (2021). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Putagas, distrito de Frías, provincia de Ayabaca-departamento Piura .

CHÁVEZ, Jorge Alberto Villena. (2015). 304-308.CHULLUNCUY, N. Tratamiento de agua para consumo humano. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 2018, vol. 35, p.

- Díaz, R. (2004). GUÍA DE DISEÑO PARA LÍNEAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL.
- Díaz, R. (2004). líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua .
- GARZÓN, B., & VEGA, R. (2017). Estudio y Diseño del Sistema de agua Potable de la Comunidad San José de la Betania del Cantón Pucará, Provincia del Azuay. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7492/1/13388.pdf>
- Herrera, I. (2012). *Calidad del agua*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- INEN. (1997). CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR.
- Mercedes, P. (2011). "EL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SU INCIDENCIA EN CALIDAD DE VIDA DE LOS MORADORES EN LA PARROQUIA SAN MIGUEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI."
- Plascencia-Jatomea, M., Islas-Flores, H., Sandoval-Trujillo, A. H., Acedo-Félix, E., & Lizardi-Mendoza, J. (2011). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en agua y alimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(3), 193-205.
- Quispe, C., & Yandún, J. (2018). Diseño de la conducción de agua para riego desde el reservorio Culpuro hasta el reservorio Santa Isabel, en la parroquia Jaun Montalvo, Cantón Cayambe. Obtenido de <file:///C:/Users/Nicolas%20Barreto/Downloads/T-UCE-0011-ICF-025.pdf>
- Romero Rojas, C. (2005). *Calidad del Agua*. Escuela Politecnica.
- Rymundo, Q., & Alipio, A. (2020).
- Secretaría del Agua. (2012). *Secretaría del Agua*. Obtenido de <https://www.gob.ec/senagua>
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill Education.
- Urgilés, E. (2019). Guía de Diseño con Criterios de operación y mantenimiento para captaciones, conducciones y redes de

distribucion de agua potable, de la empresa ETAPA EP. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8921/1/14569.pdf>

## ANEXOS

Anexo 1. Encuesta socio económica modelo

Anexo 2. Informe Análisis de calidad de Agua

Anexo 3. Planos de la línea de Conducción de agua potable de la Comunidad de Cedro Pugro

Anexo 4. Planos de la línea de distribución de agua potable de la Comunidad de Cedro Pugro.

Anexo 5. Modelo hidráulico de la Conducción en WaterCAD

Anexo 6. Modelo hidráulico de la Distribución en WaterCAD

Anexo 7. Presupuesto de obra

Anexo 8. Análisis de precios unitarios

Anexo 9. Evidencia fotográfica

Anexo 10. Caudales de diseño, captación, conducción, distribución, planta de tratamiento, volumen de almacenamiento

Anexo 11. Presiones nodales de la Red de Conducción

Label	X (m)	Y (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)
N-1	689.507,85	9.648.750,06	2.767,70	22,48
N-3	689.159,70	9.646.728,70	2.697,97	49,93
N-4	689.349,94	9.649.797,97	2.832,07	0,07
N-5	689.349,92	9.649.797,77	2.832,09	0,04
N-6	689.473,41	9.648.688,16	2.761,01	29,02
N-7	689.216,87	9.647.798,96	2.735,35	14,67

N-8	689.216,58	9.647.797,92	2.735,42	14,60
N-9	689.319,09	9.649.686,51	2.822,38	9,67
N-11	689.310,21	9.648.502,33	2.739,68	49,85
N-12	689.309,35	9.648.501,65	2.739,56	49,96
N-13	689.351,65	9.649.820,95	2.832,00	0,15
N-14	689.352,34	9.649.820,08	2.832,00	0,15
N-15	689.223,66	9.647.590,19	2.718,09	31,47
N-16	689.224,23	9.647.589,19	2.717,86	31,70
N-17	689.311,71	9.649.716,05	2.826,35	5,72
N-18	689.311,13	9.649.715,01	2.825,51	6,56
N-19	689.464,34	9.649.280,76	2.818,99	12,30
N-20	689.464,48	9.649.279,02	2.818,46	12,82
N-21	689.129,34	9.648.161,67	2.721,15	29,62
N-22	689.129,50	9.648.159,63	2.720,68	30,08
N-23	689.311,33	9.648.510,64	2.752,19	37,37
N-24	689.311,08	9.648.508,50	2.747,12	42,43
N-25	689.079,81	9.646.718,52	2.704,35	43,43
N-26	689.077,67	9.646.718,10	2.704,63	43,14
N-27	689.486,77	9.648.819,20	2.782,63	7,71
N-28	689.488,69	9.648.818,13	2.781,55	8,78
N-29	689.310,68	9.648.505,10	2.742,82	46,72
N-30	689.419,60	9.649.001,23	2.782,84	47,84
N-31	689.420,38	9.648.998,48	2.783,73	46,94
N-32	689.061,37	9.646.641,97	2.703,63	43,99
N-33	689.061,73	9.646.639,04	2.701,91	45,70
N-34	689.122,65	9.648.271,98	2.745,03	43,97
N-35	689.120,69	9.648.269,68	2.744,23	44,76
N-36	689.449,52	9.648.841,31	2.773,23	17,17
N-37	689.451,44	9.648.838,88	2.772,61	17,78
N-38	689.483,90	9.648.820,79	2.780,99	9,35
N-39	689.306,75	9.648.499,59	2.743,16	46,36
N-40	689.400,33	9.649.078,20	2.788,22	42,61
N-41	689.398,67	9.649.075,21	2.788,05	42,77
N-42	689.314,02	9.649.704,31	2.823,08	8,98
N-44	689.509,35	9.648.758,84	2.769,63	20,57
N-45	689.510,44	9.648.755,03	2.769,64	20,55
N-46	689.317,97	9.649.690,43	2.818,70	13,35
N-47	689.441,71	9.649.152,57	2.789,95	41,04
N-48	689.439,70	9.649.148,95	2.786,35	44,63
N-49	689.337,33	9.649.762,13	2.832,02	0,09
N-50	689.335,25	9.649.758,38	2.828,97	3,14
N-51	689.167,39	9.647.382,11	2.713,00	36,16
N-52	689.166,25	9.647.377,95	2.713,53	35,63
N-53	689.088,36	9.646.458,91	2.671,40	28,61
N-54	689.088,90	9.646.454,58	2.671,03	28,97
N-56	689.426,50	9.649.125,24	2.788,14	42,78
N-57	689.424,27	9.649.121,22	2.791,16	39,77
N-58	689.341,49	9.649.771,52	2.831,97	0,15
N-59	689.340,05	9.649.767,05	2.831,19	0,93
N-60	689.424,61	9.649.413,85	2.826,95	4,60
N-61	689.426,77	9.649.409,64	2.829,76	1,79
N-62	689.179,93	9.646.929,84	2.701,50	46,80
N-64	689.510,58	9.648.754,52	2.769,65	20,55
N-65	689.479,69	9.648.823,14	2.778,34	12,00
N-66	689.377,73	9.649.505,17	2.829,74	2,00
N-69	689.323,19	9.649.638,75	2.829,30	2,71
N-70	689.323,59	9.649.633,87	2.831,80	0,21
N-71	689.146,54	9.648.300,12	2.745,42	43,64
N-72	689.143,35	9.648.296,36	2.747,88	41,18
N-73	689.321,06	9.649.664,94	2.830,77	1,29

N-74	689.321,46	9.649.659,98	2.831,51	0,54
N-75	689.372,96	9.649.514,47	2.831,26	0,51
N-76	689.375,24	9.649.510,02	2.828,99	2,76
N-77	689.463,93	9.649.285,75	2.821,26	10,04
N-78	689.337,43	9.649.560,93	2.829,81	2,06
N-79	689.341,28	9.649.557,67	2.830,99	0,87
N-80	689.322,34	9.649.649,23	2.831,71	0,33
N-81	689.322,75	9.649.644,20	2.829,93	2,10
N-83	689.316,84	9.649.725,28	2.828,77	3,31
N-84	689.314,37	9.649.720,85	2.826,64	5,43
N-85	689.183,07	9.646.933,87	2.699,42	48,89
N-86	689.118,66	9.648.120,16	2.736,73	13,99
N-87	689.117,30	9.648.115,22	2.738,74	11,98
N-88	689.422,26	9.649.418,42	2.825,00	6,55
N-89	689.429,01	9.649.129,73	2.786,19	44,75
N-90	689.140,02	9.648.292,44	2.749,81	39,24
N-91	689.320,64	9.649.670,08	2.828,87	3,18
N-92	689.446,85	9.649.161,81	2.792,86	38,15
N-93	689.444,34	9.649.157,29	2.790,97	40,03
N-94	689.277,71	9.648.476,57	2.748,07	41,40
N-95	689.273,65	9.648.473,36	2.746,19	43,26
N-96	689.126,00	9.648.275,93	2.746,88	42,13
N-97	689.456,34	9.648.836,12	2.772,91	17,47
N-98	689.460,87	9.648.833,60	2.774,75	15,63
N-99	689.120,04	9.648.125,16	2.734,89	15,84
N-100	689.382,46	9.649.495,96	2.826,71	5,01
N-101	689.384,82	9.649.491,35	2.828,53	3,19
N-102	689.322,02	9.649.734,60	2.827,50	4,59
N-103	689.319,50	9.649.730,06	2.829,34	2,75
N-104	689.462,06	9.649.308,66	2.831,16	0,20
N-105	689.462,49	9.649.303,49	2.830,98	0,37
N-106	689.332,71	9.649.753,81	2.827,25	4,84
N-107	689.234,77	9.648.423,92	2.738,65	50,68
N-108	689.232,23	9.648.419,35	2.736,92	52,39
N-109	689.370,57	9.649.519,12	2.831,58	0,20
N-110	689.397,30	9.649.467,05	2.826,67	4,99
N-112	689.312,58	9.649.709,35	2.824,77	7,30
N-113	689.431,29	9.649.400,83	2.824,98	6,54
N-114	689.433,69	9.649.396,16	2.826,64	4,88
N-115	689.257,46	9.648.460,52	2.743,02	46,39
N-116	689.253,35	9.648.457,26	2.744,48	44,92
N-119	689.087,04	9.646.469,45	2.674,22	25,81
N-120	689.087,69	9.646.464,24	2.672,60	27,42
N-121	689.209,57	9.646.967,93	2.706,30	42,10
N-122	689.206,34	9.646.963,78	2.704,68	43,70
N-123	689.436,09	9.649.391,48	2.828,24	3,27
N-124	689.475,09	9.648.825,70	2.776,77	13,58
N-125	689.320,21	9.649.675,34	2.827,31	4,74
N-126	689.463,87	9.649.273,61	2.817,03	14,24
N-127	689.463,26	9.649.268,36	2.815,49	15,76
N-128	689.324,44	9.649.623,54	2.830,90	1,09
N-129	689.324,87	9.649.618,28	2.831,85	0,13
N-130	689.166,89	9.647.372,58	2.715,13	34,02
N-131	689.269,51	9.648.470,07	2.747,68	41,77
N-132	689.171,18	9.648.329,12	2.749,00	40,14
N-133	689.167,75	9.648.325,08	2.747,52	41,61
N-134	689.199,73	9.647.776,21	2.733,99	15,99
N-135	689.196,47	9.647.772,03	2.732,52	17,44
N-136	689.058,98	9.646.496,34	2.678,33	21,78
N-137	689.063,17	9.646.493,09	2.676,86	23,24

N-138	689.321,91	9.649.654,52	2.831,57	0,48
N-139	689.144,93	9.646.726,64	2.703,44	44,45
N-140	689.139,66	9.646.725,98	2.702,01	45,87
N-141	689.060,73	9.646.647,24	2.705,05	42,58
N-142	689.449,44	9.649.166,46	2.794,24	36,78
N-143	689.056,78	9.646.679,62	2.703,52	44,16
N-144	689.057,43	9.646.674,33	2.704,82	42,86
N-146	689.358,13	9.649.543,35	2.831,30	0,52
N-148	689.316,51	9.649.695,57	2.820,38	11,67
N-149	689.392,35	9.649.476,69	2.828,38	3,31
N-150	689.394,79	9.649.471,93	2.827,24	4,44
N-151	689.156,44	9.646.754,85	2.706,34	41,63
N-152	689.157,10	9.646.749,55	2.705,04	42,92
N-153	689.171,57	9.646.919,09	2.710,79	37,51
N-154	689.168,28	9.646.914,87	2.712,00	36,29
N-155	689.406,14	9.649.048,43	2.786,28	44,50
N-156	689.407,61	9.649.043,28	2.784,99	45,77
N-157	689.281,91	9.648.479,90	2.749,29	40,19
N-158	689.124,09	9.648.226,10	2.747,54	41,38
N-159	689.124,52	9.648.220,75	2.748,67	40,24
N-160	689.067,55	9.646.705,09	2.704,71	43,03
N-161	689.064,25	9.646.700,85	2.703,46	44,26
N-162	689.115,88	9.648.110,04	2.739,93	10,77
N-163	689.122,80	9.648.241,93	2.743,08	45,86
N-164	689.123,23	9.648.236,57	2.744,23	44,70
N-165	689.203,04	9.647.780,46	2.735,44	14,54
N-166	689.302,52	9.648.496,24	2.744,27	45,25
N-167	689.250,65	9.648.452,45	2.743,28	46,12
N-168	689.415,72	9.648.883,94	2.779,99	10,52
N-169	689.419,07	9.648.879,71	2.778,93	11,57
N-170	689.247,99	9.648.447,68	2.742,64	46,74
N-171	689.245,37	9.648.442,96	2.741,60	47,77
N-172	689.476,03	9.648.692,88	2.760,00	30,05
N-173	689.418,11	9.649.006,43	2.781,80	48,88
N-174	689.173,01	9.647.323,57	2.715,08	33,99
N-175	689.173,67	9.647.318,20	2.713,98	35,07
N-176	689.235,98	9.647.883,38	2.741,02	9,18
N-177	689.238,65	9.647.878,68	2.741,03	9,16
N-178	689.365,71	9.648.602,58	2.760,06	29,73
N-179	689.361,47	9.648.599,22	2.759,42	30,36
N-180	689.410,96	9.649.097,30	2.790,30	40,58
N-181	689.408,32	9.649.092,57	2.789,32	41,55
N-182	689.007,32	9.646.568,57	2.688,03	12,27
N-183	689.007,99	9.646.563,19	2.687,08	13,21
N-184	689.350,56	9.649.803,35	2.831,89	0,25
N-185	689.339,96	9.648.582,16	2.759,99	29,74
N-186	689.335,71	9.648.578,79	2.759,21	30,51
N-187	689.351,83	9.649.814,30	2.832,09	0,05
N-188	689.413,00	9.648.640,07	2.761,77	28,13
N-189	689.408,74	9.648.636,69	2.760,91	28,98
N-190	689.325,31	9.649.612,86	2.831,88	0,09
N-191	689.224,28	9.647.588,78	2.717,78	31,77
N-192	689.222,84	9.647.583,54	2.717,03	32,51
N-193	689.171,65	9.647.334,42	2.716,00	33,08
N-194	689.172,33	9.647.329,02	2.715,51	33,57
N-195	689.149,02	9.646.814,36	2.707,83	40,25
N-196	689.149,69	9.646.808,96	2.707,00	41,07
N-197	689.086,37	9.646.474,85	2.675,05	25,00
N-198	689.185,80	9.647.656,81	2.724,66	25,05
N-199	689.188,49	9.647.652,09	2.724,12	25,58

N-200	689.208,27	9.647.040,86	2.710,67	37,87
N-201	689.208,94	9.647.035,46	2.710,00	38,53
N-202	689.333,28	9.649.564,45	2.829,00	2,88
N-203	689.286,17	9.648.483,28	2.750,00	39,49
N-204	689.202,57	9.648.366,08	2.748,27	40,95
N-205	689.199,05	9.648.361,93	2.749,06	40,15
N-206	689.421,62	9.649.116,47	2.791,94	38,98
N-207	689.180,39	9.647.666,33	2.725,70	24,03
N-208	689.183,08	9.647.661,59	2.725,15	24,58
N-209	689.191,20	9.647.647,31	2.723,62	26,07
N-210	689.193,89	9.647.642,57	2.723,11	26,57
N-211	689.450,54	9.649.363,33	2.831,17	0,29
N-212	689.453,03	9.649.358,49	2.830,92	0,53
N-213	689.346,52	9.649.787,17	2.831,99	0,14
N-214	689.344,86	9.649.781,99	2.832,06	0,07
N-215	689.220,97	9.647.594,92	2.718,80	30,77
N-216	689.186,41	9.646.938,17	2.698,72	49,60
N-218	689.102,43	9.648.037,41	2.741,61	8,97
N-219	689.497,72	9.648.799,62	2.779,55	10,74
N-220	689.499,22	9.648.794,37	2.778,85	11,43
N-221	689.134,25	9.646.725,31	2.701,35	46,52
N-222	689.174,98	9.647.675,85	2.726,73	23,02
N-223	689.177,68	9.647.671,10	2.726,18	23,56
N-224	689.404,64	9.649.053,68	2.786,91	43,87
N-225	689.196,61	9.647.637,79	2.722,60	27,06
N-226	689.199,30	9.647.633,05	2.722,16	27,49
N-227	689.395,82	9.648.626,45	2.760,34	29,52
N-228	689.391,54	9.648.623,06	2.761,03	28,82
N-229	689.213,02	9.647.002,72	2.709,45	39,02
N-230	689.213,70	9.646.997,30	2.709,17	39,29
N-231	689.202,02	9.647.628,28	2.721,75	27,90
N-232	689.204,72	9.647.623,53	2.721,33	28,31
N-233	689.446,12	9.648.845,59	2.773,70	16,71
N-234	689.183,82	9.647.236,89	2.708,00	40,89
N-235	689.184,49	9.647.231,46	2.707,27	41,61
N-236	689.150,36	9.646.727,31	2.704,04	43,86
N-237	689.120,57	9.648.269,30	2.744,14	44,85
N-238	689.121,01	9.648.263,85	2.743,53	45,45
N-239	689.461,62	9.649.314,11	2.830,58	0,78
N-240	689.408,90	9.648.892,53	2.780,89	49,57
N-241	689.412,30	9.648.888,24	2.780,17	10,35
N-242	689.203,51	9.647.079,03	2.710,44	38,17
N-243	689.204,18	9.647.073,60	2.711,00	37,60
N-244	689.146,98	9.646.830,71	2.707,38	40,73
N-245	689.147,65	9.646.825,27	2.707,97	40,13
N-246	689.167,13	9.647.721,60	2.729,35	20,49
N-247	689.167,81	9.647.716,17	2.728,82	21,02
N-248	689.242,70	9.648.438,18	2.741,07	48,29
N-249	689.233,28	9.647.888,14	2.741,52	8,69
N-250	689.136,46	9.648.288,25	2.750,00	39,05
N-251	689.132,92	9.648.284,07	2.749,51	39,52
N-252	689.218,33	9.647.804,24	2.735,69	14,35
N-253	689.206,40	9.647.784,79	2.735,59	14,41
N-254	689.222,42	9.647.907,24	2.741,59	8,66
N-255	689.225,13	9.647.902,48	2.741,85	8,39
N-256	689.224,22	9.648.404,96	2.736,91	52,37
N-257	689.221,55	9.648.400,17	2.737,43	51,85
N-258	689.238,71	9.647.878,28	2.741,00	9,19
N-259	689.237,25	9.647.872,99	2.740,56	9,62
N-260	689.110,71	9.648.091,27	2.748,57	2,12

N-261	689.109,25	9.648.085,99	2.749,01	1,68
N-262	689.085,25	9.646.719,19	2.703,68	44,10
N-263	689.404,44	9.648.633,29	2.760,52	29,36
N-264	689.229,56	9.648.414,56	2.736,80	52,51
N-265	689.226,89	9.648.409,76	2.736,62	52,67
N-266	689.172,27	9.647.680,62	2.727,20	22,56
N-267	689.179,62	9.647.750,37	2.731,17	18,74
N-268	689.176,25	9.647.746,04	2.731,55	18,35
N-269	689.327,09	9.649.591,00	2.831,55	0,38
N-270	689.327,54	9.649.585,52	2.831,64	0,28
N-271	689.101,08	9.648.048,26	2.742,68	7,92
N-272	689.070,92	9.646.709,42	2.705,00	42,75
N-273	689.020,53	9.646.526,26	2.681,13	19,08
N-274	689.024,86	9.646.522,89	2.680,79	19,41
N-275	689.458,94	9.649.346,91	2.830,68	0,75
N-276	689.459,39	9.649.341,44	2.830,39	1,03
N-277	689.494,72	9.648.810,17	2.778,59	11,72
N-278	689.437,03	9.649.144,15	2.786,00	44,96
N-279	689.330,04	9.649.749,01	2.827,41	4,68
N-280	689.221,38	9.647.578,25	2.716,84	32,70
N-281	689.219,92	9.647.572,95	2.716,65	32,88
N-282	689.391,49	9.648.938,21	2.785,00	45,55
N-283	689.392,99	9.648.932,92	2.784,70	45,84
N-284	689.405,65	9.649.087,77	2.789,12	41,73
N-285	689.227,84	9.647.897,70	2.741,85	8,38
N-286	689.171,77	9.647.398,01	2.713,00	36,19
N-287	689.170,31	9.647.392,71	2.713,27	35,91
N-288	689.387,33	9.649.486,46	2.828,78	2,92
N-289	689.324,69	9.649.739,40	2.827,23	4,86
N-290	689.168,85	9.647.387,42	2.713,00	36,17
N-291	689.331,40	9.648.575,38	2.759,00	30,71
N-292	689.174,90	9.647.960,26	2.742,78	7,60
N-293	689.179,23	9.647.956,88	2.742,68	7,69
N-294	689.343,17	9.649.776,76	2.831,89	0,23
N-295	689.219,71	9.647.912,02	2.741,28	8,98
N-296	689.213,15	9.647.793,46	2.735,13	14,88
N-297	689.174,74	9.648.333,31	2.749,24	39,91
N-298	689.418,95	9.649.111,66	2.791,72	39,19
N-299	689.200,15	9.647.105,94	2.707,00	41,65
N-300	689.200,83	9.647.100,49	2.706,75	41,89
N-301	689.431,68	9.649.134,54	2.786,00	44,94
N-303	689.144,28	9.646.852,29	2.710,37	37,78
N-304	689.144,97	9.646.846,84	2.710,19	37,95
N-305	689.182,99	9.647.754,71	2.731,04	18,88
N-306	689.400,13	9.649.069,52	2.787,92	42,90
N-307	689.327,36	9.649.744,20	2.827,41	4,69
N-308	689.416,61	9.649.011,72	2.781,60	49,10
N-309	689.504,77	9.648.774,90	2.770,82	19,41
N-310	689.506,28	9.648.769,61	2.770,83	19,39
N-312	689.212,34	9.647.008,18	2.709,60	38,88
N-313	689.157,21	9.648.312,67	2.744,86	44,24
N-314	689.153,65	9.648.308,48	2.744,71	44,37
N-316	689.417,26	9.649.428,17	2.823,76	7,82
N-317	689.186,54	9.647.215,09	2.707,00	41,85
N-318	689.187,22	9.647.209,64	2.707,00	41,84
N-319	689.201,51	9.647.095,03	2.706,95	41,68
N-320	689.148,34	9.646.819,82	2.707,97	40,12
N-321	689.140,90	9.646.879,43	2.712,77	35,44
N-322	689.141,58	9.646.873,98	2.712,67	35,52
N-323	689.470,28	9.648.828,37	2.776,99	13,38

N-324	689.188,69	9.648.349,73	2.753,07	36,13
N-325	689.185,13	9.648.345,54	2.753,06	36,13
N-326	689.219,79	9.647.809,54	2.735,81	14,24
N-327	689.100,40	9.648.053,72	2.742,60	8,01
N-328	689.177,02	9.647.291,42	2.708,97	40,02
N-329	689.177,70	9.647.285,96	2.708,60	40,38
N-330	689.195,38	9.647.144,15	2.706,76	41,96
N-331	689.196,06	9.647.138,69	2.706,73	41,98
N-332	689.058,74	9.646.663,53	2.706,41	41,25
N-334	689.351,20	9.649.808,82	2.831,81	0,33
N-335	689.400,49	9.648.906,62	2.781,81	48,68
N-336	689.402,03	9.648.901,24	2.781,54	48,94
N-337	689.417,65	9.648.993,57	2.785,00	45,67
N-338	689.317,69	9.648.564,51	2.759,00	30,68
N-339	689.317,01	9.648.558,68	2.759,00	30,67
N-340	689.328,38	9.649.575,27	2.831,77	0,14
N-341	689.328,94	9.649.568,34	2.829,93	1,96
N-342	689.080,43	9.646.479,66	2.674,47	25,58
N-343	689.086,17	9.646.475,20	2.675,06	24,98
N-345	689.171,21	9.647.688,89	2.727,92	21,86
N-346	689.452,99	9.649.179,40	2.788,41	42,63
N-347	689.113,59	9.648.101,73	2.746,77	3,93
N-348	689.502,15	9.648.784,09	2.776,25	14,01
N-349	689.122,59	9.648.134,44	2.729,57	21,16
N-352	689.050,87	9.646.502,66	2.682,37	17,77
N-353	689.174,99	9.647.307,65	2.711,17	37,85
N-354	689.425,68	9.648.871,37	2.776,14	14,33
N-355	689.440,96	9.649.382,00	2.825,55	5,94
N-356	689.216,15	9.646.976,38	2.708,79	39,63
N-357	689.165,79	9.647.732,35	2.731,25	18,62
N-358	689.103,77	9.648.026,64	2.739,77	10,78
N-359	689.142,94	9.646.863,08	2.712,12	36,06
N-360	689.460,27	9.648.677,55	2.762,30	27,71
N-361	689.451,74	9.648.670,79	2.763,92	26,08
N-362	689.011,92	9.646.532,95	2.682,63	17,60
N-363	689.234,35	9.647.862,45	2.739,32	10,84
N-364	689.326,20	9.649.601,96	2.831,60	0,35
N-365	689.352,89	9.648.592,41	2.760,00	29,76
N-366	689.168,25	9.647.361,70	2.716,00	33,13
N-367	689.374,31	9.648.609,39	2.760,72	29,09
N-368	689.140,19	9.647.987,27	2.742,72	7,74
N-369	689.148,86	9.647.980,52	2.743,36	7,08
N-371	689.222,70	9.647.820,15	2.736,13	13,93
N-372	689.131,51	9.647.994,02	2.742,48	8,00
N-373	689.481,38	9.648.702,49	2.760,02	30,04
N-375	689.141,01	9.646.879,82	2.712,75	35,45
N-376	689.105,27	9.648.014,64	2.742,56	7,97
N-377	689.208,72	9.648.377,11	2.745,16	44,08
N-378	689.010,03	9.646.546,82	2.686,75	13,52
N-379	689.011,72	9.646.533,30	2.682,74	17,49
N-380	689.037,88	9.646.512,76	2.680,95	19,21
N-381	689.229,98	9.647.846,59	2.738,16	11,97
N-382	689.179,73	9.647.269,63	2.707,71	41,23
N-383	689.206,22	9.647.057,23	2.711,00	37,57
N-384	689.193,34	9.647.160,52	2.706,97	41,78
N-385	689.176,15	9.647.413,92	2.713,00	36,22
N-386	689.101,63	9.646.721,24	2.703,99	43,83
N-387	689.165,90	9.647.732,74	2.731,29	18,58
N-388	689.216,26	9.646.976,77	2.708,83	39,59
N-389	689.153,75	9.646.776,37	2.710,00	38,02

N-390	689.430,21	9.648.653,71	2.763,02	26,92
N-391	689.206,12	9.647.935,93	2.741,43	8,87
N-392	689.105,47	9.648.014,29	2.742,60	7,94
N-393	689.390,03	9.648.943,90	2.785,00	45,56
N-394	689.061,63	9.646.638,65	2.701,75	45,85
N-395	689.007,42	9.646.568,95	2.688,07	12,23
J-405	689.126,66	9.648.149,20	2.723,43	27,32

## Anexo 12. Presiones nodales de la Red de Distribución

Label	X (m)	Y (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)
N-6	689.242,73	9.646.274,32	2.486,65	22,50
N-61	688.913,30	9.645.739,36	2.261,25	14,75
N-3	689.252,97	9.646.385,69	2.542,49	20,27
N-64	688.902,98	9.645.700,65	2.261,32	14,57
N-24	688.789,18	9.645.713,15	2.236,52	36,84
N-18	688.916,91	9.645.814,08	2.303,06	20,90
N-25	688.753,54	9.645.674,16	2.226,31	47,05
N-11	689.091,71	9.646.086,82	2.405,05	47,43
N-10	689.133,83	9.646.138,81	2.436,81	16,28
N-7	689.214,81	9.646.239,91	2.468,62	39,68
N-34	689.121,17	9.646.155,58	2.442,94	14,00
N-16	688.995,92	9.645.889,96	2.345,33	49,82
N-2	689.254,87	9.646.411,33	2.553,22	10,05
N-58	688.475,61	9.646.059,01	2.222,46	25,49
N-57	688.479,84	9.646.059,96	2.218,84	29,12
N-15	689.009,45	9.645.915,37	2.346,96	48,43
N-22	688.858,72	9.645.747,25	2.277,78	45,18
N-26	689.207,62	9.646.262,66	2.476,54	32,60
N-33	689.147,44	9.646.172,93	2.450,39	56,42
N-8	689.184,64	9.646.223,53	2.462,53	45,15
N-9	689.166,97	9.646.201,76	2.455,39	51,78
N-12	689.044,17	9.645.997,38	2.382,83	13,43
N-73	688.882,87	9.645.612,39	2.255,67	19,85
N-85	688.763,37	9.645.523,76	2.244,42	30,76
N-78	688.854,04	9.645.558,27	2.250,49	24,83
N-36	689.078,59	9.646.152,98	2.431,90	24,57
N-46	688.806,01	9.645.757,37	2.232,94	40,28
N-47	688.814,91	9.645.771,47	2.232,18	40,81
N-59	688.444,44	9.646.036,83	2.225,84	22,12
N-29	689.141,74	9.646.307,59	2.483,41	25,74
N-21	688.877,68	9.645.749,18	2.279,23	43,98
N-87	688.760,48	9.645.473,79	2.241,43	33,75
N-79	688.844,42	9.645.554,89	2.248,28	27,01
N-68	688.856,29	9.645.660,42	2.262,06	13,65
N-30	689.122,85	9.646.329,38	2.487,05	22,10
N-37	689.046,69	9.646.201,17	2.423,89	31,99
N-65	688.901,95	9.645.697,47	2.262,17	13,71
N-39	688.943,95	9.646.295,28	2.433,08	21,76
N-77	688.876,75	9.645.578,58	2.254,68	20,72
N-86	688.766,89	9.645.505,91	2.243,38	31,80
N-32	689.096,37	9.646.366,86	2.488,76	20,39
N-80	688.836,38	9.645.553,74	2.246,76	28,51
N-27	689.191,93	9.646.263,78	2.474,24	34,91
N-43	688.849,70	9.646.400,93	2.434,82	19,92

N-42	688.874,30	9.646.390,59	2.434,97	19,78
N-67	688.868,25	9.645.663,87	2.262,98	12,77
N-49	688.797,49	9.645.845,86	2.210,39	39,24
N-45	688.782,47	9.646.412,86	2.432,65	22,09
N-1	689.285,15	9.646.471,58	2.557,60	6,86
N-60	688.437,42	9.646.035,22	2.226,10	21,86
N-88	688.761,56	9.645.468,26	2.240,49	34,69
N-82	688.797,92	9.645.544,93	2.244,92	30,28
N-56	688.521,79	9.646.052,91	2.213,57	34,38
N-71	688.856,19	9.645.640,64	2.259,58	16,06
N-38	689.018,05	9.646.220,52	2.424,69	30,82
N-54	688.665,05	9.645.981,16	2.212,10	36,02
N-51	688.750,20	9.645.890,40	2.214,90	33,89
N-52	688.727,33	9.645.922,50	2.214,33	34,12
N-66	688.884,57	9.645.676,88	2.262,13	13,67
N-40	688.935,20	9.646.316,65	2.433,47	21,34
N-81	688.821,43	9.645.548,41	2.247,51	27,73
N-55	688.594,42	9.646.025,35	2.213,27	34,71
N-41	688.910,31	9.646.354,26	2.433,21	21,56
N-5	689.298,34	9.646.304,51	2.503,87	6,45
N-62	688.914,38	9.645.736,13	2.258,67	17,33
N-14	689.029,77	9.645.940,27	2.360,09	35,59
N-13	689.026,42	9.645.975,64	2.375,33	20,68
N-19	688.900,70	9.645.805,38	2.292,88	30,90
N-17	688.935,36	9.645.815,95	2.307,76	16,35
N-63	688.904,13	9.645.709,18	2.259,77	16,15
N-48	688.821,77	9.645.811,31	2.219,44	30,74
N-35	689.084,94	9.646.148,67	2.434,49	22,06
N-72	688.882,36	9.645.618,40	2.256,10	19,44
N-20	688.884,74	9.645.752,96	2.280,47	42,84
N-76	688.885,89	9.645.581,80	2.255,45	19,99
N-28	689.149,21	9.646.285,24	2.480,31	28,83
N-83	688.765,52	9.645.533,35	2.245,45	29,73
N-84	688.763,44	9.645.529,23	2.245,14	30,04
N-69	688.849,95	9.645.655,39	2.261,16	14,53
N-70	688.849,18	9.645.649,61	2.260,84	14,83
N-31	689.106,04	9.646.337,93	2.487,24	21,91
N-44	688.793,90	9.646.401,30	2.432,21	22,53
N-75	688.889,48	9.645.589,03	2.252,43	23,03
J-171	688.888,89	9.645.765,85	2.285,08	38,40
J-173	688.799,28	9.645.718,24	2.243,19	30,18
J-177	688.649,74	9.645.990,28	2.211,37	36,72
N-50	688.770,35	9.645.871,27	2.213,96	35,19