

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Detección de patologías y propuestas de mejora para el sistema de agua potable existente en la parroquia El Reventador, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Fernando David Díaz Borbor

GUAYAQUIL - ECUADOR

I PAO 2023

## **DEDICATORIA**

A mi compañera fiel durante las noches  
de estudio.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis profesores y tutores a lo largo de mi carrera universitaria.

## Declaración Expresa

---

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Yo, Fernando Díaz Borbor doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Fernando David Díaz Borbor

## **EVALUADORES**

.....  
**MSc. Lenin Dender Aguilar**

PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
**MSc. Ingrid Orta Zambrano**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Según el INEC, Sucumbíos es una de las provincias con mayor cantidad de habitantes sin acceso a agua potable por medio de la red pública, solo cerca del 40% se abastece de un sistema de agua potable. El cantón Gonzalo Pizarro cuenta con un sistema que provee de agua a cerca de 2650 habitantes. Su construcción finalizó en 2016, sin embargo, a la fecha este aún no funciona adecuadamente. Este proyecto plantea analizar las patologías que afectan al sistema y busca proponer las mejoras pertinentes para garantizar un correcto funcionamiento, pues la calidad del agua de un abastecimiento artesanal no está garantizada.

Para el desarrollo del proyecto, se realizaron visitas técnicas, tratamiento de datos topográficos y, modelado y análisis hidráulico. Una vez procesados los datos, se plantearon soluciones teniendo en cuenta especificaciones técnicas, ambientales, sociales y económicas.

Como patologías, se encontró que la estructura de captación no es funcional, esta capta cerca de 7 LPS mientras su caudal de diseño es de 8.2 LPS. En la línea de conducción se encontraron presiones superiores a las que el material de las tuberías puede soportar y un tramo de 600 metros presentaba roturas debido a las pendientes elevadas de la zona. Se rediseñó una estructura de captación tipo bocatoma de fondo y 600 metros de línea de conducción.

La implementación de las propuestas de mejora tiene un costo referencial de 47k USD y permitirán que la captación y línea de conducción del sistema funcionen adecuadamente.

**Palabras Clave:** Agua potable, análisis hidráulico, captación, conducción.

## **ABSTRACT**

*According to the INEC, Sucumbíos is one of the provinces with the largest number of inhabitants without access to drinking water through the public network, only about 40% are supplied by a drinking water system. The Gonzalo Pizarro canton has a system that provides water to about 2,650 inhabitants. Its construction ended in 2016, however, it still does not work properly. This project proposes to analyze the pathologies that affect the system and seeks to propose the pertinent improvements to guarantee a correct operation, since the quality of the water from an artisanal supply is not guaranteed.*

*For the development of the project, technical visits, treatment of topographic data and hydraulic modeling and analysis were carried out. Once the data was processed, solutions were proposed considering technical, environmental, social and economic specifications.*

*As pathologies, it was found that the collection structure is not functional, it captures about 7 LPS while its design flow is 8.2 LPS. Pressures higher than those that the pipe material can withstand were found in the conduction line, and a 600-meter section had breaks due to the steep slopes in the area. A bottom intake type intake structure and 600 meters of conduction line were redesigned.*

*The implementation of the improvement proposals has a referential cost of 47k USD and will allow the collection and conduction line of the system to function properly.*

**Keywords:** *Drinking water, hydraulic analysis, catchment, conduction.*

## ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| EVALUADORES.....                               | 5  |
| RESUMEN.....                                   | 1  |
| <i>ABSTRACT</i> .....                          | 2  |
| ÍNDICE GENERAL.....                            | 3  |
| ABREVIATURAS .....                             | 8  |
| SIMBOLOGÍA .....                               | 9  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                         | 10 |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                         | 12 |
| ÍNDICE DE PLANOS .....                         | 14 |
| CAPÍTULO 1 .....                               | 15 |
| 1.    Introducción .....                       | 15 |
| 1.1    Antecedentes.....                       | 16 |
| 1.2    Presentación general del problema ..... | 18 |
| 1.3    Justificación .....                     | 20 |
| 1.4    Objetivos.....                          | 20 |
| 1.4.1    Objetivo General .....                | 20 |
| 1.4.2    Objetivos Específicos .....           | 21 |
| CAPÍTULO 2.....                                | 22 |
| 2.    MATERIALES Y MÉTODOS.....                | 22 |
| 2.1    Revisión de literatura .....            | 22 |
| 2.1.1    Captación .....                       | 22 |
| 2.1.2    Desarenador .....                     | 22 |
| 2.1.3    Conducción .....                      | 22 |
| 2.1.4    Periodo de Diseño.....                | 23 |



|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| 2.1.5           | Niveles de servicio .....                   | 23 |
| 2.1.6           | Población de diseño .....                   | 24 |
| 2.1.7           | Tasa de crecimiento de la población .....   | 25 |
| 2.1.8           | Estimación de la población futura.....      | 25 |
| 2.1.9           | Caudal de diseño .....                      | 26 |
| 2.1.10          | Caudal Medio .....                          | 26 |
| 2.1.11          | Caudal máximo diario.....                   | 26 |
| 2.1.12          | Caudal Máximo horario. ....                 | 26 |
| 2.1.13          | Tuberías.....                               | 27 |
| 2.2             | Área de estudio.....                        | 28 |
| 2.2.1           | Localización .....                          | 28 |
| 2.2.2           | Metodología de trabajo.....                 | 31 |
| 2.3             | Trabajo de campo.....                       | 33 |
| 2.3.1           | Caudales .....                              | 33 |
| 2.3.2           | Calidad del agua .....                      | 34 |
| 2.3.3           | Topografía.....                             | 35 |
| 2.3.4           | Mecánica del suelo.....                     | 36 |
| 2.4             | Análisis de datos.....                      | 36 |
| 2.4.1           | Diagnóstico del sistema existente .....     | 36 |
| 2.5             | Análisis de alternativas .....              | 40 |
| 2.5.1           | Alternativas consideradas .....             | 40 |
| 2.5.2           | Estrategia de medición.....                 | 41 |
| 2.5.3           | Definición de criterios de evaluación ..... | 41 |
| 2.5.4           | Evaluación de Alternativas .....            | 44 |
| 2.5.5           | Selección de alternativa .....              | 45 |
| CAPÍTULO 3..... |   | 46 |

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| 3.              | DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....                     | 46 |
| 3.1             | Diseños.....  | 46 |
| 3.1.1           | Periodo de diseño .....                             | 46 |
| 3.1.2           | Población inicial.....                              | 46 |
| 3.1.3           | Tasa de crecimiento poblacional .....               | 47 |
| 3.1.4           | Población futura .....                              | 48 |
| 3.1.5           | Caudales de diseño.....                             | 49 |
| 3.1.6           | Análisis de la estructura de captación .....        | 55 |
| 3.1.7           | Análisis de los reservorios de almacenamiento ..... | 69 |
| 3.1.8           | Análisis de la línea de conducción .....            | 71 |
| 3.2             | Especificaciones técnicas .....                     | 81 |
| 3.2.1           | Replanteo y nivelación .....                        | 81 |
| 3.2.2           | Excavaciones manuales.....                          | 82 |
| CAPÍTULO 4..... |   | 84 |
| 4.              | ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....                  | 84 |
| 4.1             | Descripción del proyecto.....                       | 84 |
| 4.2             | Línea base ambiental.....                           | 85 |
| 4.2.1           | Clima .....   | 85 |
| 4.2.2           | Hidrología.....                                     | 87 |
| 4.2.3           | Suelo.....  | 87 |
| 4.2.4           | Flora y Fauna .....                                 | 89 |
| 4.2.5           | Áreas protegidas .....                              | 90 |
| 4.3             | Actividades del proyecto .....                      | 92 |
| 4.4             | Identificación de impactos ambientales .....        | 93 |
| 4.4.1           | Medios ambientales .....                            | 93 |
| 4.5             | Valoración de impactos ambientales .....            | 95 |

|                      |  |     |
|----------------------|--|-----|
| 4.6                  | Medidas de prevención/mitigación.....  | 102 |
| CAPÍTULO 5.....      |  | 103 |
| 5.                   | PRESUPUESTO.....   | 103 |
| 5.1                  | EDT.....   | 103 |
| 5.2                  | Descripción de rubros.....   | 103 |
| 5.2.1                | Trabajos preliminares.....   | 104 |
| 5.2.2                | Adecuaciones en la captación.....  | 104 |
| 5.2.3                | Línea de conducción.....   | 104 |
| 5.2.4                | Otras obras de conducción.....   | 105 |
| 5.2.5                | Rubros ambientales.....  | 105 |
| 5.3                  | Análisis de costos unitarios.....  | 105 |
| 5.4                  | Descripción de cantidades de obra.....   | 107 |
| 5.5                  | Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de<br>prevención y mitigación del impacto ambiental..... | 107 |
| 5.6                  | Cronograma de obra.....  | 108 |
| CAPÍTULO 6.....      |  | 109 |
| 6.                   | Conclusiones Y Recomendaciones.....  | 109 |
| 6.1                  | Conclusiones.....  | 109 |
| 6.2                  | Recomendaciones.....   | 111 |
| BIBLIOGRAFÍA.....    |  | 112 |
| PLANOS Y ANEXOS..... |  | 114 |
| 7.                   | ANEXOS.....  | 114 |
| 7.1                  | ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....  | 114 |
| 7.1.1                | Relleno compactado con material de sitio.....  | 114 |
| 7.1.2                | Cama de arena para tuberías h=10 cm.....   | 115 |
| 7.1.3                | Pruebas hidrostáticas.....   | 115 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 7.1.4 | Tuberías PVC 140 mm.....                    | 116 |
| 7.1.5 | Hormigón $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ..... | 117 |
| 7.1.6 | Rejilla para la captación .....             | 118 |
| 7.2   | ANEXO B: APUS .....                         | 120 |
| 7.3   | ANEXO C: CRONOGRAMA .....                   | 132 |

## **ABREVIATURAS**

|       |   |
|-------|---|
| ESPOL | Escuela Superior Politécnica del Litoral    |
| GAD   | Gobierno Autónomo Descentralizado           |
| ODS   | Objetivos de desarrollo sostenible          |
| PTAP  | Planta de tratamiento de agua potable       |
| INEC  | Instituto Nacional de Estadísticas y Censos |
| CPE   | Código de práctica ecuatoriano              |
| INEN  | Servicio Ecuatoriano de Normalización       |
| APU   | Análisis de precios unitarios               |
| PMA   | Plan de manejo ambiental                    |
| EIA   | Evaluación de impacto ambiental             |
| ONU   | Organización de las naciones unidas         |
| PVC   | Policloruro de Vinilo                       |
| AP    | Agua potable                                |
| CENEL | Corporación Eléctrica del Ecuador           |
| Hab   | Habitantes                                  |

## SIMBOLOGÍA

|             |                               |
|-------------|-------------------------------|
| mil         | Milésima de pulgada           |
| mg          | Miligramo                     |
| m           | Metro                         |
| m.s.n.m     | Metros sobre el nivel del mar |
| LPS         | Litros por segundo            |
| L/(hab.día) | Litros por habitante día      |
| g           | Gravedad                      |
| Q           | Caudal                        |
| M2          | Metros cuadrados              |
| M3          | Metros cúbicos                |
| "           | Pulgadas                      |
| m.c.a       | Metros columna de agua        |
| Km          | Kilometro                     |
| Qmed        | Caudal medio                  |
| Qmáx        | Caudal máximo                 |
| M3/s        | metro cúbico por segundo      |
| Cm          | centímetro                    |
| Lc          | Profundidad crítica           |
| V           | Velocidad                     |
| A           | Área                          |
| Vc          | Velocidad crítica             |
| S           | Pendiente                     |
| Has         | Hectáreas                     |
| CO2         | Dióxido de carbono.           |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Esquema del sistema de agua potable [GAD Gonzalo Pizarro,2022].....                                     | 17 |
| Figura 1.2 Estructura de captación actual [GAD Gonzalo Pizarro,2022] .....   | 19 |
| Figura 1.3 Colapso de la rejilla de ingreso de la captación [GAD Gonzalo Pizarro,2022]<br>.....                    | 19 |
| Figura 2.1 Estructura de captación [GAD Gonzalo Pizarro, 2022].....  | 22 |
| Figura 2.2 Localización del área de estudio [MAGAP, 2015].....   | 29 |
| Figura 2.3 Ingreso al Recinto La Libertad [GAD Gonzalo Pizarro,2022].....  | 29 |
| Figura 2.4 Caso urbano del recinto El Reventador [GAD Gonzalo Pizarro,2022].....                                   | 30 |
| Figura 2.5 Viviendas dispersas del recinto San Francisco [GAD Gonzalo Pizarro,2022]<br>.....                       | 30 |
| Figura 2.6 Metodología aplicada en el proyecto [Elaboración propia, 2023].....                                     | 32 |
| Figura 2.7 Visita a la PTAP del sistema de agua potable [Elaboración propia, 2022]                                 | 34 |
| Figura 2.8 Creación de superficie para tratamiento de datos [Elaboración propia,2023]<br>.....                     | 35 |
| Figura 2.9 Propiedades ingresadas en EPANET para la simulación de la captación<br>[Elaboración propia, 2023] ..... | 37 |
| Figura 2.10 Mangueras improvisadas para la captación de agua [GAD Gonzalo<br>Pizarro,2022].....                    | 37 |
| Figura 2.11 Problemas con sedimentos acarreados [GAD Gonzalo Pizarro,2022] ...                                     | 37 |
| Figura 2.12 Implantación del separador de caudales [GAD Gonzalo Pizarro, 2022] .                                   | 38 |
| Figura 2.13 Separador de caudales [Elaboración propia, 2023] .....   | 39 |
| Figura 2.14 Simulación hidráulica de la línea de aducción [Elaboración propia, 2023]<br>.....                      | 39 |
| Figura 2.15 Plano de implantación del sistema de agua potable [GAD Gonzalo<br>Pizarro,2022].....                   | 40 |
| Figura 2.16 Análisis de alternativas [Elaboración propia, 2023] .....  | 45 |
| Figura 3.1 Esquema de la canaleta de recolección [Materón, 1997]; <b>Error! Marcador<br/>no definido.</b>          |    |
| Figura 3.2 Diagrama de perfil de vertedero [Elaboración propia, 2023].....   | 62 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3.3 Relaciones analíticas entre F y h/Y1 para un vertedero de cresta ancha [Materón, 1997].....             | 64  |
| Figura 3.4 Longitud en términos de la altura Y2 [Materón, 1997] .....  | 65  |
| Figura 3.5 Esquema del aliviadero y pozo de amortiguación [Materón, 1997].....                                     | 66  |
| Figura 3.6 Configuración para análisis hidráulico [Elaboración propia, 2023].....                                  | 71  |
| Figura 3.7 Configuración para análisis hidráulico [Elaboración propia, 2023].....                                  | 71  |
| Figura 3.8 Modelamiento hidráulico de la línea de conducción [Elaboración propia, 2023].....                       | 72  |
| Figura 3.9 Tramo de la red que presenta presiones elevadas [Elaboración propia, 2023] .....                        | 73  |
| Figura 3.10 Curva de niveles de la zona con derrumbes [Elaboración propia, 2023]                                   | 74  |
| Figura 3.11 Tramo de red a reubicar [Elaboración propia, 2023].....  | 75  |
| Figura 3.12 Perfil de la topografía por donde pasa el tramo de tubería a reubicar [Elaboración propia, 2023] ..... | 75  |
| Figura 3.13 Trazado de nuevo tramo de red [Elaboración propia, 2023].....  | 76  |
| Figura 4.1 Mapa de clima parroquia El Reventador [SINAGRO MAGAP, 2015].....  | 85  |
| Figura 4.2 Peligros volcánicos en el área del proyecto [SINAGRO MAGAP, 2015]...                                    | 88  |
| Figura 4.3 Mapa de suelos [SINAGRO-MAGA, 2015] .....   | 89  |
| Figura 4.4 Mapa de ecosistemas frágiles [SINAGRO-MAGA, 2015] .....   | 90  |
| Figura 4.5 Mapa de ecosistemas [SINAGRO-MAGA, 2015].....   | 91  |
| Figura 4.6 Mapa de uso y cobertura vegetal [SINAGRO-MAGA, 2015].....   | 91  |
| Figura 5.1 EDT para Análisis de precios unitarios [Elaboración propia, 2023] .....                                 | 103 |
| Figura 5.2 Formato para APUS [Elaboración propia, 2023] .....  | 106 |
| Figura 7.1 Cronograma de obra [Elaboración propia, 2023] .....   | 132 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 Vida útil para los elementos de un sistema de agua potable [INEN, 1992]                             | 23 |
| Tabla 2.2 Niveles de servicio [INEN, 1992].....   | 24 |
| Tabla 2.3 Caudales de diseño para los elementos de AAPP [INEN, 1992] .....                                    | 27 |
| Tabla 2.4 Propiedades de las principales tuberías del sistema [Plastigama,2023]....                           | 27 |
| Tabla 2.5 Métrica de Evaluación de acuerdo con la matriz de Likert [Likert, 1903] ...                         | 41 |
| Tabla 2.6 Evaluación de alternativas [Elaboración propia,2023].....   | 44 |
| Tabla 3.1 Número de viviendas y población [CELEC,2013] .....  | 47 |
| Tabla 3.2 Datos poblacionales [INEC, 2013] .....  | 47 |
| Tabla 3.3 Proyección poblacional [Elaboración propia,2023] .....  | 48 |
| Tabla 3.4 Dotaciones recomendadas [INEN. 1992] .....  | 49 |
| Tabla 3.5 Porcentaje de fugas a considerarse en sistemas de AAPP [INEN,1992]...                               | 50 |
| Tabla 3.6 Caudales Recinto La Libertad [Elaboración propia, 2023] .....                                       | 51 |
| Tabla 3.7 Caudales recinto El Reventador [Elaboración propia, 2023].....                                      | 52 |
| Tabla 3.8 Caudales recinto San Francisco [Elaboración propia, 2023].....                                      | 53 |
| Tabla 3.9 Caudales para todo el sistema [Elaboración propia, 2023].....                                       | 54 |
| Tabla 3.10 Tabla de valores de diseño [Elaboración propia, 2023] .....  | 55 |
| Tabla 3.11 Datos para el diseño [Elaboración propia, 2023] .....  | 56 |
| Tabla 3.12 Características placa perforada [Elaboración propia, 2023].....                                    | 57 |
| Tabla 3.13 Valores de diseño de la placa perforada [Elaboración propia, 2023] .....                           | 58 |
| Tabla 3.14 Valores de diseño del canal recolector [Elaboración propia, 2023].....                             | 60 |
| Tabla 3.15 Perfil del aliviadero [Elaboración propia, 2023] .....   | 62 |
| Tabla 3.16 Valores de diseño del pozo amortiguador [Elaboración propia, 2023] .....                           | 65 |
| Tabla 3.17 Valores de diseño de cámara de recolección [Elaboración propia, 2023]                              | 67 |
| Tabla 3.18 Valores de diseño de vertedero de excesos [Elaboración propia, 2023]..                             | 69 |
| Tabla 3.19 Volúmenes de diseño para los tanques [Elaboración propia, 2023] .....                              | 69 |
| Tabla 3.20 Capacidad de diseño para los tanques de reserva por recinto [Elaboración propia, 2023].....        | 70 |
| Tabla 3.21 Capacidad de almacenamiento de los tanques de reserva por recinto [Elaboración propia, 2023] ..... | 70 |
| Tabla 3.22 Presiones máximas de tuberías según el diámetro [Plastigama, 2023]...                              | 72 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 3.23 Nodos con sobrepresiones [Elaboración propia, 2023].....  | 73  |
| Tabla 3.24 Iteraciones para el cálculo de diámetro [Elaboración propia, 2023] .....  | 78  |
| Tabla 3.25 Características de la tubería de diseño [Plastigama, 2023] .....  | 79  |
| Tabla 3.26 Diámetro comercial seleccionado [Plastigama, 2023].....   | 80  |
| Tabla 3.27 Pérdida de fricción [Elaboración propia, 2023].....   | 80  |
| Tabla 4.1 Características de los tipos de clima [GAD El Reventador, 2015] .....  | 86  |
| Tabla 4.2 Tipo de climas parroquia El reventador [GAD El Reventador, 2015] .....   | 86  |
| Tabla 4.3 Actividades que pueden generar afectaciones ambientales [Elaboración propia, 2023].....                                  | 92  |
| Tabla 4.4 Continuación tabla 4.3 Tabla 4.3 Actividades que pueden generar afectaciones ambientales [Elaboración propia, 2023]..... | 93  |
| Tabla 4.5 Factores ambientales a considerar para EIA [Elaboración propia, 2023] ..   | 95  |
| Tabla 4.6 Matriz de intensidad EIA [Elaboración propia, 2023] .....  | 97  |
| Tabla 4.7 Matriz de extensión EIA [Elaboración propia, 2023] .....   | 98  |
| Tabla 4.8 Matriz de duración EIA [Elaboración propia, 2023] .....  | 99  |
| Tabla 4.9 Matriz de signo EIA [Elaboración propia, 2023] .....   | 100 |
| Tabla 4.10 Matriz de magnitudes EIA [Elaboración propia, 2023] .....   | 101 |
| Tabla 4.11 Propuestas de mitigación para los principales impactos ambientales [Elaboración propia, 2023] .....                     | 102 |
| Tabla 5.1 Resumen de precios por etapa del proyecto [Elaboración propia, 2023].  | 107 |
| Tabla 5.2 Presupuesto referencial [Elaboración propia] .....   | 108 |
| Tabla 7.1 características de las tuberías PVC [Plastigama, 2023].....  | 117 |
| Tabla 7.2 APU limpieza manual [Elaboración propia, 2023] .....   | 120 |
| Tabla 7.3 APU Trazado y replanteo [Elaboración propia, 2023] .....   | 121 |
| Tabla 7.4 APU Campamento provisional [Elaboración propia, 2023] .....  | 122 |
| Tabla 7.5 APU Señalética [Elaboración propia, 2023] .....  | 123 |
| Tabla 7.6 APU Retiro de tuberías [Elaboración propia, 2023] .....  | 124 |
| Tabla 7.7 APU Excavación manual [Elaboración propia, 2023].....  | 125 |
| Tabla 7.8 APU Relleno compactado [Elaboración propia, 2023] .....  | 126 |
| Tabla 7.9 APU Hormigón Ciclópeo [Elaboración propia, 2023] .....   | 127 |
| Tabla 7.10 APU Hormigón 210 kg/cm <sup>2</sup> [Elaboración propia, 2023] .....  | 128 |
| Tabla 7.11 APU Excavación a mano [Elaboración propia, 2023].....   | 129 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 7.12 APU Cama de arena [Elaboración propia, 2023] .....                              | 130 |
| Tabla 7.13 Suministro e instalación tubería PVC 140 mm [Elaboración propia, 2023]<br>..... | 131 |

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1. Implantación de red de agua potable La Libertad
- PLANO 2. Implantación de red de agua potable El reventador
- PLANO 3. Implantación de red de agua potable San Francisco
- PLANO 4. Curvas de nivel de la zona de estudio
- PLANO 5. Mejoras en la captación

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Sucumbíos es una de las provincias del Ecuador con mayor cantidad de habitantes sin acceso al agua potable por medio de la red pública, solo cerca del 40% se abastece de un sistema de agua potable, mientras que un 38% de los habitantes han optado por un abastecimiento artesanal, el cual no garantiza la calidad del agua para consumo humano (El Universo, 2013). La Organización de las Naciones Unidas catalogó al agua potable como un derecho humano indispensable para la vida de las personas. La potabilización y saneamiento del agua propician bienestar en la salud y la dignidad de las personas, su acceso es importante (ONU, 2010).

A través de los años, en Ecuador se ha mostrado un mayor interés por cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) planteados por la Asamblea General de la ONU. Por ello, en 2015 el Gobierno se comprometió a cumplir con la agenda que plantea, entre otros objetivos, los ligados al abastecimiento de agua limpia y saneamiento, así como a la producción y consumo responsable (Fernández et al., 2018).

De la cantidad total de agua en el mundo, un 94% pertenece a agua salada y el 6% restante corresponde a agua dulce. De esta última, se sabe que un 72% corresponde a agua subterránea, mientras que un 27% corresponde a agua congelada. Es decir, únicamente cerca del 1% del agua dulce se puede encontrar en fuentes superficiales como ríos o lagos. El balance de agua se mantiene debido al ciclo renovable del agua. Sin embargo, su disponibilidad se ve afectada según variables geográficas, sociales y económicas (Tolba, 1992).

Para realizar un diseño eficiente de una red de conducción, se debe considerar principalmente la topografía del terreno, así como las distancias entre los diversos componentes del sistema, es decir, captación, PTAP, y tanques reservorios, la lejanía entre ellos afecta directamente los costos de construcción, así mismo, se pueden producir mayores pérdidas de presión, lo cual afecta el nivel de servicio de los usuarios. De este modo, se evalúa principalmente su impacto ambiental. Además, para realizar un trazado de red de manera correcta, se debe analizar ciertos factores como la planimetría,

estimaciones de población y demandas, así como las afectaciones ambientales (Chancusig & Cañar, 2018).

Para el diseño de un sistema de captación, se debe tener en cuenta factores como, datos hidrológicos, análisis de calidad de agua y mecánica del suelo, también se debe considerar los diferentes modelos de abastecimiento de agua, desde el más simple hasta el más completo. De esta forma, se asegura una implantación confiable que permita proporcionar un servicio adecuado (Cabrera et al., 1995).

El presente proyecto plantea identificar las principales patologías que afectan el correcto funcionamiento del sistema de agua potable que abastece a los recintos de La Libertad, El Reventador y San Francisco de la parroquia El Reventador, en la provincia de Sucumbíos. Se analizan los diversos componentes del sistema, desde la captación, cajas de inspección, accesorios y línea de conducción, con el fin de proponer las mejoras pertinentes para que el sistema cumpla con los niveles de servicio y presiones que indican las normativas vigentes del país.

## **1.1 Antecedentes**

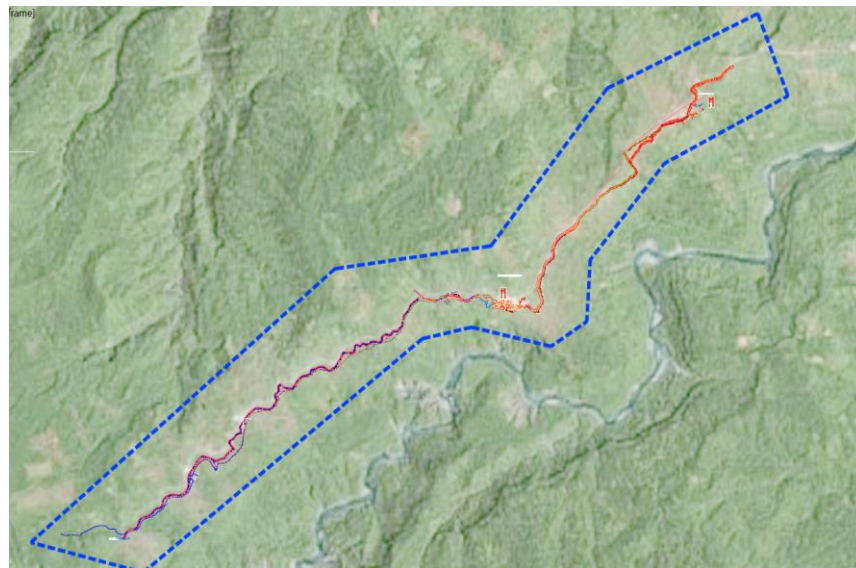
El cantón Gonzalo Pizarro pertenece a la provincia de Sucumbíos y está localizado en el Oriente ecuatoriano. La mayor parte de la población que habita en sus parroquias y recintos tienen los servicios de agua potable y alcantarillado pluvial y sanitario. El GAD municipal del cantón Gonzalo Pizarro es el encargado de la infraestructura del sistema de agua potable de la parroquia El Reventador, que también abastece a las poblaciones de los recintos San Francisco y La Libertad. La institución se ha visto en la necesidad de mejorar el sistema, dado que, presenta falencias que no permiten su correcto funcionamiento. Los usuarios han optado por realizar adecuaciones artesanales para que funcione parcialmente, como por ejemplo la colocación de mangueras de polietileno de 4" y de 3", ubicadas 40 metros aguas arriba desde la captación.

El sistema debe abastecer a una población aproximada de 2650 habitantes, la parroquia El Reventador cuenta con una tasa de crecimiento anual de 3,26%. El abastecimiento consiste en la captación de agua desde el río Azuela a una cota de 1772 m.s.n.m, lo

integran accesorios, cajas de revisiones, tanques de almacenamiento y cajas rompe presiones.

Las deficiencias en los diversos componentes del sistema han provocado que la población usuaria sufra de constantes cortes del servicio, actualmente, el agua captada con las adecuaciones artesanales solo suministra al recinto más cercano de La Libertad, y no se realiza ningún tipo de tratamiento.

Para el desarrollo del presente proyecto, el GAD municipal proporcionó estudios de catastro, puntos topográficos, plano base de implantación de la red para verificación del material y diámetros de tuberías, así mismo se tiene un reporte de las falencias a las que la captación esta sometida. Adicionalmente, se cuenta con la estimación de la población de los recintos que son abastecidos por medio del sistema de agua potable a evaluar.



**Figura 1.1 Esquema del sistema de agua potable [GAD Gonzalo Pizarro,2022]**

## **1.2 Presentación general del problema**

El sistema de agua potable de la parroquia El Reventador actualmente no se encuentra en completo funcionamiento, ya que, no produce los caudales de agua para los que fue diseñado. Esto se debe a que posee ciertas patologías que no permiten su correcto desempeño. Existen patologías en la captación, planta potabilizadora y línea de conducción.

La captación no actúa de acuerdo con lo planificado y diseñado, se requiere realizar mejoras en el ingreso de agua al desarenador, ya que, la rejilla de ingreso se tapa. Por ello, los usuarios han optado por colocar mangueras de polietileno 40 metros aguas arriba hasta el desarenador. Estas tuberías se encuentran sostenidas únicamente con piedras del lecho de río. A esto se suman otras falencias a lo largo de red, por ejemplo, la planta de tratamiento no funciona como es debido, ya que, no realiza el retrolavado en los filtros lentos, la causa es la función a bombeo, cuya fuente de energía eléctrica no se encuentra regularizada. De la misma forma, ciertos tramos de la red de tuberías se encuentran dañados por deslizamientos de tierra, así como por presiones elevadas.

El sistema no cumple con los niveles de servicio de la normativa vigente. Por tanto, no se está cumpliendo con el objetivo de desarrollo sostenible de garantizar la disponibilidad de agua potable para la población. La red de conducción de agua potable existente se constituye de un sistema de agua entubada deteriorada.

Encuestas de servicio realizadas por el GAD del cantón Gonzalo Pizarro (2022) señalan otras falencias:

- Actualmente, el agua transportada por la línea de conducción no pasa por ningún tipo de tratamiento. Por ello, en épocas de lluvia el nivel de turbidez aumenta y el agua sin tratar se presenta como una problemática en el bienestar de los usuarios.
- Presiones elevadas en la línea de aducción y conducción producen la rotura de las tuberías y accesorios, lo que hace que el caudal final sea insuficiente y con mal nivel de servicio.





**Figura 1.2 Estructura de captación actual [GAD Gonzalo Pizarro,2022]**



**Figura 1.3 Colapso de la rejilla de ingreso de la captación [GAD Gonzalo Pizarro,2022]**



### **1.3 Justificación**

Este proyecto busca potenciar la captación de agua del sistema existente, con el fin de obtener los caudales y presiones necesarios para garantizar una óptima dotación del recurso hídrico. De esta manera, los usuarios dejarán de abastecerse de fuentes cuya calidad no está garantizada para el consumo.

Modelar y analizar la red de conducción permitirá determinar las causas que contribuyen a los múltiples cortes del servicio, de esta forma, las mejoras contribuirán a mantener la continuidad de la cobertura de agua potable. Además, los diseños y estimaciones de demanda y población de esta memoria técnica permitirán cuantificar el volumen de agua que se estaría distribuyendo a los 3 recintos, permitiéndole al GAD desarrollar las respectivas gestiones para determinar las tasas por consumo.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar las patologías que afectan el funcionamiento del sistema existente de agua potable de la parroquia El Reventador, mediante análisis de datos y simulaciones hidráulicas, se desarrollan las mejoras de diseño que garanticen el abastecimiento del recurso hídrico.

#### **Preguntas de diseño:**

¿Cuáles son los factores que afectan el funcionamiento del sistema de agua potable del cantón?

¿Cuál es el enfoque de diseño que se empleará para proponer una solución óptima que permita obtener beneficios ligados a los objetivos de desarrollo sostenible?

¿Cuáles aspectos ambientales se deben tener en cuenta para el diseño y ejecución del proyecto?

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar que patologías a nivel hidráulico causan el mal funcionamiento del sistema de agua potable, mediante inspección técnica y modelamiento de la red focalizando los componentes del sistema que requieren mejoras.
- Proponer mejoras en la captación y conducción del sistema actual de agua potable, mediante análisis y diseños ingenieriles asegurando el cumplimiento de los objetivos ODS 6 y 11 que propician el abastecimiento de agua potable segura para todos.
- Realizar una evaluación de impacto ambiental de las soluciones propuestas, para evaluar la posible afectación de los aspectos ambientales sobre los recursos ecosistémicos de la zona.

# CAPÍTULO 2

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Revisión de literatura

#### 2.1.1 Captación

Es la estructura construida o implantada junto a un recurso hídrico, usualmente aguas superficiales de ríos, lagos o manantiales. Se emplea para la captación de agua cruda, y permite abastecer del caudal necesario a un sistema de agua potable (Martínez Andres, 2015).



**Figura 2.1 Estructura de captación [GAD Gonzalo Pizarro, 2022]**

#### 2.1.2 Desarenador

Un desarenador es una obra hidráulica que sirve para separar el material sólido, especialmente arenas, que traen las aguas superficiales durante la captación de agua cruda, su objetivo principal es evitar que estos sedimentos ingresen a las tuberías de aducción y conducción (Gutierrez Cevallos & Naranjo Yoza, 2014).

#### 2.1.3 Conducción

Es la parte del sistema que transporta el agua en sus diferentes componentes ya sea por bombeo o gravedad (SIAPA, 2014). La red de conducción del sistema de agua potable

del cantón El Reventador se compone principalmente de tuberías PVC, accesorios, cámaras de revisión, válvulas y tiene una longitud aproximada de 14 km.

#### 2.1.4 Periodo de Diseño

El periodo de diseño se define como el tiempo de vida de una obra o estructura en la que esta puede funcionar sin tener que realizarle ampliaciones (INEN, 1992).

En la tabla siguiente del CPE INEN 5 PARTE 9-1 se muestran los periodos de diseños sugeridos para los diversos componentes de un sistema de agua potable.

**Tabla 2.1 Vida útil para los elementos de un sistema de agua potable [INEN, 1992]**

| <b>Componente</b>   | <b>Vida útil (años)</b> |
|---|-------------------------|
| Captación   | 25 a 50                 |
| Pozos   | 10 a 25                 |
| Conducciones con tuberías de hierro dúctil                        | 40 a 50                 |
| Conducciones con tuberías de asbesto cemento o PVC                | 20 a 30                 |
| Planta de tratamiento   | 30 a 40                 |
| Tanques reservorios   | 30 a 40                 |
| Otros materiales (Depende de las especificaciones del fabricante) | Variable                |

#### 2.1.5 Niveles de servicio

La normativa CPE INEN 5 Parte 9-1 presenta los siguientes niveles de servicio para un sistema de agua potable.

**Tabla 2.2 Niveles de servicio [INEN, 1992]**

| <b>Nivel</b>                              | <b>Sistema</b> | <b>Descripción</b>   |
|---|----------------|--|
| 0   | AP             | Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo con las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario. |
| Ia  | AP             | Grifos públicos.   |
| Ib  | AP             | Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.   |
| Ila                                       | AP             | Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa  |
| IIb                                       | AP             | Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.  |
| Simbología utilizada:<br>AP: agua potable |                |  |

Para el sistema de agua potable del presente proyecto, le corresponde un nivel de servicio IIb.

### **2.1.6 Población de diseño**

Población de diseño es el número de usuarios que se beneficiarán de un servicio en el periodo de vida útil de una obra. El número de usuarios es una variable importante dentro del diseño de un sistema de agua potable, ya que permite cuantificar las demandas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, existen varias metodologías para estimar la población de diseño, usualmente se cuenta con datos iniciales tomados en los censos poblacionales realizados por el INEC (Gutierrez Cevallos & Naranjo Yoza, 2014).

### 2.1.7 Tasa de crecimiento de la población

Es un factor que se calcula mediante datos poblacionales usualmente basados en censos realizados por entidades públicas, también suelen realizarse conteos de viviendas que luego permitirán cuantificar la población inicial de diseño (INEN, 1992)

### 2.1.8 Estimación de la población futura

Para la estimación de la población futura la normativa INEN, recomienda emplear el método geométrico para las proyecciones de crecimiento. En este método, el crecimiento poblacional tiene un comportamiento lineal y se utilizan las siguientes ecuaciones para su cálculo.

$$P_f = P_u(1 + r)^{(T_f - T_u)} \quad (2.1)$$

$$r = \left(\frac{P_u}{P_i}\right)^{\frac{1}{T_u - T_i}} - 1 \quad (2.2)$$

Donde:

$P_f$  = Población correspondiente al año de proyección

$P_u$  = Población del último año censado

$P_i$  = Población del censo inicial con información

$T_f$  = año de proyección

$T_u$  = año del último censo

$T_i$  = año del censo inicial con información

$r$  = tasa de crecimiento anual

### 2.1.9 Caudal de diseño

Las poblaciones y dotaciones de diseño corresponden a las estimadas al final del periodo de diseño (INEN, 1992).

### 2.1.10 Caudal Medio

El caudal medio anual diario se calcula mediante la ecuación siguiente.

$$Q_m = \frac{P * D * f}{86400} \quad (2.3)$$

Donde:

$P$  = Población al final del período de diseño

$D$  = Dotación futura  $\left(\frac{L}{\text{hab.día}}\right)$

$f$  = factor de fugas

$Q_m$  = Caudal medio  $\left(\frac{L}{s}\right)$

### 2.1.11 Caudal máximo diario

El máximo consumo diario se calcula mediante la ecuación siguiente.

$$Q_{MD} = K_{MD} * Q_m \quad (2.4)$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal máximo diario  $\left(\frac{l}{s}\right)$

$K_{MD}$  = Factor de mayor. máx. diario (1.25 para todos los niveles de serv.)

### 2.1.12 Caudal Máximo horario.

Se calcula mediante:

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m \quad (2.5)$$

Donde  $K_{MD}$  tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio en el sector rural (INEN, 1992).

También se tiene que considerar los caudales para los elementos de diseño, según la tabla siguiente.

**Tabla 2.3 Caudales de diseño para los elementos de AAPP [INEN, 1992]**

| <b>Elemento</b>                   | <b>Caudal</b>            |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Captación de aguas superficiales  | Máximo diario + 20%      |
| Captación de aguas subterráneas   | Máximo diario + 5%       |
| Conducción de aguas superficiales | Máximo diario + 10%      |
| Conducción de aguas subterráneas  | Máximo diario + 5%       |
| Red de distribución               | Máximo diario + incendio |
| Planta de tratamiento             | Máximo diario + 10%      |

### 2.1.13 Tuberías

Las tuberías son las encargadas de transportar el agua a través de los distintos componentes de un sistema de agua potable, tales como el transporte desde la planta potabilizadora hacia los usuarios finales en la conducción y distribución. El material más utilizado para el transporte y distribución del agua potable es el PVC (López, 2000).

**Tabla 2.4 Propiedades de las principales tuberías del sistema [Plastigama,2023]**

| <b>Diámetro Nominal (mm)</b> | <b>Diámetro Interior (mm)</b> | <b>Espesor Nominal (mm)</b> | <b>Presión de Trabajo MPa</b> |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 90                           | 86.4                          | 1.8                         | 0.50                          |
| 90                           | 85.4                          | 2.3                         | 0.63                          |
| 90                           | 84.2                          | 2.9                         | 0.80                          |
| 90                           | 82.8                          | 3.6                         | 1.00                          |
| 90                           | 81.2                          | 4.4                         | 1.25                          |
| 110                          | 105.6                         | 2.2                         | 0.50                          |
| 110                          | 104.6                         | 2.7                         | 0.63                          |
| 110                          | 103.2                         | 3.4                         | 0.80                          |



## **2.2 Área de estudio**

Para el desarrollo de este proyecto, se abordarán conceptos hidráulicos y de sistemas para la recolección y tratamiento de agua, dado que, se debe realizar la evaluación del sistema existente de agua potable de tal manera, que se puedan identificar los problemas y las necesidades de la población.

Mediante análisis de datos y simulaciones hidráulicas se busca garantizar la calidad del abastecimiento del recurso hídrico, las propuestas de mejora estarán plenamente relacionadas al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, especialmente del objetivo 6 Agua y saneamiento que propicia garantizar el acceso al agua potable en sectores rurales, y el objetivo 11 el cual tiene como meta asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados.

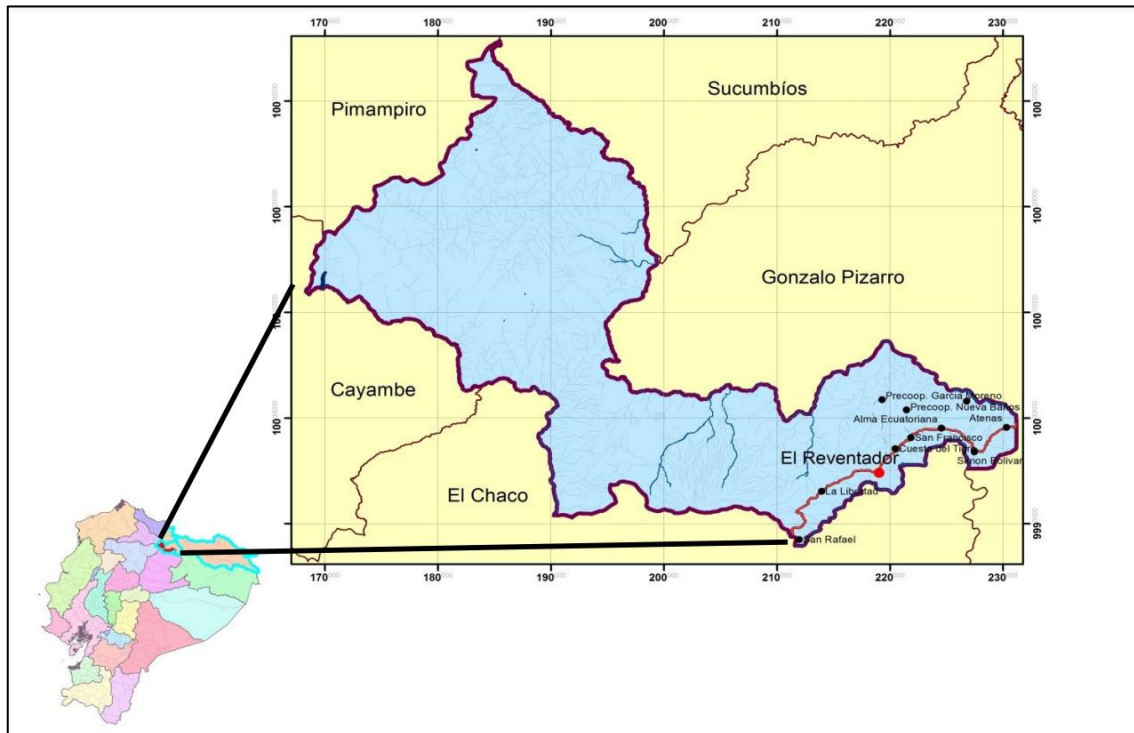
Se analizan estructuras de captación, tratamiento y conducción de agua potable, por tanto, será necesario realizar visitas de campo, revisión de topografía, así como, el análisis de los diversos parámetros de diseño para el sistema de tuberías.

### **2.2.1 Localización**

La Parroquia El Reventador se encuentra ubicada en el cantón Gonzalo Pizarro, Provincia de Sucumbíos, limita al norte con la parroquia Lumbaqui del mismo cantón, en el sur limita con la provincia del Napo. Geográficamente la captación del sistema de agua potable de la parroquia se encuentra localizada en las coordenadas:

Coordenadas este: 210561.344

Coordenadas norte: 9991082.665



**Figura 2.2 Localización del área de estudio [MAGAP, 2015]**

Los recintos beneficiados para la propuesta de mejora son La Libertad, El Reventador y San Francisco.

### **2.2.1.1 La Libertad**

Este recinto tiene una extensión aproximada de 2,4 hectáreas, posee una población estimada de 150 habitantes y es poblado en el que se encuentra la planta potabilizadora del sistema de agua potable a analizar.



**Figura 2.3 Ingreso al Recinto La Libertad [GAD Gonzalo Pizarro,2022]**

### **2.2.1.2 El Reventador**

Posee una extensión aproximada de 17 hectáreas, y tiene una población aproximada de 850 personas.



**Figura 2.4 Caso urbano del recinto El Reventador [GAD Gonzalo Pizarro,2022]**

### **2.2.1.3 San Francisco**

Posee una extensión aproximada de 9 hectáreas, y tiene una población aproximada de 200 personas.



**Figura 2.5 Viviendas dispersas del recinto San Francisco [GAD Gonzalo Pizarro,2022]**

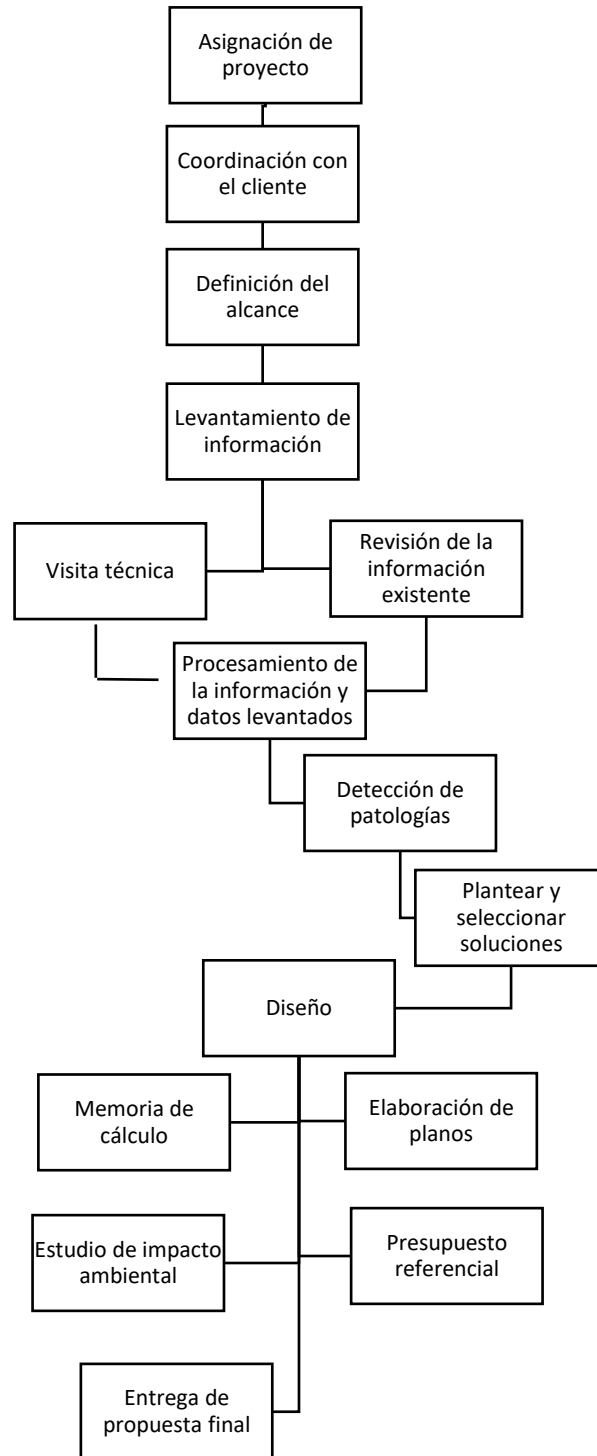
### **2.2.2 Metodología de trabajo**

La metodología que se empleará para este proyecto se basa en etapas diferenciadas que a su vez se encuentran ligadas entre sí, con el uso de fuentes primarias como lo son la recopilación de la información existente proporcionada por el cliente, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Gonzalo Pizarro, y la revisión técnica de los datos levantados en campo. Además de la revisión de las fuentes de información secundaria en bibliografía y artículos científicos.

Para el análisis y simulación hidráulica, se empleará el programa de libre uso, EPANET, este es un software utilizado para modelar sistemas de distribución de agua, desarrollado como una herramienta para comprender el comportamiento de los componentes del agua potable dentro de los sistemas de distribución y conducción.

En general la metodología es cuantitativa, a través de una investigación exploratoria de las patologías del sistema de agua potable, para correlacionar los datos de diseño con mejoras a ser propuestas para lograr la operatividad del sistema, considerando variables normativas, de cálculo (diseño), económicas (presupuesto), ambientales y sociales.

A continuación, se presenta el esquema de la metodología que se empleará para lograr los objetivos planteados.



**Figura 2.6 Metodología aplicada en el proyecto [Elaboración propia, 2023]**

La metodología tiene etapas bien diferenciadas en las que se identifica una primera fase de recopilación de información, esto a través del contacto con el cliente y de la revisión de la información proporcionada, así como, la recopilación de datos en campo.

Una vez procesados los datos, se contará con la información suficiente para identificar y analizar las patologías que evitan el correcto desempeño del sistema, posteriormente se plantearán alternativas de diseño y se analiza cada una de ellas con el fin de seleccionar la más idónea.

El tiempo total de elaboración de este proyecto es de 5 meses desde el contacto con el cliente, hasta su conclusión en la que se entregan las propuestas de mejora.

## **2.3 Trabajo de campo**

### **2.3.1 Caudales**

La captación para abastecer de agua al sistema se realiza desde el brazo izquierdo del río Azuela a 1774 m.s.n.m. De acuerdo con el aforo realizado el 13 de noviembre del 2013 por la Corporación Eléctrica del Ecuador (CENEL EP), empresa adjudicada para la construcción de este proyecto, esta fuente de agua cuenta con un caudal de 95.2 l/s. Este aforo se realizó durante la temporada con presencia de lluvia leve, por lo tanto, es un valor de caudal conservador.

Durante una visita técnica realizada en noviembre del 2022, se realizó el aforo del caudal que llega a la planta potabilizadora en el recinto La Libertad, el cual es de 7 l/s. Es necesario indicar que este caudal medido proviene de la captación provisional con mangueras de polietileno colocadas 40 metros aguas arriba de la estructura de captación.



**Figura 2.7 Visita a la PTAP del sistema de agua potable [Elaboración propia, 2022]**

### **2.3.2 Calidad del agua**

La CENEL EP realizó 3 aforos de río azuela para determinar la calidad del agua, teniendo los siguientes resultados:

- Aforo 13-09-2013 / Brazo derecho del río: Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos son idóneos para tratar agua para consumo humano. Se midió una turbiedad de 1.53 UNT, presencia de coliformes fecales de 210 NMP/100 ml.
- Aforo 13-10-2013 / Brazo derecho del río (lluvia fuerte): Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos son idóneos para tratar agua para consumo humano. Se midió una turbiedad de 2.09 UNT, presencia de hierro coloidal de 0.51 mg/l y hierro soluble de 0.14 mg/l
- Aforo 13-11-2013 / Brazo izquierdo del río: Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos son idóneos para tratar agua para consumo humano. Se midió una

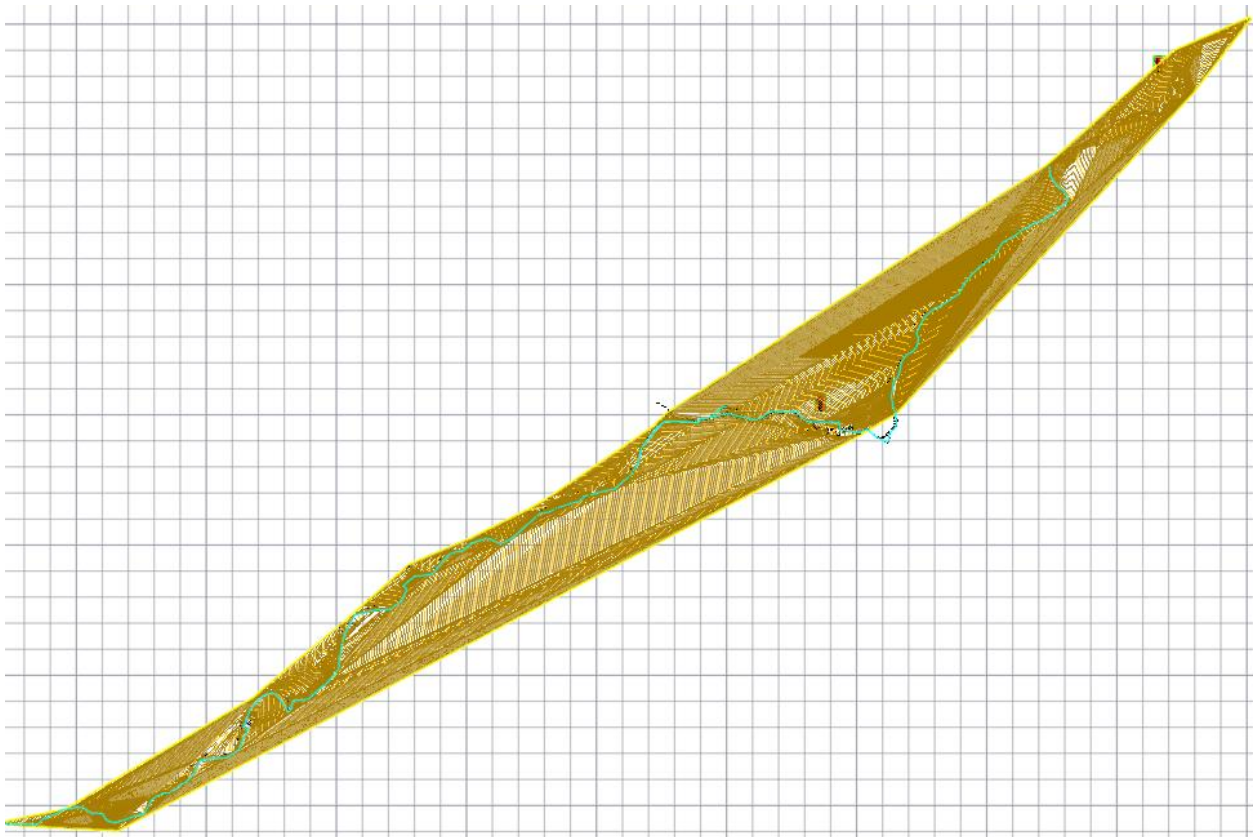


turbiedad de 0.17 UNT, presencia de hierro coloidal de 0.02 mg/l y hierro soluble de 0.02 mg/l, presencia de coliformes fecales de 210 NMP/100 ml.

### 2.3.3 Topografía

El GAD Municipal del cantón Gonzalo Pizarro proporcionó planos de implantación de los diversos componentes del sistema, así como un archivo que contiene coordenadas UTM-WGS84 ZONA18S, este levantamiento topográfico lo efectuó la compañía a cargo del proyecto y tuvo como puntos de referencia ciertos hitos de control topográficos ubicados en la hidroeléctrica COCASINCLAIR.

A partir de los puntos topográficos y del plano de implantación, se trataron los datos para realizar una superficie con la ayuda del programa CIVIL 3D, la cual permitirá obtener datos de elevación de manera eficiente.



**Figura 2.8 Creación de superficie para tratamiento de datos [Elaboración propia,2023]**



### **2.3.4 Mecánica del suelo**

Para conocer las propiedades geotécnicas de los sitios donde se ubican los diversos componentes del sistema, la CENEL realizó perforaciones en la planta potabilizadora (La Libertad) y en los lugares de construcción de los tanques de reserva (El Reventador y San Francisco). De los respectivos ensayos de laboratorio de estudios de suelo, se determinó que el suelo en los 3 sitios perforados posee una capacidad portante de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

La memoria técnica de la CENEL también señala que al ingreso del centro poblado de El Reventador existen susceptibilidades altas de erosión del suelo. El área del proyecto se encuentra en una zona de sismos crítica, también afectada por la actividad volcánica del Reventador, uno de los volcanes más activos del país. El tipo de suelo predominante en la zona son los originados de cenizas volcánicas que llegan a cubrir rocas metamórficas y sedimentarias.

## **2.4 Análisis de datos**

### **2.4.1 Diagnóstico del sistema existente**

Durante una primera visita técnica efectuada en noviembre del 2022, se pudo notar los siguientes estados de los componentes del sistema de agua potable:

#### **2.4.1.1 Captación**

La captación se realiza desde el río Azuela, ubicada a 1770 m.s.n.m, no está funcionando debido a las obstrucciones que se producen por el material volcánico que arrastra el río, por tanto, el caudal de captación es menor al requerido.

La rejilla lateral no es funcional y requiere de múltiples mantenimientos para limpieza. Debido a las obstrucciones, se improvisó una semi captación 40 metros aguas arriba de la captación, con una tubería de 110 mm que conduce el agua al desarenador. Estas tuberías de captación colocadas son de polietileno.

| Embalse CAPTACION    |               |
|----------------------|---------------|
| Propiedad            | Valor         |
| ID Embalse           | CAPTACION     |
| Coordenada-X         | 210561.45     |
| Coordenada-Y         | 9991082.77    |
| Descripción          |               |
| Etiqueta             |               |
| *Altura Total        | 1773.56101    |
| Patrón de Altura     |               |
| Calidad Inicial      |               |
| Fuente de Calidad    |               |
| Caudal Neto Entrante | No Disponible |
| Cota                 | No Disponible |
| Presión              | No Disponible |
| Calidad              | No Disponible |

**Figura 2.9 Propiedades ingresadas en EPANET para la simulación de la captación**  
**[Elaboración propia, 2023]**



**Figura 2.10 Mangueras improvisadas para la captación de agua** [GAD Gonzalo Pizarro,2022]



**Figura 2.11 Problemas con sedimentos acarreados** [GAD Gonzalo Pizarro,2022]

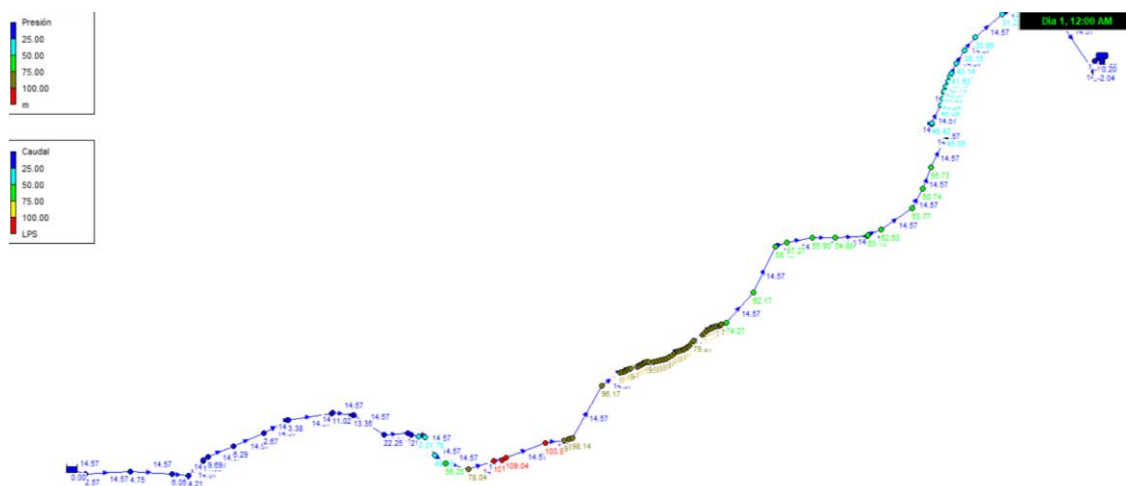
#### 2.4.1.2 PTAP

Actualmente, el agua que viene de la captación improvisada pasa directo al tanque de reservorio sin ningún tipo de tratamiento, los filtros de la PTAP actual no tienen habilitado el retrolavado, tampoco se incluye la cloración del agua debido a que estos trabajaban por bombeo y el medidor de energía no se encuentra regularizado.



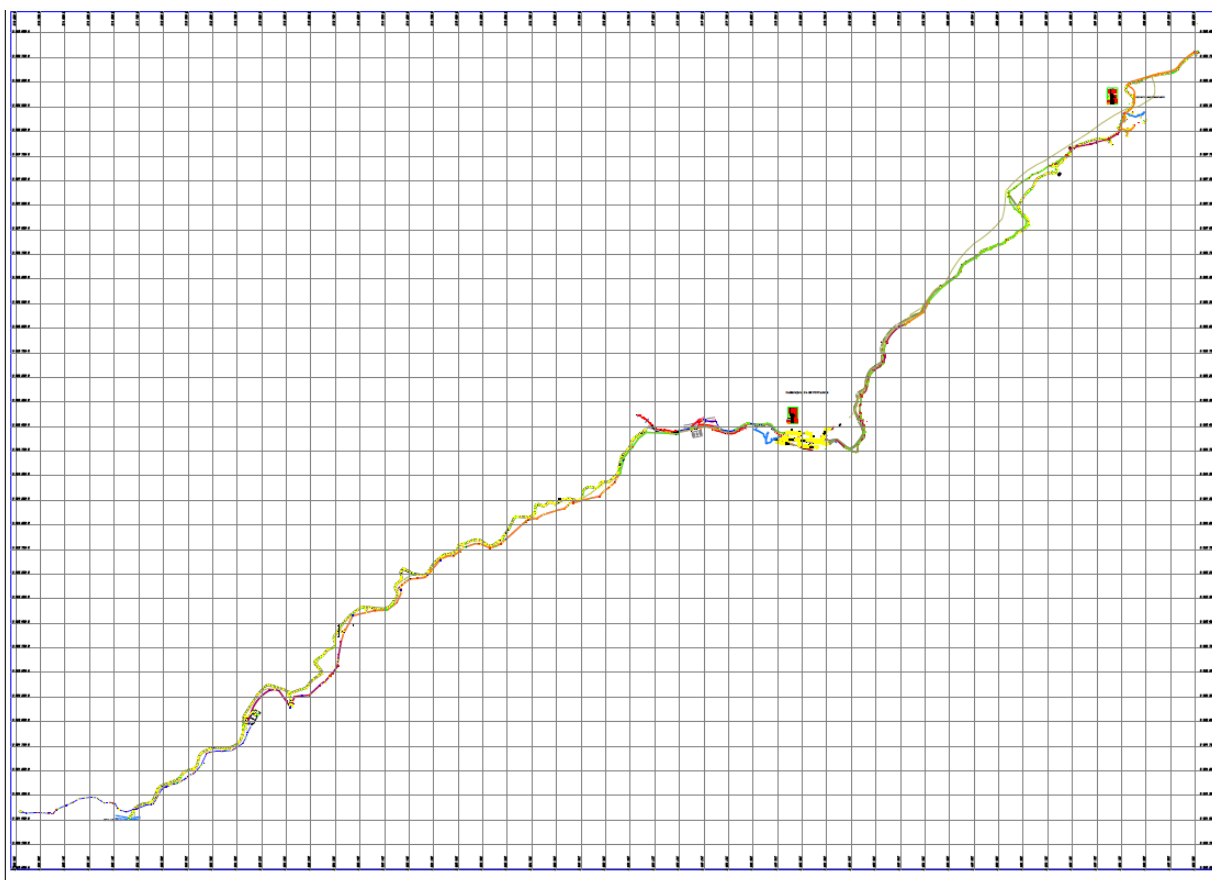


**Figura 2.13 Separador de caudales [Elaboración propia, 2023]**



**Figura 2.14 Simulación hidráulica de la línea de aducción [Elaboración propia, 2023]**

Por medio de un análisis previo, se puede identificar que existen sectores con presiones superiores a las recomendadas, se identifican presiones superiores a los 100 metros de columna de agua. A esta problemática, se suma a la reportada por nuestro cliente la cual detalla que en la línea de conducción han existido derrumbes que han producido múltiples roturas de tubería, debido a la irregular topografía de la zona.



**Figura 2.15 Plano de implantación del sistema de agua potable [GAD Gonzalo Pizarro,2022]**

## **2.5 Análisis de alternativas**

### **2.5.1 Alternativas consideradas**

Se considerará 3 alternativas, mismas que serán evaluadas para lograr el objetivo del proyecto.

#### **2.5.1.1 Alternativa 1: Realizar el estudio y diseño de un nuevo sistema de captación y adecuaciones en la PTAP para el sistema de agua potable.**

Se considera el diseño de una nueva estructura para la captación de agua desde el brazo izquierdo del río Azuela, 200 metros aguas arriba de la captación actual. En la planta potabilizadora se pretende adecuar un nuevo sistema de retrolavado a gravedad.

### **2.5.1.2 Alternativa 2: Repotenciar la captación y PTAP actual, además de rediseñar ciertos tramos de la línea de conducción.**

Mediante estudios y diseños hidráulicos, se plantea potenciar la estructura de captación actual, adecuándola de tal forma que se logre captar el caudal requerido para el correcto funcionamiento del sistema, de la misma forma, se plantea realizar el trazado y rediseño de ciertos tramos de la línea de conducción para prevenir y solucionar los problemas de rotura por las presiones altas y deslizamientos de tierra.

### **2.5.1.3 Alternativa 3: Rehabilitar las estructuras de captación y PTAP que poseen los recintos El Reventador y San Francisco**

Esta alternativa busca rehabilitar las captaciones y plantas potabilizadoras que tenían los recintos El Reventador y San Francisco antes del nuevo sistema, esto mediante adecuaciones que permitan nuevamente su uso a gran escala.

## **2.5.2 Estrategia de medición**

Toda alternativa será evaluada con la matriz de Likert que se detalla en la tabla siguiente.

**Tabla 2.5 Métrica de Evaluación de acuerdo con la matriz de Likert [Likert, 1903]**

|                      |                        |                              |                           |                  |
|----------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|
| Totalmente favorable | Parcialmente favorable | Ni favorable ni desfavorable | Parcialmente desfavorable | Muy Desfavorable |
| 5                    | 4                      | 3                            | 2                         | 1                |

## **2.5.3 Definición de criterios de evaluación**

Se han propuesto los siguientes criterios de selección:

- **Criterio 1. Consideraciones Técnicas**
  - Topografía y localización de los componentes.
  - Especificaciones de las tuberías.
  - Presiones y pérdidas en la conducción.

- Operación y mantenimiento del sistema.

Uno de los puntos más importantes dentro del análisis y diseño de un sistema de agua potable es la topografía del terreno, ya que las cotas de nivel son una variable clave a considerar para la implantación de los diversos componentes del sistema, a su vez analizar la topografía permite prevenir que los tramos de tubería no se vean afectados por deslizamientos de tierra, por ello, este criterio tiene una ponderación del 20%.

Las propiedades de los materiales empleados permiten encontrar las soluciones más viables para un sistema de agua potable, las tuberías de menores diámetros, así como, las tuberías de acero permiten trabajar con presiones más elevadas. Debido al reporte de problemas en la conducción ligados a la rotura de tuberías y accesorios, el criterio de las propiedades de las tuberías recibe una ponderación del 10%.

Se requiere que las soluciones propuestas garanticen las demandas, caudales y presiones necesarias para obtener un buen nivel de servicio, así como, garantizar la menor pérdida posible, por ello el criterio técnico 3 recibe una ponderación del 5%. Por último, la solución propuesta debería ser capaz de generar el menor trabajo de operación y mantenimiento del sistema, este criterio recibe una ponderación del 5%.

- **Criterio 2. Consideraciones Sociales**

- Propiedad de los predios (Expropiación/Servidumbre).
- Requerimiento y aceptación de la comunidad/cliente.

Para los criterios sociales, es necesario considerar que el área de estudio es extensa dado que integra 3 recintos, por ello es necesario evitar en la medida de lo posible, trazar líneas en propiedades privadas y así evitar regularizaciones que puedan impedir el correcto uso del sistema, este criterio recibe una ponderación del 3%.

Un factor clave para la elección de la alternativa de solución, es la preferencia de nuestro cliente y de la población beneficiada por ello este criterio recibe una ponderación del 17%.

- **Criterio 3. Consideraciones Económicas**

- Costo de construcción.
- Costo de mantenimiento y operación.

A pesar de que todas las alternativas buscan solucionar los problemas y así poder dar cobertura de agua potable, es necesario analizar el nivel de factibilidad económico de las propuestas, ya sea para la construcción y adecuaciones de los diversos componentes, o para el mantenimiento de la solución planteada.

La CENEL determinó que para el 2038 (periodo para el que fue diseñado el proyecto), los costos para mantenimiento y operación para el sistema actual estaría cerca de los \$15,000.00. Para operar y mantener más de un sistema de agua potable los costos ascenderían a los \$32,000.00

Las consideraciones económicas reciben una ponderación del 7,5% cada una.

- **Criterio 4. Consideraciones Ambientales.**

- Uso de recursos en áreas protegidas.
- Generación y manejo de desechos.
- Gestión de riesgos.

El sector de la construcción se encuentra entre los principales responsables de las afectaciones negativas sobre el medio ambiente (El Mercurio, 2021). Dependiendo del tipo de trabajo a realizar, sean estas construcciones, adecuaciones o mantenimientos correctivos, el nivel de afectación a los servicios ecosistémicos se verá afectada. Por ello, evaluar si la solución compromete áreas protegidas tendrá una ponderación del 10%, al igual que el criterio para la gestión de los desechos durante la ejecución de trabajos.



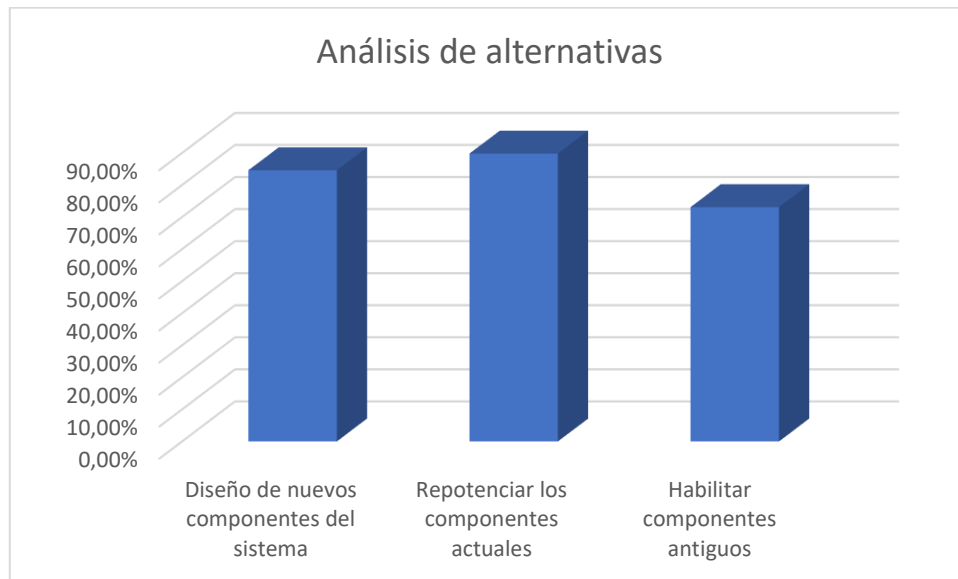
## 2.5.4 Evaluación de Alternativas

En la siguiente tabla se presenta la evaluación de las alternativas planteadas y los criterios considerados para la misma.

**Tabla 2.6 Evaluación de alternativas [Elaboración propia,2023]**

| Criterios de Evaluación                             | MÍNIMO | MÁXIMO | Alternativas |               |   |               |   |               |
|---|--------|--------|--------------|---------------|---|---------------|---|---------------|
|   |        |        | 1            | 2             | 3 |               |   |               |
| <b>Consideraciones Técnicas</b>                     |        |        |              |               |   |               |   |               |
| Topografía y localización de los componentes        | 1      | 5      | 4            | 16,00%        | 4 | 16,00%        | 4 | 16,00%        |
| Material, diámetro y longitud de las tuberías       | 1      | 5      | 5            | 10,00%        | 5 | 10,00%        | 4 | 8,00%         |
| Presiones y pérdidas en la conducción               | 1      | 5      | 4            | 4,00%         | 5 | 5,00%         | 3 | 3,00%         |
| Operación y mantenimiento del sistema               | 1      | 5      | 5            | 5,00%         | 5 | 5,00%         | 2 | 2,00%         |
| <b>Consideraciones Sociales</b>                     |        |        |              |               |   |               |   |               |
| Propiedad de los predios (Expropiación/Servidumbre) | 1      | 5      | 5            | 3,00%         | 3 | 1,80%         | 3 | 1,80%         |
| Requerimiento y aceptación de la comunidad/cliente  | 1      | 5      | 4            | 13,60%        | 5 | 17,00%        | 2 | 6,80%         |
| <b>Consideraciones Económicas</b>                   |        |        |              |               |   |               |   |               |
| Costo de construcción                               | 1      | 5      | 3            | 4,50%         | 4 | 6,00%         | 4 | 6,00%         |
| Costo de mantenimiento y operación                  | 1      | 5      | 5            | 7,50%         | 4 | 6,00%         | 3 | 4,50%         |
| <b>Consideraciones Ambientales</b>                  |        |        |              |               |   |               |   |               |
| Uso de recursos en áreas protegidas                 | 1      | 5      | 4            | 8,00%         | 5 | 10,00%        | 5 | 10,00%        |
| Generación y manejo de desechos                     | 1      | 5      | 4            | 8,00%         | 4 | 8,00%         | 5 | 10,00%        |
| Gestión de riesgos                                  | 1      | 5      | 5            | 5,00%         | 5 | 5,00%         | 5 | 5,00%         |
| <b>Total</b>  |        |        |              | <b>84,60%</b> |   | <b>89,80%</b> |   | <b>73,10%</b> |

## 2.5.5 Selección de alternativa



**Figura 2.16 Análisis de alternativas [Elaboración propia, 2023]**

Se evidencia que las alternativas 1 y 2 tienen el mejor desempeño para los criterios técnicos, dado que, rediseñar o potenciar los diversos componentes del sistema permite definir los parámetros que mejor respuesta tengan para obtener soluciones, a diferencia de la alternativa 3, donde habilitar los antiguos sistemas, implique limitar los criterios de diseño a lo ya existente.

Por parte de los criterios ambientales y económicos, se puede evidenciar que la alternativa 1, que propone el diseño para la construcción de nuevos componentes, pierde validez, dado que una nueva construcción implica mayores costos iniciales de acuerdo con el informe de prefactibilidad levantado por la empresa contratista (CELEC, 2023). De la misma forma, el impacto ambiental es mayor. La alternativa 3 tampoco presenta ventajas en el criterio económico ya que habilitar más de un sistema de agua potable aumentará los costos futuros de mantenimiento y operación.

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

### 3.1 Diseños

#### 3.1.1 Periodo de diseño

La normativa CPE INEN Parte 9.1 normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable para poblaciones mayores a 1000 habitantes, establece un promedio de 25 a 30 años para los diversos componentes de un sistema de agua potable (INEN, 1992). De la memoria técnica proporcionada por el GAD del cantón, se conoce que este sistema fue diseñado considerando un periodo de diseño de 25 años, partiendo del 2013. Por tanto, se analizará y rediseñará considerando un  $n = 25$  años.

#### 3.1.2 Población inicial

El año inicial de diseño para este sistema es el 2013. La empresa adjudicada para este proyecto realizó el conteo del número de viviendas existentes dentro del área de influencia del proyecto, y en base al promedio de habitantes por vivienda establecido por el INEC, que indica que existe un promedio de 5 habitantes por casa, se conoce lo siguiente.

- En el recinto La Libertad, se contabilizaron 28 viviendas, lo que indica, una población de 140 habitantes.
- Para el recinto El Reventador se determinaron 158 viviendas, estimando una población de 840 habitantes, ya que es un recinto que posee un afluente de turistas.
- En el recinto San Francisco se determinaron 39 viviendas, lo cual indica una población de 195 habitantes.

Por lo tanto, la población inicial dentro del área del proyecto con el que se realizó el diseño es de 1175 habitantes.

**Tabla 3.1 Número de viviendas y población [CELEC,2013]**

| <b>Recinto</b> | <b>Viviendas</b> | <b>Población (Hab)</b> |
|----------------|------------------|------------------------|
| La Libertad    | 28               | 140                    |
| El Reventador  | 158              | 840                    |
| San Francisco  | 39               | 195                    |
| <b>TOTAL</b>   | <b>263</b>       | <b>1175</b>            |

### 3.1.3 Tasa de crecimiento poblacional

Para determinar el valor de este parámetro, se obtuvo información oficial publicada por el INEC, los sectores analizados fueron, la provincia del Sucumbíos, el cantón Gonzalo Pizarro, y la parroquia El Reventador. Se revisaron los datos de los últimos tres censos de población realizados en el país en los años 1990, 2001 y 2010.

**Tabla 3.2 Datos poblacionales [INEC, 2013]**

| <b>Año</b><br><b>Censo</b> | <b>Provincia Sucumbíos</b>    |                              | <b>Cantón Gonzalo Pizarro</b> |                              | <b>Parroquia El Reventador</b> |                              |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|                            | <b>Población (habitantes)</b> | <b>Índice de crecimiento</b> | <b>Población (habitantes)</b> | <b>Índice de crecimiento</b> | <b>Población (habitantes)</b>  | <b>Índice de crecimiento</b> |
| 1990                       | 77148                         |                              |                               |                              |                                |                              |
| 2001                       | 128925                        | 4.78%                        | 6964                          |                              | 1125                           |                              |
| 2010                       | 176472                        | 3.55%                        | 8599                          | 2.37%                        | 1501                           | 3.26%                        |

De los datos recopilados, se tiene que el índice de crecimiento de la parroquia El Reventador (3.26%) es mayor que el índice de crecimiento del cantón Gonzalo Pizarro (2.37%) pero menor que el índice de crecimiento de la provincia de Sucumbíos (3.55%).

Debido al desarrollo que se ha visualizado en los últimos años en la parroquia El Reventador, se considera la misma tasa de crecimiento para el cálculo de la población futura. Por tanto, para el análisis del sistema existente, se adopta una tasa de crecimiento de  $r = 3,26\%$ , la cual se obtuvo a partir del método geométrico y de las ecuaciones detalladas en el capítulo 2.

### 3.1.4 Población futura

Para el cálculo de la población futura se debe considerar lo indicado en la (INEN, 1997), la cual establece que, se debe emplear el método geométrico para el cálculo de la población. Se calcula la población futura para el año 2038:

**Tabla 3.3 Proyección poblacional [Elaboración propia,2023]**

| AÑO  | POBLACIÓN (HABITANTES) |               |               |
|------|------------------------|---------------|---------------|
|      | LA LIBERTAD            | EL REVENTADOR | SAN FRANCISCO |
| 2013 | 140                    | 840           | 195           |
| 2014 | 145                    | 867           | 201           |
| 2015 | 149                    | 896           | 208           |
| 2016 | 154                    | 925           | 215           |
| 2017 | 159                    | 955           | 222           |
| 2018 | 164                    | 986           | 229           |
| 2019 | 170                    | 1018          | 236           |
| 2020 | 175                    | 1051          | 244           |
| 2021 | 181                    | 1085          | 252           |
| 2022 | 187                    | 1121          | 260           |
| 2023 | 193                    | 1157          | 269           |
| 2024 | 199                    | 1195          | 277           |
| 2025 | 206                    | 1234          | 286           |
| 2026 | 212                    | 1274          | 296           |
| 2027 | 219                    | 1315          | 305           |
| 2028 | 226                    | 1358          | 315           |
| 2029 | 234                    | 1403          | 326           |
| 2030 | 241                    | 1448          | 336           |
| 2031 | 249                    | 1495          | 347           |
| 2032 | 257                    | 1544          | 358           |
| 2033 | 266                    | 1594          | 370           |
| 2034 | 274                    | 1646          | 382           |
| 2035 | 283                    | 1700          | 395           |
| 2036 | 293                    | 1755          | 407           |
| 2037 | 302                    | 1812          | 421           |
| 2038 | 312                    | 1871          | 434           |

Todo el sistema debe ser capaz de suministrar agua a 2650 habitantes para el 2038.

### 3.1.5 Caudales de diseño

#### 3.1.5.1 Dotación

De acuerdo con la revisión teórica realizada en el capítulo 2, se pudo identificar los diversos niveles de servicio que establece la norma CPE INEN. Para este sistema analizado, se establece un nivel de servicio LLB ya que se trata de una población mayor a 2500 habitantes y los domicilios cuentan con al menos 1 grifo de agua potable.

De la misma forma, se determina la dotación de diseño según lo expuesto por la norma INEN en la siguiente tabla:

**Tabla 3.4 Dotaciones recomendadas [INEN. 1992]**

| <b>Población (Hab)</b> | <b>Clima</b> | <b>Dotación media futura (L/Hab/Día)</b> |
|------------------------|--------------|--|
| Hasta 5000             | Frío         | 120 - 150                                |
|                        | Templado     | 130 - 160                                |
|                        | Cálido       | 170 - 200                                |
| 5000 a 50000           | Frío         | 180 - 200                                |
|                        | Templado     | 190 - 220                                |
|                        | Cálido       | 200 - 230                                |
| Más de 50000           | Frío         | >200                                     |
|                        | Templado     | >220                                     |
|                        | Cálido       | >230                                     |

Se establece una dotación de diseño de 150 L/Hab\*día.

Se considera un porcentaje de pérdidas del 20% para el análisis según lo recomendado por la INEN en la siguiente tabla:

**Tabla 3.5 Porcentaje de fugas a considerarse en sistemas de AAPP [INEN,1992]**

| <b>Nivel de servicio</b> | <b>Porcentaje de fugas</b> |
|--------------------------|----------------------------|
| la y lb                  | 10%                        |
| lla y llb                | 20%                        |

### **3.1.5.2 Caudal medio diario**

El cálculo de caudal medio diario para la población se calcula mediante:

$$Q_m = \frac{P * Dot * f}{86400} \quad (3.1)$$

### **3.1.5.3 Caudal máximo diario**

Para el cálculo del caudal máximo diario se considera una constante  $K_{MD} = 1.25$ , este valor es el recomendado para todo nivel de servicio en un área rural (INEN, 1997). Se obtiene mediante:

$$Q_{MD} = K_{MD} * Q_m \quad (3.2)$$

### **3.1.5.4 Caudal máximo horario**

Para el cálculo de caudal máximo horario, se considera un  $K = 3.00$  para todo nivel de servicio en un área rural (INEN, 1997).

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m \quad (3.3)$$

Se tiene así los siguientes datos de caudal para los diversos recintos en un periodo de análisis hasta el 20238:

**Tabla 3.6 Caudales Recinto La Libertad [Elaboración propia, 2023]**

| AÑO         | LA LIBERTAD |                      |               |                   |                     |
|-------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------|---------------------|
|             | POBLACIÓN   | Dotación [L/hab/día] | Q medio [l/s] | Qmax diario [l/s] | Q max horario [l/s] |
| 2013        | 140         | 150                  | 0,29          | 0,36              | 0,88                |
| 2014        | 145         | 150                  | 0,30          | 0,38              | 0,90                |
| 2015        | 149         | 150                  | 0,31          | 0,39              | 0,93                |
| 2016        | 154         | 150                  | 0,32          | 0,40              | 0,96                |
| 2017        | 159         | 150                  | 0,33          | 0,41              | 0,99                |
| 2018        | 164         | 150                  | 0,34          | 0,43              | 1,03                |
| 2019        | 170         | 150                  | 0,35          | 0,44              | 1,06                |
| 2020        | 175         | 150                  | 0,36          | 0,46              | 1,09                |
| 2021        | 181         | 150                  | 0,38          | 0,47              | 1,13                |
| 2022        | 187         | 150                  | 0,39          | 0,49              | 1,17                |
| <b>2023</b> | <b>193</b>  | <b>150</b>           | <b>0,40</b>   | <b>0,50</b>       | <b>1,21</b>         |
| 2024        | 199         | 150                  | 0,41          | 0,52              | 1,24                |
| 2025        | 206         | 150                  | 0,43          | 0,54              | 1,29                |
| 2026        | 212         | 150                  | 0,44          | 0,55              | 1,33                |
| 2027        | 219         | 150                  | 0,46          | 0,57              | 1,37                |
| 2028        | 226         | 150                  | 0,47          | 0,59              | 1,41                |
| 2029        | 234         | 150                  | 0,49          | 0,61              | 1,46                |
| 2030        | 241         | 150                  | 0,50          | 0,63              | 1,51                |
| 2031        | 249         | 150                  | 0,52          | 0,65              | 1,56                |
| 2032        | 257         | 150                  | 0,54          | 0,67              | 1,61                |
| 2033        | 266         | 150                  | 0,55          | 0,69              | 1,66                |
| 2034        | 274         | 150                  | 0,57          | 0,71              | 1,71                |
| 2035        | 283         | 150                  | 0,59          | 0,74              | 1,77                |
| 2036        | 293         | 150                  | 0,61          | 0,76              | 1,83                |
| 2037        | 302         | 150                  | 0,63          | 0,79              | 1,89                |
| <b>2038</b> | <b>312</b>  | <b>150</b>           | <b>0,65</b>   | <b>0,81</b>       | <b>1,95</b>         |



**Tabla 3.7 Caudales recinto El Reventador [Elaboración propia, 2023]**

| AÑO         | EL REVENTADOR |                      |               |                   |                     |
|-------------|---------------|----------------------|---------------|-------------------|---------------------|
|             | POBLACIÓN     | Dotación [L/hab/día] | Q medio [l/s] | Qmax diario [l/s] | Q max horario [l/s] |
| 2013        | 840           | 150                  | 1,75          | 2,19              | 5,25                |
| 2014        | 867           | 150                  | 1,81          | 2,26              | 5,42                |
| 2015        | 896           | 150                  | 1,87          | 2,33              | 5,60                |
| 2016        | 925           | 150                  | 1,93          | 2,41              | 5,78                |
| 2017        | 955           | 150                  | 1,99          | 2,49              | 5,97                |
| 2018        | 986           | 150                  | 2,05          | 2,57              | 6,16                |
| 2019        | 1018          | 150                  | 2,12          | 2,65              | 6,36                |
| 2020        | 1051          | 150                  | 2,19          | 2,74              | 6,57                |
| 2021        | 1085          | 150                  | 2,26          | 2,83              | 6,78                |
| 2022        | 1121          | 150                  | 2,33          | 2,92              | 7,00                |
| <b>2023</b> | <b>1157</b>   | <b>150</b>           | <b>2,41</b>   | <b>3,01</b>       | <b>7,23</b>         |
| 2024        | 1195          | 150                  | 2,49          | 3,11              | 7,47                |
| 2025        | 1234          | 150                  | 2,57          | 3,21              | 7,71                |
| 2026        | 1274          | 150                  | 2,65          | 3,32              | 7,96                |
| 2027        | 1315          | 150                  | 2,74          | 3,43              | 8,22                |
| 2028        | 1358          | 150                  | 2,83          | 3,54              | 8,49                |
| 2029        | 1403          | 150                  | 2,92          | 3,65              | 8,77                |
| 2030        | 1448          | 150                  | 3,02          | 3,77              | 9,05                |
| 2031        | 1495          | 150                  | 3,12          | 3,89              | 9,35                |
| 2032        | 1544          | 150                  | 3,22          | 4,02              | 9,65                |
| 2033        | 1594          | 150                  | 3,32          | 4,15              | 9,96                |
| 2034        | 1646          | 150                  | 3,43          | 4,29              | 10,29               |
| 2035        | 1700          | 150                  | 3,54          | 4,43              | 10,62               |
| 2036        | 1755          | 150                  | 3,66          | 4,57              | 10,97               |
| 2037        | 1812          | 150                  | 3,78          | 4,72              | 11,33               |
| <b>2038</b> | <b>1871</b>   | <b>150</b>           | <b>3,90</b>   | <b>4,87</b>       | <b>11,70</b>        |

**Tabla 3.8 Caudales recinto San Francisco [Elaboración propia, 2023]**

| AÑO         | SAN FRANCISCO |                      |               |                   |                     |
|-------------|---------------|----------------------|---------------|-------------------|---------------------|
|             | POBLACIÓN     | Dotación [L/hab/día] | Q medio [l/s] | Qmax diario [l/s] | Q max horario [l/s] |
| 2013        | 195           | 150                  | 0,41          | 0,51              | 1,22                |
| 2014        | 201           | 150                  | 0,42          | 0,52              | 1,26                |
| 2015        | 208           | 150                  | 0,43          | 0,54              | 1,30                |
| 2016        | 215           | 150                  | 0,45          | 0,56              | 1,34                |
| 2017        | 222           | 150                  | 0,46          | 0,58              | 1,39                |
| 2018        | 229           | 150                  | 0,48          | 0,60              | 1,43                |
| 2019        | 236           | 150                  | 0,49          | 0,62              | 1,48                |
| 2020        | 244           | 150                  | 0,51          | 0,64              | 1,53                |
| 2021        | 252           | 150                  | 0,52          | 0,66              | 1,57                |
| 2022        | 260           | 150                  | 0,54          | 0,68              | 1,63                |
| <b>2023</b> | <b>269</b>    | <b>150</b>           | <b>0,56</b>   | <b>0,70</b>       | <b>1,68</b>         |
| 2024        | 277           | 150                  | 0,58          | 0,72              | 1,73                |
| 2025        | 286           | 150                  | 0,60          | 0,75              | 1,79                |
| 2026        | 296           | 150                  | 0,62          | 0,77              | 1,85                |
| 2027        | 305           | 150                  | 0,64          | 0,80              | 1,91                |
| 2028        | 315           | 150                  | 0,66          | 0,82              | 1,97                |
| 2029        | 326           | 150                  | 0,68          | 0,85              | 2,03                |
| 2030        | 336           | 150                  | 0,70          | 0,88              | 2,10                |
| 2031        | 347           | 150                  | 0,72          | 0,90              | 2,17                |
| 2032        | 358           | 150                  | 0,75          | 0,93              | 2,24                |
| 2033        | 370           | 150                  | 0,77          | 0,96              | 2,31                |
| 2034        | 382           | 150                  | 0,80          | 1,00              | 2,39                |
| 2035        | 395           | 150                  | 0,82          | 1,03              | 2,47                |
| 2036        | 407           | 150                  | 0,85          | 1,06              | 2,55                |
| 2037        | 421           | 150                  | 0,88          | 1,10              | 2,63                |

**Tabla 3.9 Caudales para todo el sistema [Elaboración propia, 2023]**

| AÑO         | TOTAL         |                   |                     |
|-------------|---------------|-------------------|---------------------|
|             | Q medio [l/s] | Qmax diario [l/s] | Q max horario [l/s] |
| 2013        | 2,45          | 3,06              | 7,34                |
| 2014        | 2,53          | 3,16              | 7,58                |
| 2015        | 2,61          | 3,26              | 7,83                |
| 2016        | 2,69          | 3,37              | 8,08                |
| 2017        | 2,78          | 3,48              | 8,35                |
| 2018        | 2,87          | 3,59              | 8,62                |
| 2019        | 2,97          | 3,71              | 8,90                |
| 2020        | 3,06          | 3,83              | 9,19                |
| 2021        | 3,16          | 3,95              | 9,49                |
| 2022        | 3,27          | 4,08              | 9,80                |
| <b>2023</b> | <b>3,37</b>   | <b>4,22</b>       | <b>10,12</b>        |
| 2024        | 3,48          | 4,35              | 10,45               |
| 2025        | 3,60          | 4,49              | 10,79               |
| 2026        | 3,71          | 4,64              | 11,14               |
| 2027        | 3,83          | 4,79              | 11,50               |
| 2028        | 3,96          | 4,95              | 11,87               |
| 2029        | 4,09          | 5,11              | 12,26               |
| 2030        | 4,22          | 5,28              | 12,66               |
| 2031        | 4,36          | 5,45              | 13,07               |
| 2032        | 4,50          | 5,62              | 13,50               |
| 2033        | 4,65          | 5,81              | 13,94               |
| 2034        | 4,80          | 6,00              | 14,39               |
| 2035        | 4,95          | 6,19              | 14,86               |
| 2036        | 5,11          | 6,39              | 15,34               |
| 2037        | 5,28          | 6,60              | 15,84               |
| <b>2038</b> | <b>5,45</b>   | <b>6,82</b>       | <b>16,36</b>        |

### 3.1.5.5 Caudal de diseño de captación

Se considera un 20% del caudal máximo diario para obtener caudal de diseño en la captación de aguas superficiales (INEN, 1997).

$$Q_{diseño} = Q_{MD} + (Q_{MD} * 0.20) \quad (3.4)$$

$$Q_{diseño} = 8.17 \frac{l}{s}$$

### 3.1.5.6 Caudal de diseño de conducción

Se considera un 10% del caudal máximo diario para obtener caudal de diseño en la captación de aguas superficiales (INEN, 1997).

$$Q_{diseño} = Q_{MD} + (Q_{MD} * 0.10) \quad (3.5)$$

$$Q_{diseño} = 7.50 \frac{l}{s}$$

Se tienen los siguientes valores de diseño:

**Tabla 3.10 Tabla de valores de diseño [Elaboración propia, 2023]**

|                                     |      |            |
|-------------------------------------|------|------------|
| Año de diseño                       | 2038 |            |
| Población futura                    | 2650 | Habitantes |
| Dotación                            | 150  | L/Hab*día  |
| Caudal de diseño para la captación  | 8,18 | LPS        |
| Caudal de diseño para la conducción | 7,50 | LPS        |

### 3.1.6 Análisis de la estructura de captación

#### 3.1.6.1 Patologías en la captación

De la visita técnica realizada en sitio se pudo determinar que el caudal que llega a la PTAP es de 7LPS, lo cual se ubica por debajo de los 8,2 LPS que se requiere captar para lograr cumplir con las demandas.

EL GAD Municipal proporcionó un reporte fotográfico en el cual se demuestra que la estructura actual sufre de múltiples taponamientos debido a los sedimentos que el río acarrea. La estructura actual es tipo ladera, capta el agua desde un muro lateral, lo cual no es funcional, por el material que allí se suele acumular.

Se debe rediseñar la captación de agua.

### 3.1.6.2 Propuesta de mejora en la captación

Para la captación se rediseñó un vertedero tipo creager con bocatoma de fondo. De los planos de implantación, se conoce que ancho de la estructura de captación actual es de 2,90 m, también se conoce que el caudal mínimo del río es de 0,09 m<sup>3</sup>/s (CENEL, 2023).

Debido a la falta de datos con respecto al caudal medio y caudal máximo, se considera la información que se tiene del río cercano Arturo, el cual posee características similares al río Azuela (Torres Paul & Coello Cristian, 2008).

Datos generales de diseño:

**Tabla 3.11 Datos para el diseño [Elaboración propia, 2023]**

|                       |       |                   |
|-----------------------|-------|-------------------|
| Caudal de diseño      | 0,008 | m <sup>3</sup> /s |
| Caudal mínimo del río | 0,09  | m <sup>3</sup> /s |
| Caudal medio del río  | 0,39  | m <sup>3</sup> /s |
| Caudal máximo del río | 1,73  | m <sup>3</sup> /s |
| Ancho del azud        | 2,75  | m                 |

Para el diseño de esta obra de captación, se emplearán las ecuaciones del libro “Obras Hidráulicas Rurales” (Materón Muñoz, 1997). se puede encontrar las ecuaciones que permitirán el cálculo de la ecuación del perfil, y la descarga.

### 3.1.6.3 Placa perforada

Con el fin de evitar que se repita el error de la captación actual, se buscará diseñar un sistema de captación que no se pueda obstruir fácilmente. Se considera una placa perforada de las siguientes características:

**Tabla 3.12 Características placa perforada [Elaboración propia, 2023]**

|                                   |     |    |
|-----------------------------------|-----|----|
| Diámetro de agujeros              | 1,5 | cm |
| Coefficiente de descarga          | 0,5 |    |
| Número de agujeros/m <sup>2</sup> | 816 |    |
| Inclinación de placa              | 15% |    |

En base a estos datos, se procede a calcular la relación de área libre y área de placa, mediante:

$$e = \frac{\text{Área espacios}}{\text{Área total}} \quad (3.6)$$

$$e = 0,14$$

Se calcula el caudal derivado mediante:

$$Q = Lr * e * c * b(2gE)^{0.5} \quad (3.7)$$

Donde:

$Q =$  Caudal derivado

$Lr =$  Dimensión de la placa paralela al río

$e =$  relación entre área libre y área total de la placa

$c =$  coeficiente de descarga

$b =$  dimensión de la placa en dirección normal del río

$E =$  Energía específica

Previamente, se calcula la profundidad crítica en la cresta del vertedero mediante la ecuación siguiente:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g * B^2}} = \sqrt[3]{\frac{(0,09)^2}{(9,81) * (2,9)^2}} \quad (3.8)$$

$$Y_c = 0.046m \text{ (profundidad crítica)}$$

Por lo tanto, la velocidad crítica es:

$$V_c = \sqrt{g * Y_c} \quad (3.9)$$

$$V_c = 0.67 \frac{m}{s}$$

$V < V_c$ , por lo tanto, el flujo es subcrítico. Es poco probable que se socave la estructura al pie de esta.

El valor de la energía específica es:

$$E = y_1 + V^2/2g \quad (3.10)$$

$$E = 0.069 \text{ m}$$

Se asumen dimensiones iniciales de la placa

$$L_r \quad 0,3 \quad \text{m}$$

$$b \quad 0,8 \quad \text{m}$$

Así, se tienen el caudal derivado

$$Q = L_r * e * c * b(2gE)^{0.5}$$

$$Q = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q < 0,09 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{ok}$$

Se puede observar que se capta menos del caudal mínimo que posee el río.

Se puede observar que con las dimensiones asumidas de la placa perforada cumplen con los criterios de diseño, sin embargo, para evitar la obstrucción y obtener valores cerrados se concluye una placa rectangular de 0,3 x 1 m

**Tabla 3.13 Valores de diseño de la placa perforada [Elaboración propia, 2023]**

|             |        |                   |
|-------------|--------|-------------------|
| Ancho       | 0,3    | m                 |
| Alto        | 1      | m                 |
| A placa     | 0,3    | m <sup>2</sup>    |
| # orificios | 245    | orificios         |
| Q captado   | 0,0205 | m <sup>3</sup> /s |

### 3.1.6.4 Canal recolector

Se adopta una sección rectangular con ancho de 30 cm, y una pendiente de 0,03 m/m, adecuada para autolimpiarse sedimentos. La longitud del caudal es igual al ancho de la estructura de captación (2,00 m).

$$\begin{array}{lll} b' & 0,3 & \text{m} \\ S_0 & 3\% & \\ L & 2 & \text{m} \end{array}$$

El diseño se realizará en condiciones de flujo subcrítico

Se calcula el tirante y la velocidad mediante:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}} \quad (3.11)$$
$$Y_c = 0,77 \text{ m}$$

$$V_c = \sqrt{gY_c} \quad (3.12)$$
$$V_c = 0,87 \text{ m/s}$$

Altura del agua a la salida del canal en condiciones de flujo sumergido:

$$H_2 = 1,1Y_c \quad (3.13)$$
$$H_2 = 0,084 \text{ m}$$

Altura del agua a la entrada del canal

$$H_1 = \sqrt{\frac{2Y_c^3}{H_2} + \left(H_2 - \frac{L * S}{3}\right)^2} - \frac{2L * S}{3} \quad (3.14)$$
$$H_1 = 0,082 \text{ m}$$

Velocidad de salida:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.15)$$
$$V = 0,79 \text{ m/s}$$



$V < V_c$ , por lo tanto, el flujo es subcrítico

Se calcula el borde libre de la canaleta:

$$B = \frac{H^2}{3} \quad (3.16)$$

$$B = 0,028 \text{ m}$$

Altura de la canaleta:

$$H = H_1 + Bl \quad (3.17)$$

$$H = 0,11 \text{ m}$$

Por métodos constructivos se asume una canaleta de las siguientes características:

**Tabla 3.14 Valores de diseño del canal recolector [Elaboración propia, 2023]**

|    |      |   |
|----|------|---|
| b' | 0,3  | m |
| H  | 0,2  | m |
| S0 | 3%   |   |
| L  | 2,00 | m |

### 3.1.6.5 Perfil del aliviadero

Para el rediseño de este perfil, se consideran las dimensiones actuales de los muros de la captación a readecuar.

|                       |      |                   |
|-----------------------|------|-------------------|
| Caudal máximo del río | 1,73 | m <sup>3</sup> /s |
| Ancho del azud (B)    | 2,90 | m                 |
| Altura del dique h    | 1,00 | m                 |

Se empieza calculando la altura del agua sobre la cresta del vertedero mediante:

$$Hd = \left( \frac{Q_{max}}{1.84L} \right)^{2/3} \quad (3.18)$$

$$Hd = 0,47 \text{ m}$$

Relación altura dique/ altura agua

$$\frac{H}{Hd} = 2,12m$$

Se verifica la velocidad:

$$V = Q/A \quad (3.19)$$

$$V = 1,26 \text{ m/s}$$

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} \quad (3.20)$$

$$Yc = 0,33 \text{ m/s}$$

$$Vc = \sqrt{gYc} \quad (3.21)$$

$$Vc = 1,83 \text{ m/s}$$

Ok, es flujo subcrítico.

Se calcula el perfil del aliviadero mediante:

$$X^{1.85} = 2 * 0.035^{0.85} * Y \quad (3.22)$$

$$X^{1.85} = 1,05 * Y$$

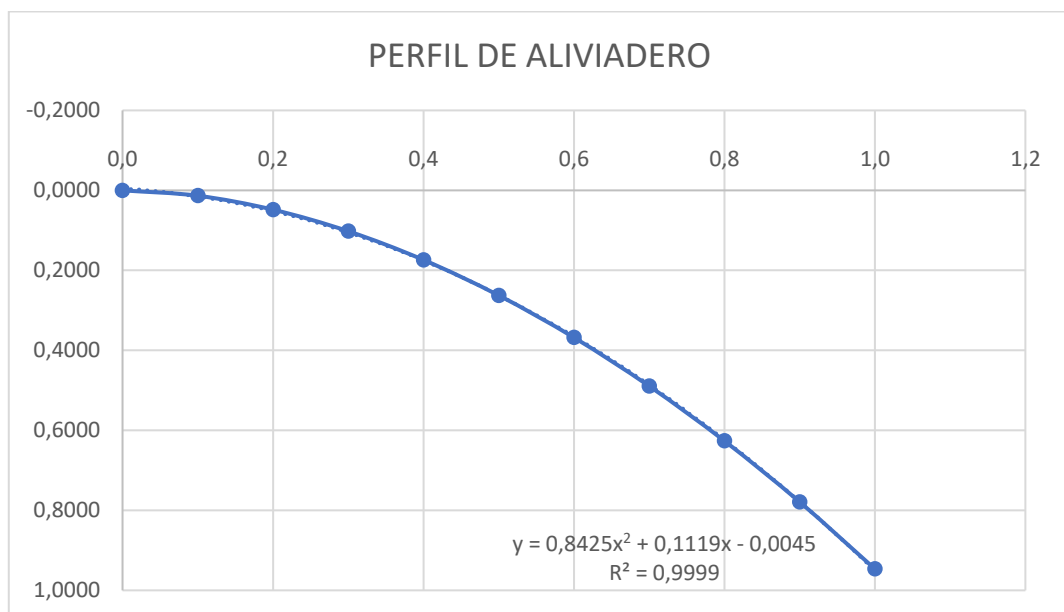
$$Y = 0,946 * X^{1.85}$$

La Tabla siguiente muestra los valores de la distancia vertical media a partir del origen de coordenadas con respecto a la distancia que se recorre.

**Tabla 3.15 Perfil del aliviadero [Elaboración propia, 2023]**

| X (m) | Y (m)  |
|-------|--------|
| 0,0   | 0,0000 |
| 0,1   | 0,0134 |
| 0,2   | 0,0482 |
| 0,3   | 0,1021 |
| 0,4   | 0,1738 |
| 0,5   | 0,2626 |
| 0,6   | 0,3679 |
| 0,7   | 0,4893 |
| 0,8   | 0,6264 |
| 0,9   | 0,7790 |
| 1,0   | 0,9466 |

Por medio del programa Excel, del paquete Office, se representa los valores de la tabla anterior en la siguiente imagen, esta permite obtener una perspectiva de la forma del vertedero.



**Figura 3.1 Diagrama de perfil de vertedero [Elaboración propia, 2023]**

### 3.1.6.6 Pozo de amortiguación

Para el diseño del pozo de amortiguación, se tiene que la velocidad en el pie de la presa es:

$$V_1 = \sqrt{2g(Z - 0.5H_d)} \quad (3.23)$$

Donde:

$V_1$  = Velocidad en el pie de la presa, m/s

$z$  = Altura medida desde el nivel máximo aguas arriba de la estructura hasta el nivel del pozo de amortiguación, m

$H$  = Carga hidráulica sobre la cresta, m

$$V_1 = 4.94 \text{ m/s}$$

Se determina la altura del agua a la salida o pie de presa, mediante la ecuación 3.17.

$$Y_1 = \frac{Q_{max}}{V_1 * B} \quad (3.24)$$

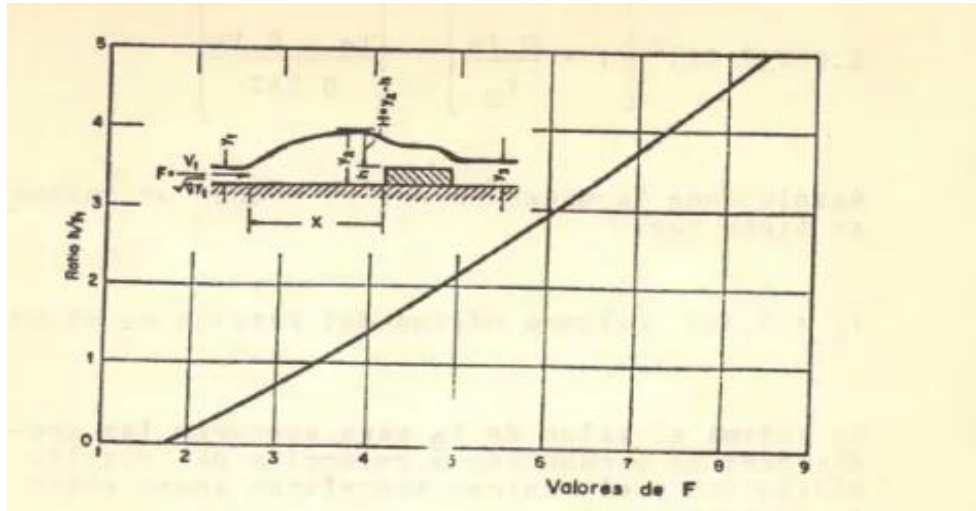
$$Y_1 = 0.12 \text{ m}$$

Número de Froude

$$F1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * Y_1}} \quad (3.25)$$

$$F1 = 4.42$$

En base a la siguiente gráfica (Materón, 1997), se determina la relación (H/Y1) para poder determinar la altura del diente del dique:



**Figura 3.2 Relaciones analíticas entre F y h/Y1 para un vertedero de cresta ancha [Materón, 1997]**

$$\frac{h}{y_1} = 1,70$$

$$h = 0.212m$$

Se adopta altura del dique

$$h = 0.25m$$

Altura máxima de resalto  $Y_2$ , se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2} \sqrt{1 + 8F^2} - 1 \quad (3.26)$$

$$Y_2 = 0,72 m$$

Para el cálculo de la longitud del pozo de amortiguación se hace uso de la siguiente gráfica que relaciona los valores.

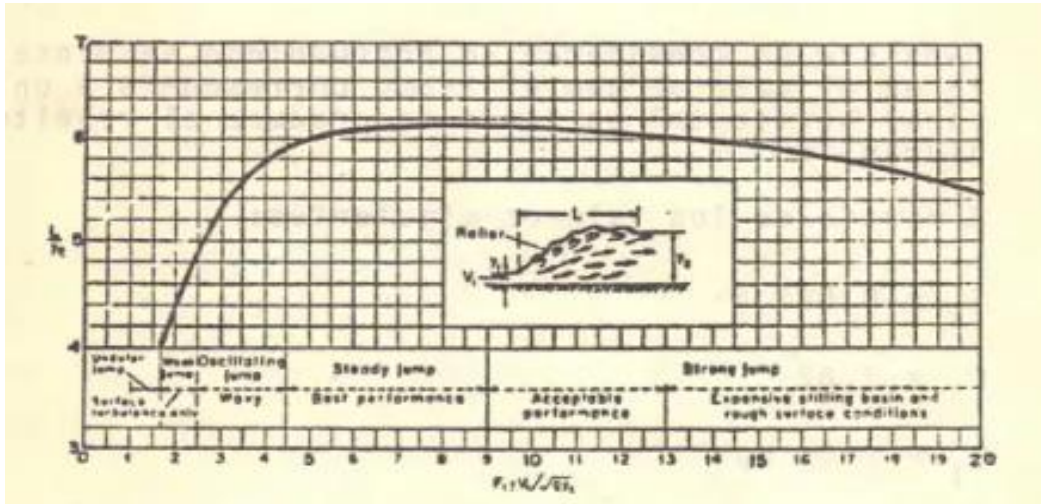


Figura 3.3 Longitud en términos de la altura Y2 [Materón, 1997]

De la gráfica se obtiene que:

$$\frac{L}{Y_2} = 5,85$$

Por tanto, la longitud del pozo de amortiguación es

$$L \cong 4,20 \text{ m}$$

Tabla 3.16 Valores de diseño del pozo amortiguador [Elaboración propia, 2023]

|        |           |    |
|--------|-----------|----|
| Y1     | 0,12      | m  |
| y2     | 0,72      | m  |
| L pozo | 4,50      | m  |
| Dique  | 0,25*0,25 | m2 |

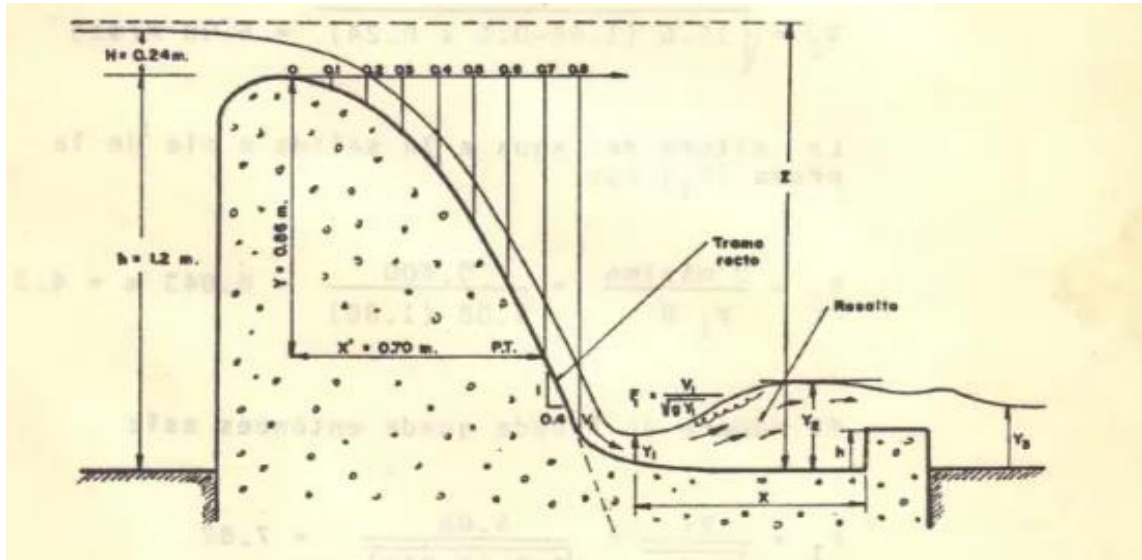


Figura 3.4 Esquema del aliviadero y pozo de amortiguación [Materón, 1997]

### 3.1.6.7 Cámara de recolección

Para el diseño de la cámara de recolección, se hará uso de las ecuaciones planteadas por López Cualla en su texto “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”(López, 2000).

Para la altura de los muros de contención, se emplea la siguiente ecuación, usando el caudal máximo del río.

$$H = \left( \frac{Q}{1.84L} \right)^{2/3} \quad (3.27)$$

$$H = 0,47 \text{ m}$$

Borde libre:

$$Bl = \frac{H}{3} \quad (3.28)$$

$$Bl = 0,16 \text{ m}$$

Altura de los muros es de 0,63 m. El sistema actual presenta muros de una altura de 0,80 m, por tanto, son funcionales para la nueva adecuación.

Para el dimensionamiento de la cámara de recolección se adoptan las siguientes ecuaciones:

$$X_s = 0,36 V_s^{2/3} + 0,6H_s^{4/7} \quad (3.29)$$

Donde:

$V_s$  = Velocidad de salida, m/s

$H_s$  = Altura del agua a la salida del canal de recolección

$$X_s = 0,45 \text{ m}$$

Se adopta una cámara cuadrada, es decir  $b=L$

$$L = X_s + Bl \quad (3.30)$$

$$L = 0,75 \text{ m}$$

Por facilidad de acceso y mantenimiento, se adopta una cámara cuadrada de recolección de 1.5 m de cada lado.

**Tabla 3.17 Valores de diseño de cámara de recolección [Elaboración propia, 2023]**

|             |     |   |
|-------------|-----|---|
| B           | 1,5 | m |
| L           | 1,5 | m |
| Profundidad | 0,8 | m |

### 3.1.6.8 Vertedero y tubería de excesos

Para este apartado se tienen los siguientes caudales de recolección y excesos:

|           |       |                   |
|-----------|-------|-------------------|
| Q captado | 0,020 | m <sup>3</sup> /s |
| Q diseño  | 0,008 | m <sup>3</sup> /s |
| Q excesos | 0,012 | m <sup>3</sup> /s |

Se calcula la altura de excesos que existirá en la cámara de recolección mediante:



$$Hexc = \left( \frac{Q}{1,84L} \right)^{2/3} \quad (3.31)$$

$$Hexc = 0,03 \text{ m}$$

Velocidad de exceso:

$$Vexc = \frac{Qexc}{Hexc \times B \text{ camara}} \quad (3.32)$$

$$Vexc = 0,30 \text{ m/s}$$

Altura del vertedero de excesos, se emplea la ecuación 3.28

$$Xs = 0,36 Vs^{2/3} + 0,6Hs^{4/7}$$

$$Xs = 0,24 \text{ m}$$

Para que el vertedero de excesos sirva como depósitos de arena, se considera una altura de 50 cm.

Para la tubería de excesos, se diseña mediante la ecuación siguiente:

$$D = \left[ \frac{Q}{0,2785 C J^{0,54}} \right]^{1/263} \quad (3.33)$$

Donde:

$$J = \text{Pérdida de carga unitaria} \left( \frac{m}{m} \right) = 0,03 \text{ m/m}$$

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

$C = \text{Coeficiente de rugosidad, 150 para PVC}$

$D = \text{Diámetro de tubería, m}$

$$D = 0,09 \text{ m}$$

$$D = 3,64 \text{ ''}$$

Se adopta una tubería comercial de 110 mm para evacuar el caudal de exceso.

**Tabla 3.18 Valores de diseño de vertedero de excesos [Elaboración propia, 2023]**

|             |     |    |
|-------------|-----|----|
| B           | 1,5 | m  |
| L           | 1,5 | m  |
| Profundidad | 0,5 | m  |
| Tubería     | 110 | mm |

### 3.1.7 Análisis de los reservorios de almacenamiento

La Norma CO-10.7.602 de la SSAPS establece un volumen de reserva el 50% del volumen medio diario. Se tienen los siguientes volúmenes para establecer la capacidad de los tanques reservorios:

**Tabla 3.19 Volúmenes de diseño para los tanques [Elaboración propia, 2023]**

| AÑO         | LA LIBERTAD   |              | EL REVENTADOR |               | SAN FRANCISCO |              |
|-------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
|             | Q medio [l/s] | M3/Día       | Q medio [l/s] | M3/Día        | Q medio [l/s] | M3/Día       |
| 2013        | 0,29          | 12,60        | 1,75          | 75,60         | 0,41          | 17,55        |
| 2014        | 0,30          | 13,01        | 1,81          | 78,06         | 0,42          | 18,12        |
| 2015        | 0,31          | 13,43        | 1,87          | 80,60         | 0,43          | 18,71        |
| 2016        | 0,32          | 13,87        | 1,93          | 83,23         | 0,45          | 19,32        |
| 2017        | 0,33          | 14,32        | 1,99          | 85,94         | 0,46          | 19,95        |
| 2018        | 0,34          | 14,79        | 2,05          | 88,73         | 0,48          | 20,60        |
| 2019        | 0,35          | 15,27        | 2,12          | 91,62         | 0,49          | 21,27        |
| 2020        | 0,36          | 15,77        | 2,19          | 94,61         | 0,51          | 21,96        |
| 2021        | 0,38          | 16,28        | 2,26          | 97,69         | 0,52          | 22,68        |
| 2022        | 0,39          | 16,81        | 2,33          | 100,87        | 0,54          | 23,42        |
| 2023        | 0,40          | 17,36        | 2,41          | 104,15        | 0,56          | 24,18        |
| 2024        | 0,41          | 17,92        | 2,49          | 107,54        | 0,58          | 24,97        |
| 2025        | 0,43          | 18,51        | 2,57          | 111,04        | 0,60          | 25,78        |
| 2026        | 0,44          | 19,11        | 2,65          | 114,66        | 0,62          | 26,62        |
| 2027        | 0,46          | 19,73        | 2,74          | 118,39        | 0,64          | 27,48        |
| 2028        | 0,47          | 20,37        | 2,83          | 122,25        | 0,66          | 28,38        |
| 2029        | 0,49          | 21,04        | 2,92          | 126,23        | 0,68          | 29,30        |
| 2030        | 0,50          | 21,72        | 3,02          | 130,34        | 0,70          | 30,26        |
| 2031        | 0,52          | 22,43        | 3,12          | 134,58        | 0,72          | 31,24        |
| 2032        | 0,54          | 23,16        | 3,22          | 138,96        | 0,75          | 32,26        |
| 2033        | 0,55          | 23,91        | 3,32          | 143,49        | 0,77          | 33,31        |
| 2034        | 0,57          | 24,69        | 3,43          | 148,16        | 0,80          | 34,39        |
| 2035        | 0,59          | 25,50        | 3,54          | 152,98        | 0,82          | 35,51        |
| 2036        | 0,61          | 26,33        | 3,66          | 157,96        | 0,85          | 36,67        |
| 2037        | 0,63          | 27,18        | 3,78          | 163,10        | 0,88          | 37,86        |
| <b>2038</b> | <b>0,65</b>   | <b>28,07</b> | <b>3,90</b>   | <b>168,41</b> | <b>0,91</b>   | <b>39,10</b> |

Los tanques de los 3 recintos deben ser capaz de almacenar los siguientes volúmenes:

**Tabla 3.20 Capacidad de diseño para los tanques de reserva por recinto [Elaboración propia, 2023]**

|               |           |
|---------------|-----------|
| La Libertad   | 28,07 m3  |
| El Reventador | 168,41 m3 |
| San Francisco | 39,10 m3  |

De los planos de implantación proporcionados por el GAD y por la inspección realizada en sitio, se conoce que los tanques cumplen con la capacidad de reserva ya que se poseen las siguientes capacidades:

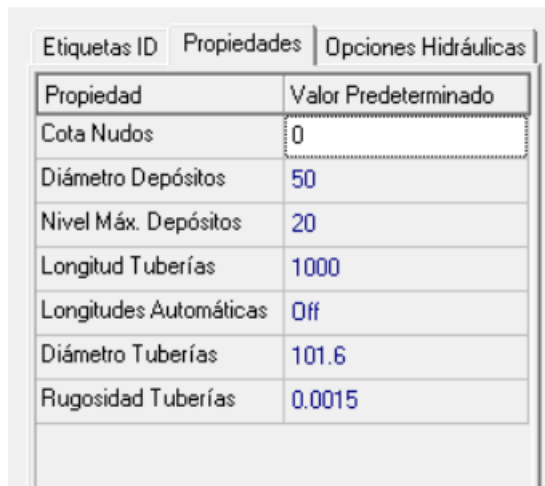
**Tabla 3.21 Capacidad de almacenamiento de los tanques de reserva por recinto [Elaboración propia, 2023]**

|               |        |
|---------------|--------|
| La Libertad   | 50 m3  |
| El Reventador | 200 m3 |
| San Francisco | 50 m3  |

### 3.1.8 Análisis de la línea de conducción

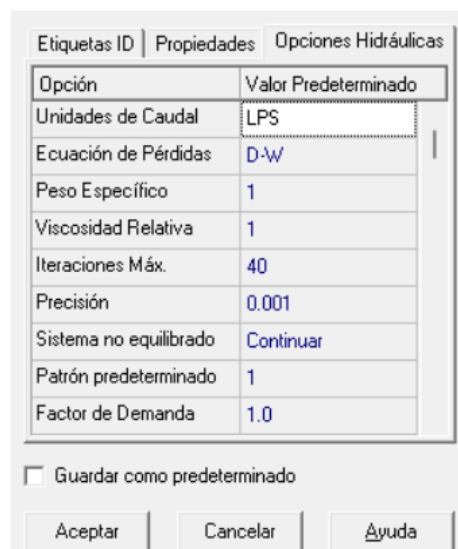
#### 3.1.8.1 Patologías en la línea de conducción

Para el análisis de la línea de conducción, se emplea el programa de uso libre EPANET, y se configura según lo siguiente:



| Propiedad              | Valor Predeterminado |
|------------------------|----------------------|
| Cota Nudos             | 0                    |
| Diámetro Depósitos     | 50                   |
| Nivel Máx. Depósitos   | 20                   |
| Longitud Tuberías      | 1000                 |
| Longitudes Automáticas | Off                  |
| Diámetro Tuberías      | 101.6                |
| Rugosidad Tuberías     | 0.0015               |

Figura 3.5 Configuración para análisis hidráulico [Elaboración propia, 2023]



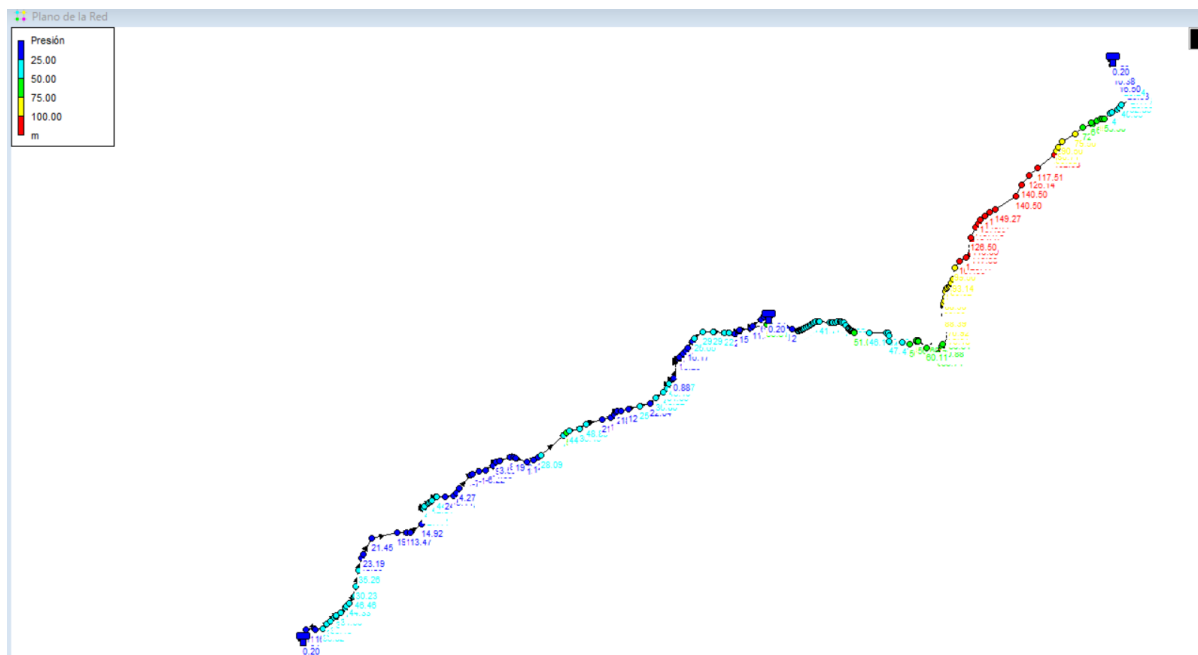
| Opción                 | Valor Predeterminado |
|------------------------|----------------------|
| Unidades de Caudal     | LPS                  |
| Ecuación de Pérdidas   | D-W                  |
| Peso Específico        | 1                    |
| Viscosidad Relativa    | 1                    |
| Iteraciones Máx.       | 40                   |
| Precisión              | 0.001                |
| Sistema no equilibrado | Continuar            |
| Patrón predeterminado  | 1                    |
| Factor de Demanda      | 1.0                  |

Guardar como predeterminado

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 3.6 Configuración para análisis hidráulico [Elaboración propia, 2023]

### 3.1.8.1.1 Revisión de presiones



**Figura 3.7 Modelamiento hidráulico de la línea de conducción [Elaboración propia, 2023]**

En el sistema se encuentran 2 diferentes tamaños de tubería. El tramo que va desde la PTAP hasta el tanque reservorio del recinto El Reventador posee una tubería PVC de 110 mm, mientras que el tramo que se dirige hacia San Francisco posee una tubería PVC de 90 mm. A continuación, se presentan las presiones máximas a las que las tuberías pueden estar sometidas de acuerdo con su diámetro nominal.

**Tabla 3.22 Presiones máximas de tuberías según el diámetro [Plastigama, 2023]**

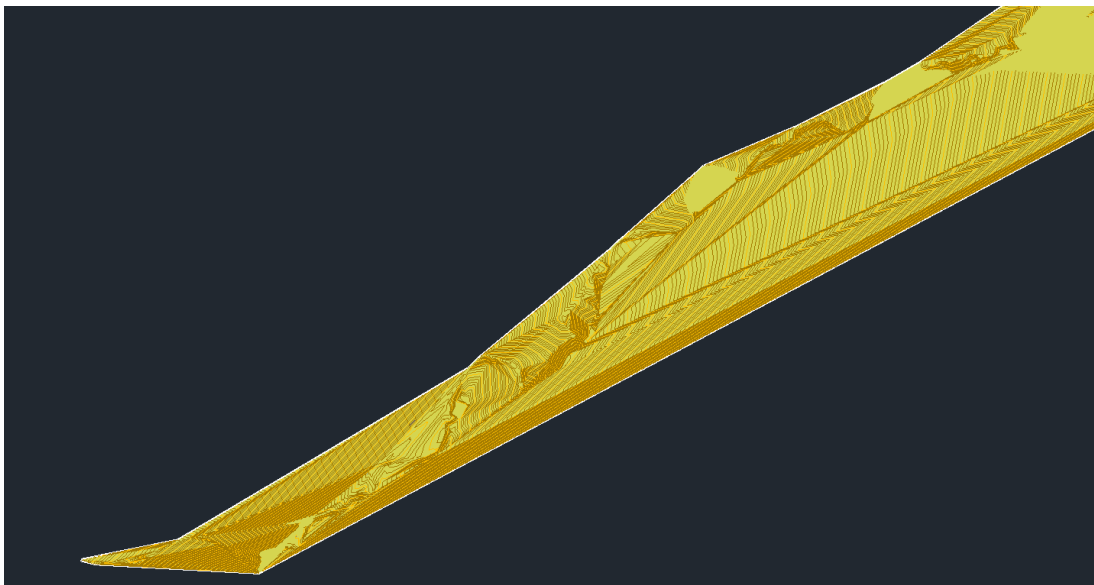
| Diámetro Nominal (mm) | diámetro Interior (mm) | Espesor nominal (mm) | Presión de trabajo |        |
|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------|
|                       |                        |                      | MPA                | MCA    |
| 90                    | 86,40                  | 1,80                 | 0,50               | 50,99  |
|                       | 85,40                  | 2,30                 | 0,63               | 64,24  |
|                       | 84,20                  | 2,90                 | 0,80               | 81,58  |
|                       | 82,80                  | 3,60                 | 1,00               | 101,97 |
|                       | 81,20                  | 4,40                 | 1,25               | 127,47 |
| 110                   | 105,60                 | 2,20                 | 0,50               | 50,99  |
|                       | 104,60                 | 2,70                 | 0,63               | 64,24  |
|                       | 103,20                 | 3,40                 | 0,80               | 81,58  |
|                       | 101,60                 | 4,20                 | 1,00               | 101,97 |
|                       | 99,60                  | 5,20                 | 1,25               | 127,47 |



### 3.1.8.1.2 Revisión de roturas y pendientes

Debido a los acostumbrados derrumbes de la zona y a las fuertes pendientes de la zona, existe el daño de aproximadamente 500 metros de tuberías entre la PTAP y un separador de caudales a la altura del recinto El Reventador.

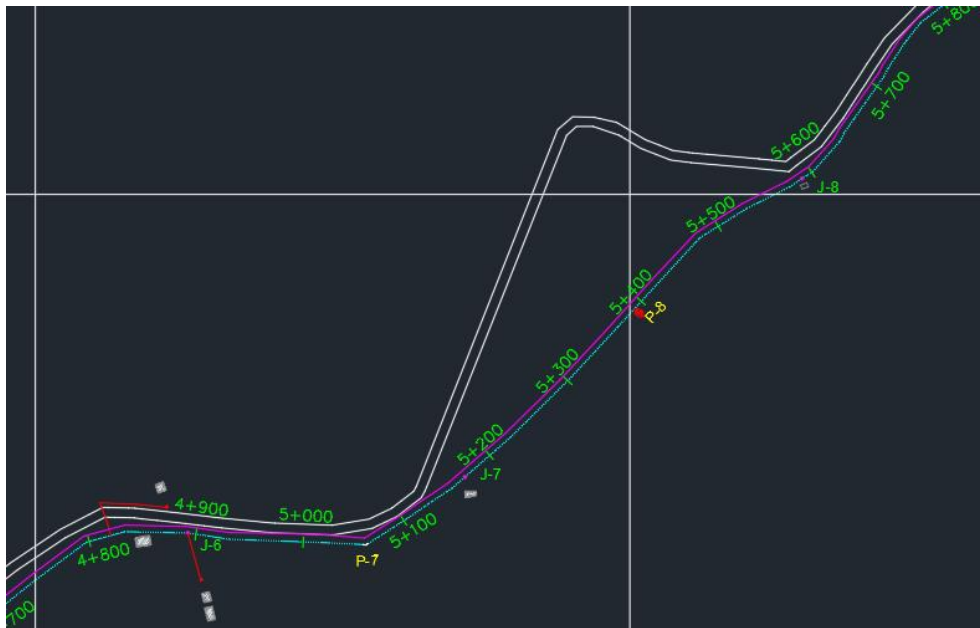
Es necesario realizar el diseño de este tramo de tubería, reubicándolo en un lugar con mayor estabilidad del suelo.



**Figura 3.9 Curva de niveles de la zona con derrumbes [Elaboración propia, 2023]**

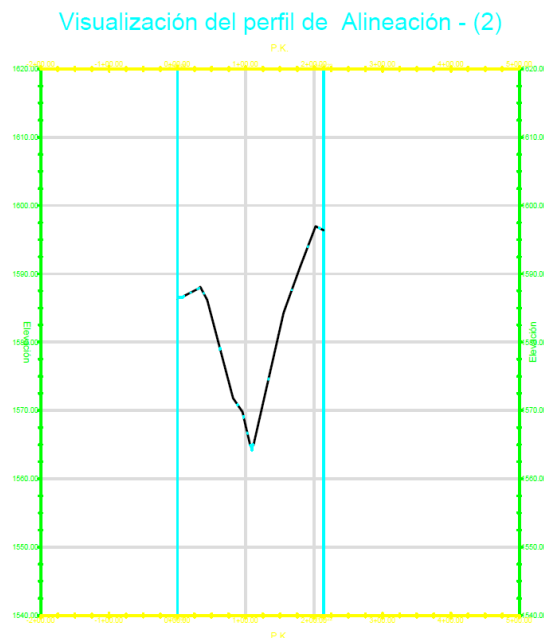
### 3.1.8.2 Propuestas de mejora en la línea de conducción

Se propone el rediseño del tramo 5+100 al tramo 5+600, este tramo se encuentra entre la PTAP y el tanque de reserva del Reventador. Se encuentra expuesto a constantes derrumbes ya que posee una topografía irregular.



**Figura 3.10 Tramo de red a reubicar [Elaboración propia, 2023]**

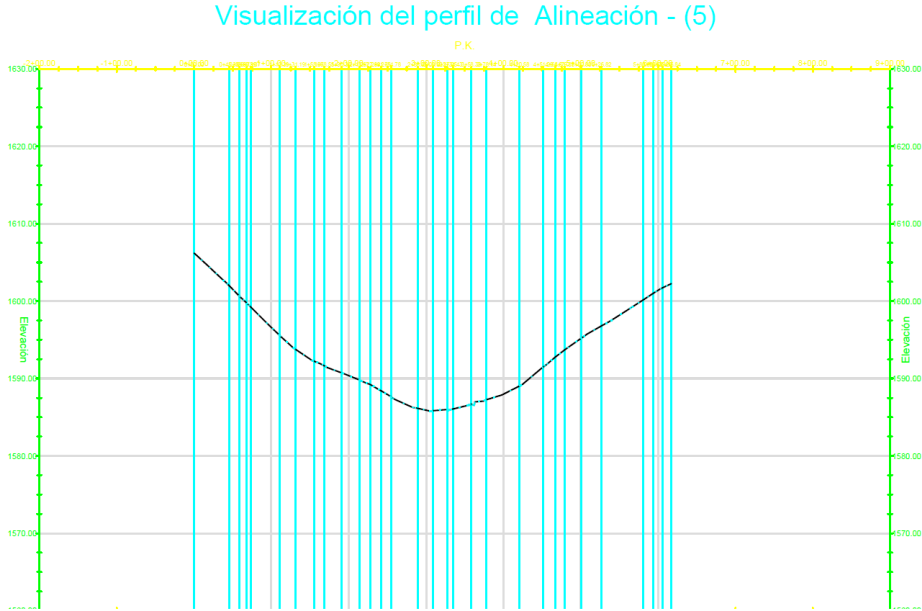
Este tramo de tuberías se localiza en el centro de 2 laderas con pendientes de hasta 27% y 37% de cada lado tal como se aprecia en el siguiente corte de perfil.



**Figura 3.11 Perfil de la topografía por donde pasa el tramo de tubería a reubicar [Elaboración propia, 2023]**



Se propone la reubicación de la tubería a un costado de la vía, la cual ya cuenta con la estabilidad que ayudará a reducir los daños por deslizamientos de tierra.



**Figura 3.12 Trazado de nuevo tramo de red [Elaboración propia, 2023]**

3.1.8.2.1 Diseño de red

Para el cálculo de la pendiente, se tiene:

$$cota_1 = 1606,20m$$

$$cota_2 = 1602,24m$$

$$Longitud\ de\ tramo = 616,83\ m$$

$$S = \frac{cota_{tn.fuente} - cota_{tn.A1}}{Longitud\ de\ tramo} \tag{3.34}$$

$$S = 0.0064 \frac{m}{m}$$

Para el diseño se empleará el método de Darcy-Weisbach, los datos iniciales son los siguientes:

$$Q_{con} = 7,50 \frac{l}{s}$$

$$L_{1-2} = 616,83 \text{ m}$$

$$\Delta Z = cota_1 - cota_2 = 3,96 \text{ m}$$

A partir de la ecuación de Bernoulli, se obtiene la siguiente ecuación

$$\Delta Z = \frac{8 * f * L_{1-2}}{\pi^2 * D^5 * g} * Q^2 \quad (3.35)$$

Donde:

$L_{1-2}$  = longitud del tramo

$D$  = diametro de la tubería

$g$  = gravedad

$Q$  = caudal

$f$  = perdida por fricción

Para determinar el diámetro de la tubería, se deja la ecuación anterior en función de esta.

$$D_{ac} = \left( \frac{8 * L * Q^2}{\left( \Delta Z - \left( \frac{P}{\rho g} \right) \right) * g * \pi^2} \right)^{\frac{1}{5}} * f^{\frac{1}{5}} \quad (3.36)$$

Al reemplazar los valores se obtiene la siguiente ecuación simplificada:

$$D_{ac} = 0,244 \sqrt[5]{f} \quad (3.37)$$

Con la siguiente ecuación, se expresa el número de Reynolds en función del diámetro.

$$Re = \frac{4 * Q_{cap}}{\pi * 1.1 * 10^{-6} * D_{ac}} \quad (3.38)$$

$$Re = \frac{9549,29}{D_{ac}}$$

Para determinar el diámetro de la tubería, se parte de un proceso iterativo, en el que inicialmente se asume un diámetro de tubería.

Se propone un  $D_{ac} = 0,09$  m. Por lo tanto, despejando la ecuación de Reynolds, se tiene:

$$Re = 106103,29$$

Se plantea la ecuación de PSAK para obtener la pérdida por fricción en la tubería:

$$f = \frac{0.25}{\left( \text{Log} \left( \frac{\frac{\varepsilon}{D_{ac} * 1000}}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2} \quad (3.39)$$

$$\varepsilon = 0,02m$$

Reemplazando los valores se obtiene

$$f = 0.018$$

Se reemplaza el valor de la fricción en la ecuación simplificada para el cálculo del diámetro y se obtiene:

$$D_{ac} = 0,11$$

Se puede observar que el valor asumido del diámetro difiere del valor calculado. Se realiza una iteración hasta que los valores de los diámetros asumidos y calculados no difieran.

**Tabla 3.24 Iteraciones para el cálculo de diámetro [Elaboración propia, 2023]**

| DAC asumido (m) | Re         | fAC        | DAC calc. (m) |
|-----------------|------------|------------|---------------|
| 0,09            | 106103,295 | 0,01892845 | 0,110642728   |
| 0,110642728     | 86307,4936 | 0,01938042 | 0,111166137   |
| 0,111166137     | 85901,1283 | 0,01939234 | 0,111179814   |
| 0,111179814     | 85890,5612 | 0,01939265 | 0,111180171   |
| 0,111180171     | 85890,285  | 0,01939266 | 0,11118018    |
| 0,11118018      | 85890,2778 | 0,01939266 | 0,111180181   |
| 0,111180181     | 85890,2776 | 0,01939266 | 0,111180181   |
| 0,111180181     | 85890,2776 | 0,01939266 | 0,111180181   |
| 0,111180181     | 85890,2776 | 0,01939266 | 0,111180181   |
| 0,111180181     | 85890,2776 | 0,01939266 | 0,111180181   |

Se obtuvo un diámetro de 0,111 m, se analizará llevando el valor a un diámetro comercial de PVC 110 mm, con las siguientes características:

**Tabla 3.25 Características de la tubería de diseño [Plastigama, 2023]**

| Diámetro Nominal (mm) | Diámetro Interior (mm) | Espesor nominal (mm) | Presión de trabajo |        |
|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------|
|                       |                        |                      | MPA                | MCA    |
| 110                   | 99,60                  | 5,20                 | 1,25               | 127,47 |

Se verifica que el diámetro adoptado cumpla con el requerimiento de velocidad recomendado para su uso, teniendo que ser mayor a 0.6m/s.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.40)$$

$$V = \frac{Q}{\pi * \left(\frac{D_{int}}{4}\right)^2}$$

$$V = 1,05 \frac{m}{s}$$

Se puede observar que, de las iteraciones realizadas, se tiene un coeficiente de fricción de  $f = 0.019$

De las mismas ecuaciones de PSAK, se procede a calcular la pérdida de carga por fricción con los parámetros seleccionados:

$$h_f = J * L_{1-2} \quad (3.41)$$

$$h_f = \left(\frac{8 * f * Q^2}{\pi^2 * D^5 * g}\right) * L_{1-2}$$

$$hf_{fric} = 0.0090 \text{ m/m} * 616,83 \text{ m}$$

$$hf_{fric} = 5,55 \text{ m}$$

Se observa que la pérdida de fricción es elevada con respecto a la longitud del tramo a rediseñar, se selecciona el siguiente diámetro comercial y se revisa que se cumpla con los parámetros anteriormente revisados.

**Tabla 3.26 Diámetro comercial seleccionado [Plastigama, 2023]**

| Diámetro Nominal (mm) | Diámetro Interior (mm) | Espesor nominal (mm) | Presión de trabajo |        |
|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------|
|                       |                        |                      | MPA                | MCA    |
| 140                   | 131,4                  | 5,20                 | 0,80               | 101,97 |

Se tienen los siguientes resultados para pérdida por fricción

**Tabla 3.27 Pérdida de fricción [Elaboración propia, 2023]**

|                           |             |                   |
|---------------------------|-------------|-------------------|
| Cálculo hf                |             |                   |
| Caudal                    | 0,00825     | m <sup>3</sup> /s |
| Viscosidad del agua       | 1,10E-06    | m <sup>2</sup> /s |
| Diámetro tubería          | 131,4       | mm                |
| V tubería                 | 0,60837777  | m/s               |
| Long tubería              | 616,83      | m                 |
| Rugosidad                 | 0,02        | mm                |
| Re                        | 72673,49    |                   |
| f                         | 0,01985831  |                   |
| J                         | 0,002850983 | m/m               |
| Hf (Pérdida por fricción) | 1,758571683 | m                 |

Para el cálculo de la cota piezométrica se tiene:

$$Q \text{Cota piezométrica} = Cota_1 - hf_{fric} - hf_{acc} \quad (3.42)$$

$$Cota \text{ piezométrica} = 1606,20 - 1,75$$

$$Cota \text{ piezométrica} = 1604,45 \text{ m}$$

Para el cálculo de la presión dinámica se tiene:

$$Presión \text{ dinámica} = Cota \text{ piezométrica} - Cota_2 \quad (3.19)$$

$$Presión \text{ dinámica} = 1604,45 - 1602,24$$

$$Presión \text{ dinámica} = 2.21 \text{ m. c. a}$$

La línea de conducción funciona a presiones inferiores a las recomendadas por el fabricante de tubería.

## **3.2 Especificaciones técnicas**

Las especificaciones técnicas, permiten realizar el análisis de los rubros de los trabajos que se deben ejecutar, el formato de presentación está integrado por una breve descripción de los trabajos, un apartado de especificaciones donde se indican las características de los materiales a emplearse, detalle del equipo mínimo a utilizar, responsabilidades de la contratista encargada del proyecto, así como las normativas que se deben aplicar para la ejecución de los trabajos. Finalmente, se detalla la unidad de medida de cada rubro, así como, la forma y condiciones de pago.

A continuación, se detalla como ejemplo, las especificaciones de los rubros Replanteo y nivelación y excavaciones manuales. Las especificaciones de los demás rubros se las podrá encontrar en el apartado de anexos.

### **3.2.1 Replanteo y nivelación**

#### **3.2.1.1 Descripción**

Se define como replanteo a la ubicación del proyecto en el terreno de la zona de estudio, de acuerdo con las especificaciones dadas en los planos, tales como coordenadas y cotas.

#### **3.2.1.2 Especificación**

Para realizar esta actividad, es necesario emplear equipos de alta precisión tales como una estación total, también se hará uso de cintas métricas y niveles. El personal deberá realizar la colocación de dados de hormigón en el que se identificará las respectivas cotas y coordenadas.

Los materiales, equipos y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD. En caso de solicitarse rectificaciones y de cualquier parte de la obra por parte de fiscalización, el contratista deberá realizar las respectivas correcciones sin que esto represente mayor gasto para el GAD.

### **3.2.1.3 Medición y forma de pago**

El replanteo y nivelación de las adecuaciones en la captación se medirá por m<sup>2</sup>. El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.

## **3.2.2 Excavaciones manuales**

### **3.2.2.1 Descripción**

Se define como excavación, al movimiento de tierras que se realiza de forma manual o mecánica con la ayuda de maquinaria especializada.

### **3.2.2.2 Especificación**

Para la excavación que se debe llevar a cabo en la línea de conducción, el contratista inicialmente debe comunicar el cronograma para esta actividad con el fin de que se tomen las respectivas medidas de control y mitigación de daños ambientales. Inicialmente, se debe remover la capa vegetal presente en la zona, se realiza la excavación de acuerdo con los niveles y pendientes de la memoria técnica y planos, los últimos 10 cm de excavación deben ser realizados de manera manual. El material excavado deberá ser colocado estratégicamente, con el fin de determinar el material que puede ser reutilizado para relleno.

El ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería, se realizará con un mínimo de 40 cm. En caso de encontrar nivel freático, el contratista deberá realizar el bombeo para quitarla del sitio, este concepto si puede ser considerado como un adicional dentro de la planilla de trabajos ejecutados.

Los materiales, equipos y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD. En caso de solicitarse rectificaciones y de cualquier parte de la obra por parte de fiscalización, el contratista deberá realizar las respectivas correcciones sin que esto represente mayor gasto para el GAD.

### **3.2.2.3 Medición y forma de pago**

La excavación mecánica, manual realizado para las zanjas de la línea de conducción, se medirá por m<sup>3</sup>. El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.



# CAPÍTULO 4

## 4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1 Descripción del proyecto

En este capítulo, se evaluará el impacto ambiental que generarían las adecuaciones civiles ligadas a las propuestas de mejora en los diversos componentes del sistema de agua potable de la parroquia El Reventador en el oriente ecuatoriano. Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, se busca cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible 6 y 11, que propician garantizar el acceso al agua potable en sectores rurales. También, es necesario cumplir con los objetivos ligados a la protección del ambiente, ya que, el sector de la construcción es de los principales sectores en generar afectaciones ambientales, cerca del 39% de emisiones de dióxido de carbono dentro del ámbito de la energía y procesos se debe a la construcción (*Impacto Ambiental de La Construcción - Diario El Mercurio*, n.d.).

Este capítulo detallará como las propuestas de diseño cumplen con los ODS 13 y 15 cuyas metas son desarrollar la adaptabilidad a los riesgos relacionados con el clima, así como velar por la conservación y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y agua dulce, componentes claves en este proyecto.

Es necesario realizar una evaluación ambiental en la captación de agua, la cual se realiza desde el río Azuela, así como, los tramos de la línea de conducción que serán adecuados, ya que, se encuentran en una zona donde predominan los recursos ecosistémicos, y su afectación pone en riesgo de manera directa a la salud y bienestar de la población. Para el desarrollo de este capítulo, se empleará métodos de levantamiento de información y observación directa para recopilar datos cualitativos, de la misma forma, se consultará fuentes bibliográficas tales como, guías de desarrollo y ordenamiento territorial para datos cuantitativos.

## 4.2 Línea base ambiental

### 4.2.1 Clima

El clima en la provincia de Sucumbíos es muy variado debido a las variaciones altitudinales, se puede encontrar un clima frío húmedo en la parte alta (4000 m.s.n.m) hasta un clima tropical lluvioso a los 180 m.s.n.m. El clima es el resultado de la interacción de diversos elementos tales como la precipitación, la temperatura, velocidad del viento, humedad, entre otros. En la provincia de Sucumbíos la temperatura varía en un rango de los 6°C hasta los 30°C, las precipitaciones durante casi todo el año sobrepasan los 6.000 mm anuales en El Reventador. (GAD Provincial de Sucumbíos, 2019)

La parroquia El Reventador se extiende en altitudes desde los 4.000 m.s.n.m en la parte alta, hasta 600 m.s.n.m en la parte baja, teniendo así una variedad de climas que incluyen el ecuatorial frío, mesotérmico húmedo y tropical lluvioso. En el plan de desarrollo y ordenamiento territorial (GAD El Reventador, 2015), se detalla las principales características de los climas presentes en la región.

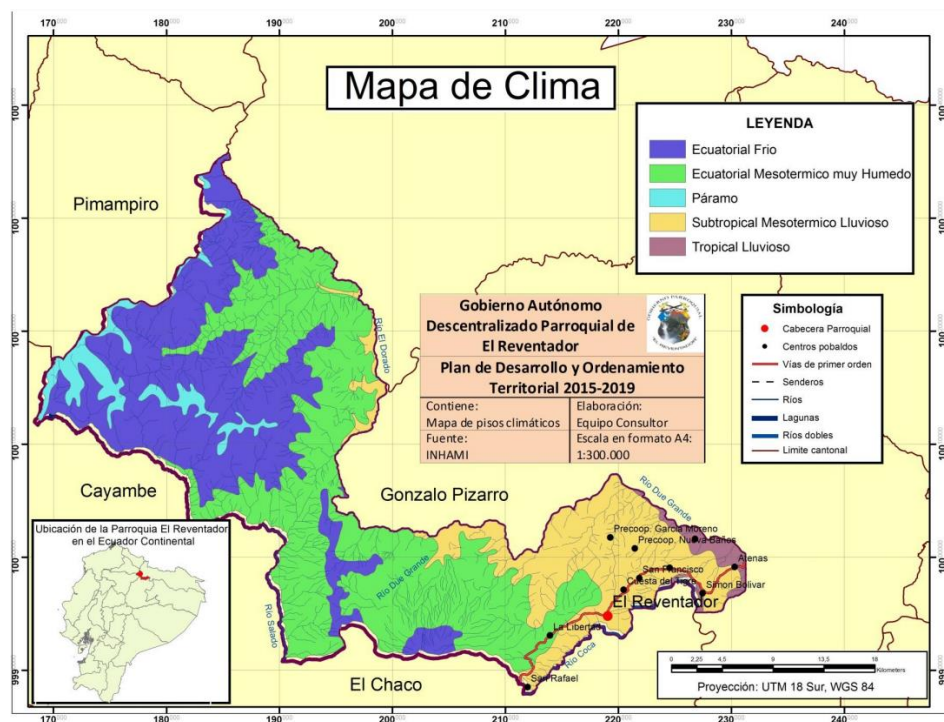


Figura 4.1 Mapa de clima parroquia El Reventador [SINAGRO MAGAP, 2015]

**Tabla 4.1 Características de los tipos de clima [GAD El Reventador, 2015]**

| <b>Tipo de clima</b>        | <b>Características</b>   |
|-----------------------------|--|
| Clima mesotérmico lluvioso  | Se encuentra en altitudes entre los 800 y 1700 m.s.n.m.<br>Se registra una temperatura media anual entre los 18 y 22°C.<br>Se identifica una humedad relativa de 90% con alta nubosidad.<br>Lluvias anuales superiores a los 4500 mm |
| Clima mega térmico lluvioso | Se registra en regiones de selva tropical<br>Se registra una temperatura media superior a los 22°C.<br>Se identifica una humedad relativa mayor al 90% con alta nubosidad. Lluvias anuales superiores a los 3500 mm                  |
| Clima mesotérmico húmedo    | Se encuentra en altitudes entre los 1600 y 2800 m.s.n.m.<br>Se registra una temperatura media anual entre los 12 y 18°C.<br>Se identifica una humedad relativa entre el 65 y 85%<br>Lluvias anuales superiores a los 3000 mm         |
| Clima tropical húmedo       | Se encuentra en altitudes entre los 2800 y 3700 m.s.n.m.<br>Se registra una temperatura media anual entre los 8 y 12°C.<br>Lluvias anuales superiores a los 1000 mm  |
| Clima ecuatorial frío       | Se encuentra en altitudes superiores a 3600 m.s.n.m.<br>Se registra una temperatura media anual menor a 20°C.<br>Se identifica una humedad relativa superior a 80%.<br>Lluvias anuales entre los 750 y 2000 mm                       |

**Tabla 4.2 Tipo de climas parroquia El reventador [GAD El Reventador, 2015]**

| <b>Tipo de Clima</b>               | <b>Porcentaje</b> |
|------------------------------------|-------------------|
| Ecuatorial Frio                    | 33%               |
| Ecuatorial Meso térmico muy Húmedo | 43%               |
| Páramo                             | 4%                |
| Subtropical Meso térmico lluvioso  | 18%               |
| Tropical Lluvioso                  | 2%                |

#### **4.2.2 Hidrología**

El cantón presenta un sistema hidrológico de arroyos, y ríos, se encuentra entre 2 importantes cuencas hidrográficas, el río Napo y el río Putumayo. Dentro del cantón se encuentra 34 microcuencas, así como algunos ríos principales como el río Quijos, río Azuela y río Salado (GAD El Reventador, 2000a).

Con respecto a la calidad de agua, estos ríos son de buena calidad. Durante el análisis preliminar para la implementación del sistema de agua potable, la empresa contratista (CENEL, 2013) realizó un estudio de la principal fuente de agua para el sistema de captación, el río Azuela, del análisis se determinó que los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos son idóneos para realizar el tratamiento para posterior consumo humano; Algunas de las características medidas son, turbiedad de 0.17 UNT, color en el límite tolerable por la norma INEN; presencia de hierro coloidal de 0.02 mg/l y hierro soluble de 0.02 mg/l; presencia de coliformes fecales de 210 NMP/100 ml, demás parámetros están bajo el límite tolerable de la norma INEN.

#### **4.2.3 Suelo**

Uno de los eventos que tiene mayor importancia en el aspecto ecológico es el de la erosión del suelo, en la provincia de Sucumbíos, esto se debe en gran parte a la tala de árboles a la que está expuesta la zona. Al ingreso del casco urbano del recinto El Reventador se presenta susceptibilidades altas de erosión debido a la acción del agua.

La zona de estudio está dentro de una zona sismo tectónica crítica, con un factor Z de 0.4, donde los sismos de gran magnitud son muy probables, sumado a que Ecuador se encuentra ubicado en una zona de intensa actividad sísmica, es necesario considerar los potenciales riesgos desde el punto de vista sismo tectónico.

La zona de ubicación del proyecto también se ve afectado por la actividad del volcán Reventador, debido a que es uno de los volcanes más activos del país; la actividad volcánica se incrementa a partir de noviembre del 2004, la misma que se caracteriza por la emisión de tres distintos flujos de lava y actividad explosiva moderada.



**Figura 4.2 Peligros volcánicos en el área del proyecto [SINAGRO MAGAP, 2015]**

Por lo tanto, en el área del proyecto no se descarta que en algún momento se presenten riesgos naturales como: la erosión del suelo, actividades sísmo tectónicas y la erupción del volcán Reventador.

La parroquia El Reventador presenta una superficie de 98454.05 has, con altitudes que van desde los 600 m.s.n.m. hasta los 3900 m.s.n.m. Se presenta pendientes que van desde el 40% hasta el 70%, posee 35407.30 hectáreas con relieves fuertes. El tipo de suelo que predomina en la parroquia el cual es el orden Andisols.



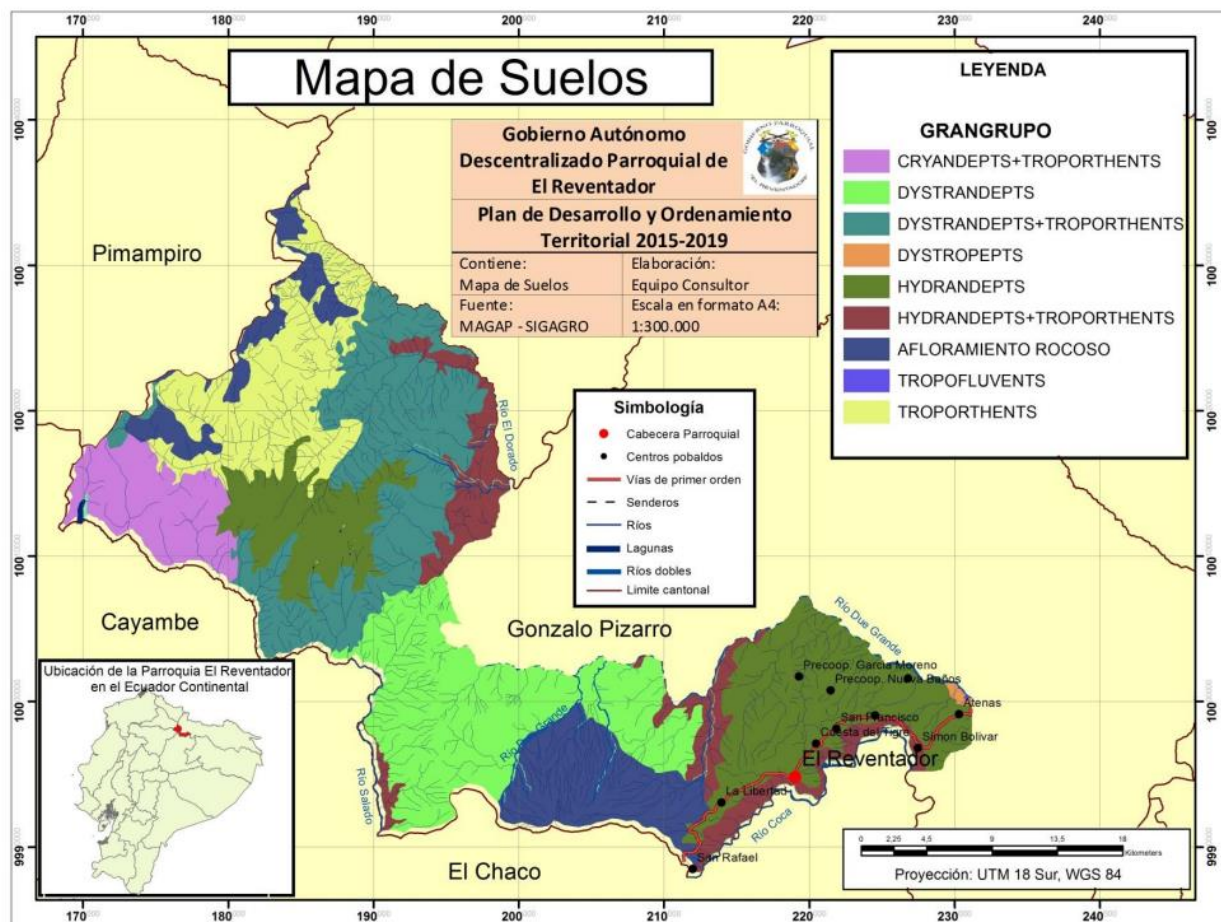


Figura 4.3 Mapa de suelos [SINAGRO-MAGA, 2015]

#### 4.2.4 Flora y Fauna

En el cantón Gonzalo Pizarro, han sido registradas más de 100 especies de plantas endémicas. Entre la flora destacan las flores taruga, chuquiragua, licopodio, achupalla y quinua, así mismo, se ha identificado más de 106 especies de mamíferos, tales como, el oso de anteojos, el murciélago orejón andino, puerco espín y musaraña andina (GAD El Reventador, 2015).

Se ha identificado 395 tipos de aves aproximadamente, algunos de ellos, el cóndor andino, gallo de la peña, tucán andino, zambullidor plateado, perdiz de páramo, así mismo se han identificado 70 de reptiles y 116 de anfibios (SINAGRO-MAGA, 2015).

#### 4.2.5 Áreas protegidas

El 95% del territorio de la parroquia El Reventador, forma parte de la reserva ecológica Cayambe Coca, el cual tiene un importante flujo turístico, entre las principales maravillas naturales se encuentra, el volcán Cayambe, el volcán Reventador y la cascada San Rafael (GAD El Reventador, 2000).

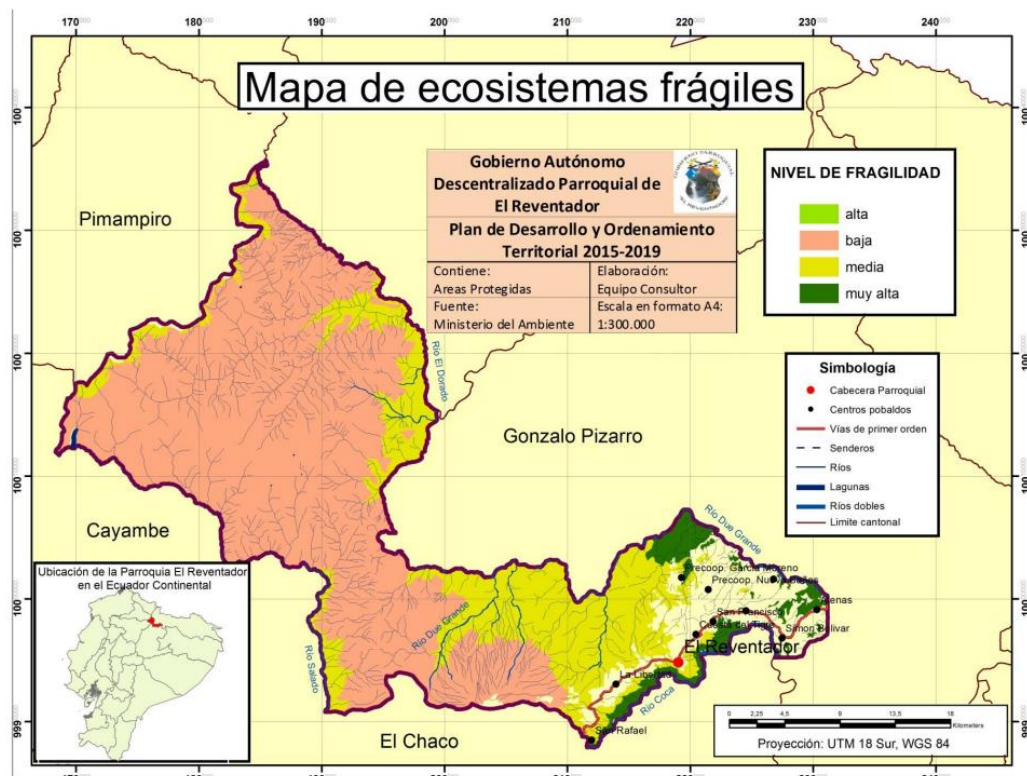


Figura 4.4 Mapa de ecosistemas frágiles [SINAGRO-MAGA, 2015]

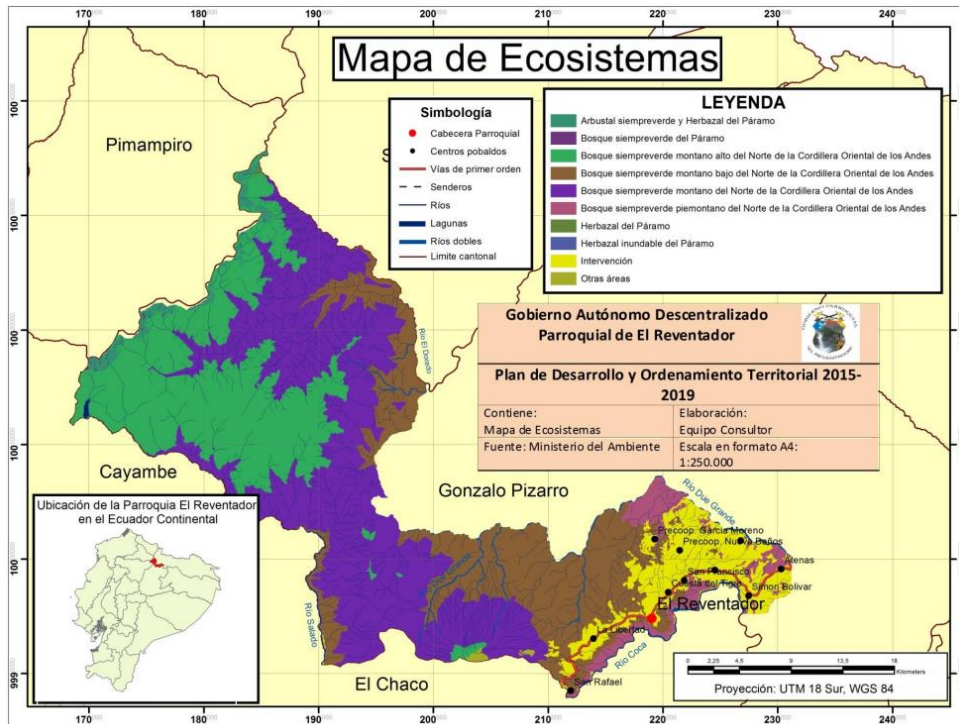


Figura 4.5 Mapa de ecosistemas [SINAGRO-MAGA, 2015]

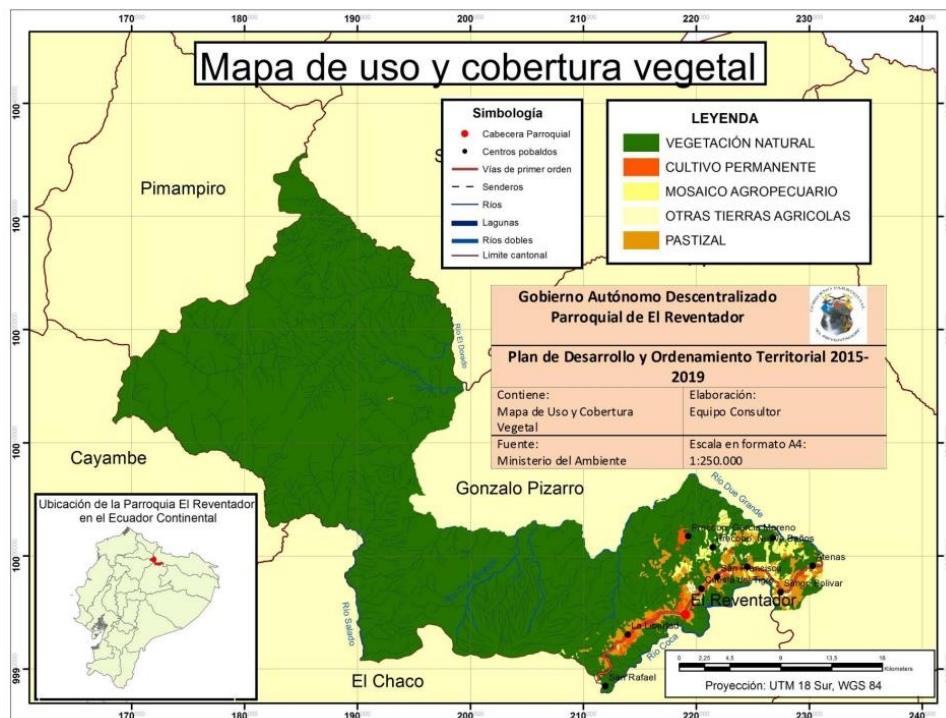


Figura 4.6 Mapa de uso y cobertura vegetal [SINAGRO-MAGA, 2015]



### 4.3 Actividades del proyecto

Las adecuaciones que se llevarán a cabo en la captación tienen un impacto ambiental importante, ya que, se debe desviar temporalmente el río Azuela, de la misma forma, en las áreas aledañas existe gran presencia de árboles y plantas. Los trabajos en línea de conducción pueden generar indirectamente afectaciones en los recursos ecosistémicos del sector y también pueden generar impactos directos en la población debido a los ruidos y gases que se generan en los procesos constructivos.

A continuación, se detallan las principales actividades que pueden generar una afectación en el ambiente. Las fases por evaluar serán las de construcción, operación y abandono de la obra.

**Tabla 4.3 Actividades que pueden generar afectaciones ambientales [Elaboración propia, 2023]**

| Fases del proyecto  | Entrada                                | Actividades  | Salida                         |                                    |                     |
|---------------------|--|--|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|
|                     | Materiales y equipos                   |  | Líquidos                       | Sólidos                            | Gaseosos            |
| <b>Constructiva</b> | Agua, sanitarios y energía provisional | Levantamiento de campamento provisional de las cuadrillas de trabajo | Aguas servidas                 | Residuos orgánicos                 | Ruido               |
|                     | Ingreso de equipos y maquinaria        | Transporte maquinaria pesada   | Aceites                        |                                    | Monóxido de carbono |
|                     | Maquinaria                             | Movimiento de tierra   | Aceites                        | Material de relleno y compactación | Monóxido de carbono |
|                     | Materiales                             | Adecuaciones y construcción  | Agua con químicos para pruebas | Residuos PVC                       |                     |
| <b>Operativa</b>    | Implantación de equipos operativos     | Implantar equipos de mantenimiento                                   | Agua contaminada con químicos  | Residuos orgánicos                 | Ruido / Gases       |

**Tabla 4.4 Continuación tabla 4.3 Tabla 4.3 Actividades que pueden generar afectaciones ambientales [Elaboración propia, 2023]**

|                 |                         |                                    |         |   |                     |
|-----------------|-------------------------|------------------------------------|---------|---|---------------------|
| <b>Abandono</b> | Equipos de construcción | Limpieza final                     | Aceites | Residuos orgánicos, material de relleno | Ruido               |
|                 | Maquinaria pesada       | Transporte y desmontaje de equipos | Aceites |   | Monóxido de carbono |

Durante la fase de construcción, el suelo se ve afectado como consecuencia del movimiento de tierra, por otro lado, la limpieza de tuberías, el mantenimiento preventivo y el tratamiento de agua de servicio durante la fase de operación también provocan afectaciones en el suelo. En las etapas finales de abandono, el suelo es alterado por las operaciones de remoción de desechos y desmantelamiento de equipos.

#### **4.4 Identificación de impactos ambientales**

##### **4.4.1 Medios ambientales**

Para la evaluación ambiental de las diversas fases del proyecto detalladas en la tabla 4.3, se han definido los siguientes factores ambientales relacionados a los medios biofísicos, sociales, económicos y culturales.

##### **4.4.1.1 Medio físico**

El medio físico incluye los componentes ligados al clima, suelo, agua y aire.

**Agua:** Es uno de los principales componentes naturales que sufre alteraciones por causa de las actividades de la construcción. Se identifican factores como la calidad del agua, drenaje de agua contaminada, así como carga y descarga, estos factores se ven afectados por las diversas actividades de los trabajadores, procesos de elaboración de hormigón, limpieza de maquinarias, excavación, relleno y compactación.

**Suelo:** Las propiedades y características del suelo en donde se realizan actividades constructivas pueden sufrir alteraciones ya sea en su estructura, permeabilidad o

porosidad, estos cambios están ligados a actividades de movimiento de suelo que podrían crear afectaciones a estructuras existentes.

**Aire:** Es uno de los medios más susceptibles a sufrir cambios que pueden afectar elementos cercanos o distantes del área de intervención del proyecto. Los factores considerados incluyen el nivel de ruido y emisión de gases contaminantes.

#### **4.4.1.2 Medio biótico**

El medio biótico se refiere a aquellos componentes ambientales que poseen vida, es decir a la flora y fauna de la zona de estudio.

**Flora:** Hace referencia a las especies de flores presentes y que de cierta forma serán afectadas por los procesos constructivos. Se consideraron flores, arboles, cubierta vegetal, espacios verdes y áreas recreativas.

**Fauna:** Hace referencia a las especies animales de las áreas de la zona de estudio intervenidas y cercanas. Se consideran las afectaciones causadas a los animales terrestres, aves, animales domésticos, anfibios y reptiles.

#### **4.4.1.3 socioeconómico-cultural**

Se considera:

**Calidad Visual:** Se evaluará al impacto en el paisaje que pudiera presentarse en la fase de construcción y operativa del proyecto.

**Calidad de vida de la población:** Se refiere a los aspectos ligados a la calidad de vida de las personas durante la ejecución del proyecto, así como a su bienestar, salud y seguridad.

**Generación de empleo:** Se hace referencia a los beneficios que acarrea la ejecución de la obra para el correcto desarrollo económico de los habitantes.

**Tabla 4.5 Factores ambientales a considerar para EIA [Elaboración propia, 2023]**

| <b>Medio</b>               | <b>Elemento</b> | <b>Factor</b>                      |
|----------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Físico                     | Aire            | Calidad del aire /emisión de gases |
|                            |                 | Ruido                              |
|                            | Agua            | Calidad                            |
|                            |                 | Carga/Descarga                     |
|                            |                 | Drenaje                            |
|                            | Suelo           | Calidad del suelo                  |
|                            |                 | Afectación de hábitats             |
|                            |                 | Erosión                            |
| Contaminación por residuos |                 |                                    |
| Perceptual                 | Paisaje         | Afectaciones visuales              |
|                            |                 | Afectaciones de olores             |
| Biótico                    | Flora           | Cobertura vegetal                  |
|                            |                 | Especies nativas                   |
|                            | Fauna           | Hábitats de fauna silvestre        |
|                            |                 | Fauna protegida                    |
| Sociocultural-económico    | Social          | Usos del suelo                     |
|                            |                 | Salud y seguridad de la población  |
|                            | Económico       | Calidad de vida                    |
|                            |                 | Generación de empleo               |

#### **4.5 Valoración de impactos ambientales**

Para realizar la valoración de los impactos ambientales de cada actividad dentro de las fases del proyecto, se realizarán matrices con diversas variables, a continuación, se detalla el criterio para cada matriz:

**Matriz de intensidad:** Se evalúa con un valor numérico que varía de 1 a 3 dependiendo del grado de cambio efectuado, siendo 3 el valor de mayor impacto, 2 valor de bajo impacto, 1 como el valor de impactos leves y 0 para impactos que no existen.

**Matriz de extensión:** Evalúa el impacto según la extensión, siendo 3 el valor para impactos regionales, 2 valor de impactos locales, 1 para impactos puntuales en la zona de estudio y 0 para impactos que no existen.

**Matriz de duración:** Evalúa el impacto en el tiempo, siendo 3 el valor para impactos ambientales de largo plazo, 2 para impactos a mediano plazo, 1 para impactos a corto plazo (menos de 5 años) en la zona de estudio y 0 para los impactos que tengan ninguna duración.

**Matriz de signo:** Signo negativo implica un impacto adverso, signo positivo indica un impacto que beneficia, espacio en blanco un impacto que no afecta ni beneficia.

**Matriz de magnitud:** Resulta de la evaluación realizada en las matrices de intensidad, extensión y duración. El peso del factor intensidad y extensión es del 40% cada uno, mientras que el peso de la matriz de duración tiene un peso de 20% para la matriz de magnitud.

Tabla 4.6 Matriz de intensidad EIA [Elaboración propia, 2023]

| ACTIVIDADES - ACCIONES |   | COMPONENTES AMBIENTALES |   | MATRIZ DE INTENSIDAD               |       |              |         |                   |                                       |         |                   |                  |                 |                 |                |                   |                 |                      |                       |                        |                              |
|------------------------|---|-------------------------|---|------------------------------------|-------|--------------|---------|-------------------|---------------------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
|                        |   |                         |   | AIRE                               |       | AGUA         |         | SUELO             |                                       |         | FLORA             |                  | FAUNA           |                 | SOCIAL         |                   |                 |                      |                       |                        | Peso relativo de actividades |
|                        |   |                         |   | Calidad de Aire / Emisión de gases | Ruido | Calidad agua | Drenaje | Calidad del suelo | Afectación de hábitats/ contaminación | erosión | Cobertura vegetal | Especies nativas | fauna silvestre | Fauna protegida | Usos del suelo | Salud y seguridad | Calidad de vida | Generación de empleo | Afectaciones visuales | Afectaciones de olores |                              |
| CONSTRUCCIÓN           | Traslado de maquinaria pesada al sitio  | 2                       | 1 | 0                                  | 0     | 0            | 1       | 0                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 1               | 0               | 0              | 1                 | 1               | 1                    | 10                    |                        |                              |
|                        | Levantamiento de campamento provisional | 0                       | 1 | 1                                  | 0     | 1            | 2       | 0                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 1               | 0               | 0              | 1                 | 2               | 2                    | 13                    |                        |                              |
|                        | Trazado y replanteo                     | 1                       | 1 | 1                                  | 0     | 1            | 0       | 1                 | 1                                     | 0       | 1                 | 0                | 1               | 1               | 0              | 1                 | 2               | 13                   |                       |                        |                              |
|                        | Desvío del río                          | 0                       | 2 | 3                                  | 2     | 0            | 2       | 1                 | 1                                     | 1       | 0                 | 1                | 2               | 2               | 1              | 2                 | 2               | 23                   |                       |                        |                              |
|                        | Movimiento de tierra                    | 2                       | 2 | 2                                  | 1     | 2            | 1       | 1                 | 1                                     | 0       | 1                 | 1                | 2               | 1               | 2              | 0                 | 2               | 22                   |                       |                        |                              |
|                        | Adecuaciones en captación               | 2                       | 2 | 2                                  | 1     | 2            | 1       | 2                 | 1                                     | 1       | 1                 | 1                | 2               | 1               | 1              | 1                 | 1               | 23                   |                       |                        |                              |
|                        | Instalación de tuberías y valvulas      | 2                       | 2 | 2                                  | 0     | 2            | 2       | 1                 | 1                                     | 1       | 1                 | 1                | 2               | 1               | 1              | 1                 | 1               | 22                   |                       |                        |                              |
|                        | Traslado de materiales                  | 1                       | 1 | 0                                  | 0     | 1            | 1       | 1                 | 1                                     | 0       | 0                 | 0                | 1               | 1               | 0              | 1                 | 1               | 11                   |                       |                        |                              |
| OPERACIÓN              | Generación de sólidos residuales        | 1                       | 1 | 2                                  | 3     | 2            | 2       | 0                 | 1                                     | 0       | 0                 | 0                | 1               | 1               | 2              | 1                 | 1               | 19                   |                       |                        |                              |
|                        | Pruebas hidráulicas                     | 1                       | 1 | 1                                  | 2     | 2            | 2       | 3                 | 1                                     | 1       | 1                 | 1                | 2               | 3               | 1              | 2                 | 2               | 28                   |                       |                        |                              |
| ABADONO                | Funcionamiento                          | 3                       | 2 | 1                                  | 3     | 2            | 2       | 3                 | 1                                     | 1       | 1                 | 1                | 2               | 2               | 1              | 1                 | 2               | 29                   |                       |                        |                              |
|                        | Desalojo de escombros                   | 1                       | 2 | 1                                  | 1     | 1            | 1       | 2                 | 1                                     | 1       | 1                 | 1                | 2               | 1               | 2              | 2                 | 3               | 25                   |                       |                        |                              |
|                        | Limpieza                                | 1                       | 1 | 1                                  | 1     | 1            | 1       | 1                 | 1                                     | 1       | 1                 | 1                | 1               | 1               | 1              | 1                 | 2               | 19                   |                       |                        |                              |
|                        | Desalojo de maquinaria y equipos        | 1                       | 2 | 2                                  | 2     | 2            | 2       | 3                 | 1                                     | 1       | 1                 | 1                | 2               | 2               | 1              | 2                 | 2               | 28                   |                       |                        |                              |

Tabla 4.7 Matriz de extensión EIA [Elaboración propia, 2023]

| ACTIVIDADES - ACCIONES |   | COMPONENTES AMBIENTALES            |       | MATRIZ DE EXTENSIÓN |         |                   |                                       |         |                   |                  |                 |                 |                |                   |                 |                      |                       |                        |                              |
|------------------------|---|------------------------------------|-------|---------------------|---------|-------------------|---------------------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
|                        |   |                                    |       | AIRE                |         | AGUA              |                                       | SUELO   |                   |                  | FLORA           |                 | FAUNA          |                   | SOCIAL          |                      |                       |                        |                              |
|                        |   | Calidad de Aire / Emisión de gases | Ruido | Calidad agua        | Drenaje | Calidad del suelo | Afectación de hábitats/ contaminación | erosión | Cobertura vegetal | Especies nativas | fauna silvestre | Fauna protegida | Usos del suelo | Salud y seguridad | Calidad de vida | Generación de empleo | Afectaciones visuales | Afectaciones de olores | Peso relativo de actividades |
| CONSTRUCCIÓN           | Traslado de maquinaria pesada al sitio  | 1                                  | 1     | 0                   | 0       | 0                 | 0                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 0                 | 2               | 1                    | 1                     | 2                      | 11                           |
|                        | Levantamiento de campamento provisional | 0                                  | 0     | 0                   | 0       | 1                 | 0                                     | 2       | 0                 | 0                | 1               | 0               | 2              | 0                 | 2               | 2                    | 2                     | 2                      | 14                           |
|                        | Trazado y replanteo                     | 0                                  | 0     | 0                   | 0       | 0                 | 2                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 1                 | 2               | 0                    | 1                     | 2                      | 10                           |
|                        | Desvío del río                          | 1                                  | 0     | 3                   | 0       | 0                 | 0                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 0                 | 2               | 1                    | 1                     | 2                      | 13                           |
|                        | Movimiento de tierra                    | 1                                  | 2     | 1                   | 0       | 0                 | 0                                     | 2       | 0                 | 0                | 1               | 0               | 2              | 0                 | 2               | 2                    | 2                     | 2                      | 17                           |
|                        | Adecuaciones en captación               | 1                                  | 0     | 3                   | 2       | 0                 | 2                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 1                 | 2               | 0                    | 1                     | 2                      | 16                           |
|                        | Instalación de tuberías y valvulas      | 3                                  | 2     | 2                   | 2       | 0                 | 1                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 0                 | 2               | 2                    | 2                     | 2                      | 20                           |
|                        | Traslado de materiales                  | 1                                  | 1     | 0                   | 1       | 0                 | 0                                     | 1       | 0                 | 0                | 1               | 2               | 1              | 1                 | 0               | 2                    | 1                     | 1                      | 13                           |
|                        | Generación de solidos residuales        | 2                                  | 0     | 2                   | 0       | 1                 | 2                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 2                 | 2               | 0                    | 1                     | 1                      | 15                           |
| OPERACIÓN              | Pruebas hidráulicas                     | 0                                  | 1     | 2                   | 1       | 1                 | 1                                     | 2       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 2                 | 0               | 1                    | 2                     | 1                      | 15                           |
|                        | Funcionamiento                          | 0                                  | 0     | 1                   | 1       | 1                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 2               | 1               | 1              | 1                 | 0               | 0                    | 1                     | 1                      | 12                           |
| ABADONO                | Desalojo de escombros                   | 1                                  | 1     | 0                   | 1       | 0                 | 2                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 1                 | 2               | 2                    | 2                     | 2                      | 17                           |
|                        | Limpieza                                | 1                                  | 0     | 0                   | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | 2               | 0                    | 2                     | 5                      |                              |
|                        | Desalojo de maquinaria y equipos        | 2                                  | 1     | 0                   | 1       | 1                 | 2                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 2              | 2                 | 2               | 2                    | 0                     | 0                      | 15                           |

Tabla 4.8 Matriz de duración EIA [Elaboración propia, 2023]

| ACTIVIDADES - ACCIONES  |   | MATRIZ DE DURACION                 |       |              |         |                   |                                       |         |                   |                  |                 |                 |                |                   |                 |                      |                       |                        |                              |
|-------------------------|---|------------------------------------|-------|--------------|---------|-------------------|---------------------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
|                         |   | AIRE                               |       | AGUA         |         | SUELO             |                                       |         | FLORA             |                  | FAUNA           |                 | SOCIAL         |                   |                 |                      |                       |                        |                              |
| COMPONENTES AMBIENTALES |   | Calidad de Aire / Emisión de gases | Ruido | Calidad agua | Drenaje | Calidad del suelo | Afectación de hábitats/ contaminación | erosión | Cobertura vegetal | Especies nativas | fauna silvestre | Fauna protegida | Usos del suelo | Salud y seguridad | Calidad de vida | Generación de empleo | Afectaciones visuales | Afectaciones de olores | Peso relativo de actividades |
| CONSTRUCCIÓN            | Traslado de maquinaria pesada al sitio  | 0                                  | 0     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 0                 | 0               | 0                    | 1                     | 1                      | 3                            |
|                         | Levantamiento de campamento provisional | 1                                  | 0     | 1            | 1       | 0                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 1                 | 0               | 1                    | 1                     | 0                      | 9                            |
|                         | Trazado y replanteo                     | 0                                  | 0     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 1                 | 0               | 0                    | 1                     | 1                      | 4                            |
|                         | Desvío del río                          | 0                                  | 0     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 0                 | 2               | 0                    | 1                     | 1                      | 5                            |
|                         | Movimiento de tierra                    | 1                                  | 2     | 1            | 1       | 0                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 1                 | 2               | 1                    | 1                     | 0                      | 13                           |
|                         | Adecuaciones en captación               | 0                                  | 0     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 1                 | 0               | 0                    | 1                     | 1                      | 4                            |
|                         | Instalación de tuberías y valvulas      | 0                                  | 0     | 1            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 0                 | 0               | 1                    | 2                     | 1                      | 6                            |
|                         | Traslado de materiales                  | 0                                  | 0     | 1            | 0       | 0                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 1               | 1              | 0                 | 0               | 1                    | 1                     | 2                      | 9                            |
| OPERACIÓN               | Generación de solidos residuales        | 1                                  | 1     | 0            | 0       | 0                 | 2                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 1                 | 1               | 1                    | 2                     | 3                      | 14                           |
|                         | Pruebas hidráulicas                     | 1                                  | 0     | 0            | 1       | 0                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 1               | 1               | 1              | 1                 | 0               | 0                    | 1                     | 1                      | 10                           |
| ABADONO                 | Funcionamiento                          | 1                                  | 0     | 0            | 1       | 1                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 1               | 1               | 0              | 1                 | 0               | 0                    | 1                     | 1                      | 10                           |
|                         | Desalojo de escombros                   | 0                                  | 2     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 0                 | 2               | 2                    | 2                     | 2                      | 12                           |
|                         | Limpieza                                | 0                                  | 1     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 0                 | 0               | 1                    | 1                     | 1                      | 5                            |
|                         | Desalojo de maquinaria y equipos        | 0                                  | 0     | 0            | 1       | 0                 | 1                                     | 1       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | 0               | 0                    | 1                     | 1                      | 5                            |



**Tabla 4.9 Matriz de signo EIA [Elaboración propia, 2023]**

| ACTIVIDADES - ACCIONES           |   | MATRIZ DE SIGNO                    |       |              |         |                   |                                       |         |                   |                  |                 |                 |                |                   |                 |                      |                       |                        |    |
|----------------------------------|---|------------------------------------|-------|--------------|---------|-------------------|---------------------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----|
|                                  |   | AIRE                               |       | AGUA         |         | SUELO             |                                       |         | FLORA             |                  | FAUNA           |                 | SOCIAL         |                   |                 |                      |                       |                        |    |
| COMPONENTES AMBIENTALES          |   | Calidad de Aire / Emisión de gases | Ruido | Calidad agua | Drenaje | Calidad del suelo | Afectación de hábitats/ contaminación | erosión | Cobertura vegetal | Especies nativas | fauna silvestre | Fauna protegida | Usos del suelo | Salud y seguridad | Calidad de vida | Generación de empleo | Afectaciones visuales | Afectaciones de olores |    |
| CONSTRUCCIÓN                     | Traslado de maquinaria pesada al sitio  | 0                                  | 0     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | 0               | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |
|                                  | Levantamiento de campamento provisional | -1                                 | -1    | -1           | 0       | -1                | -1                                    | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | 0               | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |
|                                  | Trazado y replanteo                     | 0                                  | 0     | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | 0               | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |
|                                  | Desvío del río                          | 0                                  | 0     | -1           | -1      | -1                | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | -1                | -1              | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |
|                                  | Movimiento de tierra                    | 0                                  | -1    | -1           | 0       | -1                | -1                                    | -1      | 0                 | 0                | 0               | 0               | -1             | 0                 | -1              | -1                   | -1                    | -1                     | -1 |
|                                  | Adecuaciones en captación               | -1                                 | -1    | -1           | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | -1             | 0                 | 0               | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |
|                                  | Instalación de tuberías y valvulas      | 0                                  | -1    | -1           | 0       | -1                | -1                                    | -1      | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | -1              | -1                   | -1                    | -1                     | -1 |
|                                  | Traslado de materiales                  | -1                                 | -1    | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | -1                | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | -1              | -1                   | 0                     | 0                      | 0  |
| Generación de sólidos residuales | -1                                      | 0                                  | -1    | 0            | 0       | -1                | -1                                    | -1      | -1                | -1               | -1              | -1              | -1             | -1                | -1              | 0                    | -1                    | -1                     |    |
| OPERACIÓN                        | Pruebas hidráulicas                     | 0                                  | -1    | -1           | 0       | 0                 | -1                                    | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | 0               | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |
|                                  | Funcionamiento                          | 0                                  | -1    | 1            | 0       | -1                | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 0              | 0                 | 0               | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |
| ABADONO                          | Desalojo de escombros                   | -1                                 | -1    | 0            | 1       | 0                 | 0                                     | -1      | 0                 | 0                | 0               | 0               | -1             | -1                | -1              | -1                   | -1                    | -1                     | -1 |
|                                  | Limpeza                                 | 0                                  | -1    | 0            | 0       | 0                 | 0                                     | 0       | 0                 | 0                | 0               | 0               | 1              | 0                 | 1               | 1                    | 1                     | 1                      | 1  |
|                                  | Desalojo de maquinaria y equipos        | 0                                  | -1    | 0            | -1      | 0                 | -1                                    | 0       | 0                 | 0                | -1              | -1              | -1             | -1                | -1              | 0                    | 0                     | 0                      | 0  |

Tabla 4.10 Matriz de magnitudes EIA [Elaboración propia, 2023]

| ACTIVIDADES - ACCIONES           |   | MATRIZ DE MAGNITUDES DE IMPACTO    |       |              |         |                   |                                       |         |                   |                  |                 |                 |                |                   |                 |                      |                       |                        |
|----------------------------------|---|------------------------------------|-------|--------------|---------|-------------------|---------------------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
|                                  |   | AIRE                               |       | AGUA         |         | SUELO             |                                       |         | FLORA             |                  | FAUNA           |                 | SOCIAL         |                   |                 |                      |                       |                        |
| COMPONENTES AMBIENTALES          |   | Calidad de Aire / Emisión de gases | Ruido | Calidad agua | Drenaje | Calidad del suelo | Afectación de hábitats/ contaminación | erosión | Cobertura vegetal | Especies nativas | fauna silvestre | Fauna protegida | Usos del suelo | Salud y seguridad | Calidad de vida | Generación de empleo | Afectaciones visuales | Afectaciones de olores |
| CONSTRUCCIÓN                     | Traslado de maquinaria pesada al sitio  | 0,0                                | 0,0   | 0,0          | 0,0     | 0,0               | 0,0                                   | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | 0,0               | 0,0             | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
|                                  | Levantamiento de campamento provisional | -0,2                               | -0,4  | -0,6         | 0,0     | -0,8              | -1,0                                  | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | 0,0               | 0,0             | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
|                                  | Trazado y replanteo                     | 0,0                                | 0,0   | 0,0          | 0,0     | 0,0               | 0,0                                   | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | 0,0               | 0,0             | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
|                                  | Desvío del río                          | 0,0                                | 0,0   | -2,4         | -0,8    | 0,0               | 0,0                                   | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | -0,8              | -2,0            | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
|                                  | Movimiento de tierra                    | 0,0                                | -2,0  | -1,4         | 0,0     | -0,8              | -0,6                                  | -1,4    | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | -1,8           | 0,0               | -2,0            | -1,0                 | -1,8                  | -1,2                   |
|                                  | Adecuaciones en captación               | -1,2                               | -0,8  | -2,0         | 0,0     | 0,0               | 0,0                                   | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | -1,8           | 0,0               | 0,0             | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
|                                  | Instalación de tuberías y valvulas      | 0,0                                | -1,6  | -1,8         | 0,0     | -0,8              | -1,2                                  | -0,4    | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | 0,0               | -1,2            | -1,4                 | -1,6                  | -1,4                   |
|                                  | Traslado de materiales                  | -0,8                               | -0,8  | 0,0          | 0,0     | 0,0               | 0,0                                   | 0,0     | -0,4              | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | -0,8              | 0,0             | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
| Generación de solidos residuales | -1,4                                    | 0,0                                | -1,6  | 0,0          | 0,0     | -2,0              | -0,2                                  | -0,4    | 0,0               | 0,0              | 0,0             | -1,4            | -1,4           | -1,8              | 0,0             | -1,2                 | -1,4                  |                        |
| OPERACIÓN                        | Pruebas hidráulicas                     | 0,0                                | -0,8  | -1,2         | 0,0     | 0,0               | -1,4                                  | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | 0,0               | 0,0             | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
|                                  | Funcionamiento                          | 0,0                                | -0,8  | 0,8          | 0,0     | -1,4              | 0,0                                   | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,0            | 0,0               | 0,0             | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |
| ABADONO                          | Desalojo de escombros                   | -0,8                               | -1,6  | 0,0          | 0,8     | 0,0               | 0,0                                   | -1,4    | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | -1,8           | -0,8              | -2,0            | -2,0                 | -2,0                  | -2,4                   |
|                                  | Limpieza                                | 0,0                                | -0,6  | 0,0          | 0,0     | 0,0               | 0,0                                   | 0,0     | 0,0               | 0,0              | 0,0             | 0,0             | 0,6            | 0,0               | 0,4             | 1,4                  | 1,0                   | 1,8                    |
|                                  | Desalojo de maquinaria y equipos        | 0,0                                | -1,2  | 0,0          | -1,4    | 0,0               | -1,8                                  | 0,0     | 0,0               | 0,0              | -0,4            | -0,4            | -1,6           | -1,6              | -1,2            | 0,0                  | 0,0                   | 0,0                    |

## 4.6 Medidas de prevención/mitigación

**Tabla 4.11 Propuestas de mitigación para los principales impactos ambientales**  
[Elaboración propia, 2023]

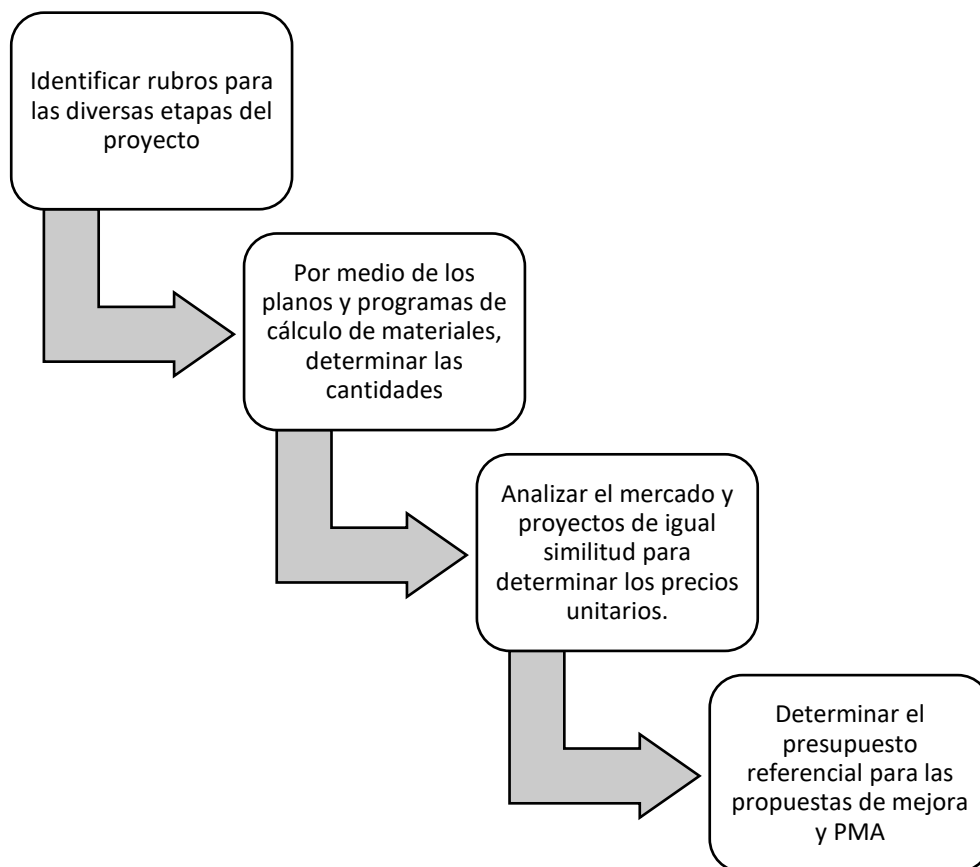
| <b>Impacto Ambiental</b>                     | <b>ACCIONES</b>   |
|--|---|
| <b>Instalación de campamento provisional</b> | El sitio del campamento debe ser uno que no genere afectación al ecosistema, de preferencia un lugar llano.   |
|  | Se debe implementar baños químicos que deberán estar ubicados estratégicamente y con las debidas medidas de seguridad   |
|  | El sitio de almacenamiento de hidrocarburos debe contar con las debidas precauciones y medidas de mitigación en caso de derrame en el suelo.  |
|  | Los residuos sólidos de los obreros deberán colocarse en un sitio estratégico para acopio temporal y su posterior disposición final.  |
|  | Los obreros que estén en campamento deberán ser capacitados para dejar el sitio con la menor afectación ecosistémica.   |
| <b>Movimiento de tierra</b>                  | Exigir el cumplimiento de la normativa vigente para el desalojo de los diversos materiales y escombros.   |
|  | Socializar las horas en las que se realizará el uso de maquinaria pesada a los poblados cercanos.   |
|  | Continuo riego de agua para evitar el levantamiento de polvo.   |
|  | Usar los mismos caminos previamente trazados para evitar afectaciones en la cubierta vegetal  |
| <b>Movimiento de maquinaria pesada</b>       | La maquinaria empleada deberá contar con el debido mantenimiento preventivo/correctivo y calibración con el fin de evitar emisiones innecesarias de ruidos, gases como el CO2 y partículas, así como evitar derrames o liqueos. |
|  | Uso de los equipos de protección personal.  |
|  | Establecer protocolos para mitigar la emisión de gases.   |

# CAPÍTULO 5

## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 EDT

Para la elaboración del presupuesto se empleará la siguiente metodología de trabajo.



**Figura 5.1 EDT para Análisis de precios unitarios [Elaboración propia, 2023]**

### 5.2 Descripción de rubros

Para el desarrollo del proyecto, se han definido etapas de acuerdo con las diversas tareas a realizar. Se enlistan tareas preliminares que se deben establecer en una obra, tales como, el levantamiento del campamento provisional, señalética, movilización de los equipos, entre otros. También, se detallan los rubros necesarios para llevar a cabo las propuestas de mejora y se considera un apartado para las medidas de prevención y mitigación ambiental.

Los rubros que integran el presupuesto referencial para este proyecto son los siguientes:

### **5.2.1 Trabajos preliminares**

- Limpieza manual del terreno (m2)
- Trazado y replanteo (m2)
- Campamento provisional (GLB)
- Señalética de obra (GLB)
- Movilización de equipos y maquinaria (GLB)

### **5.2.2 Adecuaciones en la captación**

- Desvío de cauce (GLB)
- Retiro de rejilla lateral (GLB)
- Retiro de tuberías existentes (GLB)
- Excavación manual (m3)
- Nivelación y compactación (m2)
- Concreto ciclópeo (m3)
- Concreto F'C=210 kg/cm2 para aliviadero (m3)
- Suministro e instalación de rejilla de acero de fondo (GLB)
- Canal de recolección (ml)
- Mampostería de bloque para vertedero de excesos (m2)
- Suministro e instalación de tuberías PVC 110 MM para desarenador (ml)
- Dique para pozo de amortiguación (0,25 x 0,25) m (GLB)
- Desalojo de materiales (GLB)
- Limpieza (GLB)

### **5.2.3 Línea de conducción**

- Excavación en zanja a mano (m3)
- Cama de arena (m3)

- Relleno de arena (m3)
- Suministro e instalación de tuberías PVC 110 MM inc. Accesorios (ml)
- Relleno compactado con suelo natural (m3)
- Desalojo de materiales (GLB)
- Deshabilitar tuberías con roturas (GLB)

#### **5.2.4 Otras obras de conducción**

- Cámaras rompe presiones (U)
- Válvulas reguladoras de caudal (U)
- Caja separadora de caudales (U)

#### **5.2.5 Rubros ambientales**

- Provisión de agua para mitigar polvo levantado de las obras (Día)
- Señalética de seguridad (U)
- Socialización con la sociedad (GLB)
- Desarrollo del PMA (GLB)
- Gestión de residuos (GLB)

### **5.3 Análisis de costos unitarios**

Para determinar los precios unitarios de los rubros ya mencionados, se realizó el análisis de mercado para los diversos componentes de un APU, estos son, materiales, equipos, mano de obra y transporte.

Se tuvo como referencia a los presupuestos levantados en obras públicas, de la misma forma, se consultó revistas especializadas en la construcción para determinar precios de materiales. Para la mano de obra se tuvo como referencia la tabla sectorial de los sueldos en el sector de la construcción determinada por la contraloría general del estado.

A continuación, se presenta el formato para el análisis de precios unitarios para cada rubro.

| <b>EQUIPO</b>                        |          |           |                                      |             |                    |
|--------------------------------------|----------|-----------|--------------------------------------|-------------|--------------------|
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA                           | RENDIMIENTO | COSTO              |
|                                      | A        | B         | C = A * B                            | R           | D=C*R              |
| Herramienta menor 5% MO              |          |           |                                      |             | \$ 0,00            |
|                                      |          |           | \$ 0,00                              |             | \$ 0,00            |
|                                      |          |           |                                      |             | \$ 0,00            |
| <b>SUBTOTAL M</b>                    |          |           |                                      |             | <b>\$ 0,00</b>     |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |          |           |                                      |             |                    |
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA                           | RENDIMIENTO | COSTO              |
|                                      | A        | B         | C = A * B                            | R           | D=C*R              |
|                                      |          |           | \$ 0,00                              |             | \$ 0,00            |
|                                      |          |           | \$ 0,00                              |             | \$ 0,00            |
|                                      |          |           | \$ 0,00                              |             | \$ 0,00            |
|                                      |          |           | \$ 0,00                              |             | \$ 0,00            |
|                                      |          |           | \$ 0,00                              |             | \$ 0,00            |
| <b>SUBTOTAL N</b>                    |          |           |                                      |             | <b>\$ 0,00</b>     |
| <b>MATERIALES</b>                    |          |           |                                      |             |                    |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT.                         | COSTO       |                    |
|                                      |          | A         | B                                    | C=A*B       |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
| <b>SUBTOTAL O</b>                    |          |           |                                      |             | <b>\$ 0,00</b>     |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |          |           |                                      |             |                    |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA                               | COSTO       |                    |
|                                      |          | A         | B                                    | C=A*B       |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
|                                      |          |           |                                      | \$ 0,00     |                    |
| <b>SUBTOTAL P</b>                    |          |           |                                      |             | <b>\$ 0,00</b>     |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |          |           | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |             | <b>\$ 0,00</b>     |
|                                      |          |           | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |             | 25% <b>\$ 0,00</b> |
|                                      |          |           | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |             | <b>\$ 0,00</b>     |

**Figura 5.2 Formato para APUS [Elaboración propia, 2023]**

El formato seleccionado considera como precios directos a los gastos relacionados con los equipos y/o maquinaria, mano de obra, materiales y transporte en caso de requerirse, se coloca un 20% de costos indirectos, de acuerdo con referencias de gastos administrativos y de fiscalización que requiere este tipo de obra.

En el apartado anexo, se adjunta el APU de cada rubro del presupuesto referencial.

#### 5.4 Descripción de cantidades de obra

Para determinar la cantidad de los rubros, se consideró las dimensiones de los elementos que componen las propuestas de mejora. Para la captación se pudo calcular la cantidad de hormigón requerido con la ayuda de los programas AutoCAD y REVIT del paquete de AUTODESK.

Para estimar las cantidades de las mejoras en la línea de conducción, se fijó cual sería la zanja que se requeriría para las tuberías a lo largo de la red, de esta forma se pudo cuantificar valores de excavación, cama de arena y valores para el relleno y compactación.

#### 5.5 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental

Para cada etapa del proyecto, se tienen los siguientes montos resumidos, se incluyen los precios para ejecutar las medidas de mitigación de afectaciones ambientales.

**Tabla 5.1 Resumen de precios por etapa del proyecto [Elaboración propia, 2023]**

| TABLA DE RUBROS, CANTIDADES Y PRECIOS |                           |              |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------|
| ITEM                                  | Descripcion               | Precio Total |
| 1                                     | TRABAJOS PRELIMINARES     | \$ 7.963,16  |
| 2                                     | CAPTACIÓN                 | \$ 5.883,10  |
| 3                                     | LINEA DE CONDUCCIÓN       | \$ 18.556,65 |
| 4                                     | OTRAS OBRAS DE CONDUCCIÓN | \$ 1.260,00  |
| 5                                     | RUBROS AMBIENTALES        | \$ 13.470,00 |

A continuación, se detalla el presupuesto referencial de para las propuestas de mejora:



**Tabla 5.2 Presupuesto referencial [Elaboración propia]**

| TABLA DE RUBROS, CANTIDADES Y PRECIOS |  |        |          |                 |                     |
|---------------------------------------|--|--------|----------|-----------------|---------------------|
| ITEM                                  | Descripción  | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total        |
| <b>1</b>                              | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                                     |        |          |                 |                     |
| 1.1                                   | Limpieza manual del terreno                                      | m2     | 30,00    | \$ 2,86         | \$ 85,80            |
| 1.2                                   | Trazado y replanteo  | m2     | 30,00    | \$ 2,40         | \$ 72,00            |
| 1.3                                   | Campamento provisional   | m2     | 32,00    | \$ 18,85        | \$ 603,20           |
| 1.4                                   | Señalética de obra   | Unidad | 1,00     | \$ 102,16       | \$ 102,16           |
| 1.5                                   | Cartel identificación de obra 3.60X2.40M                         | GLB    | 1,00     | \$ 200,00       | \$ 200,00           |
| 1.6                                   | Movilización de equipos y maquinaria                             | Viaje  | 3,00     | \$ 2.300,00     | \$ 6.900,00         |
| <b>2</b>                              | <b>CAPTACIÓN</b>   |        |          |                 |                     |
| 2.1                                   | Desvío de cauce  | Glb    | 1,00     | \$ 3.400,00     | \$ 3.400,00         |
| 2.2                                   | Retiro de rejilla lateral  | Glb    | 1,00     | \$ 100,00       | \$ 100,00           |
| 2.3                                   | Hormigón para hueco de rejilla lateral                           | glb    | 1,00     | \$ 120,00       | \$ 120,00           |
| 2.4                                   | Retiro de tuberías existentes en la captación                    | Glb    | 1,00     | \$ 61,94        | \$ 61,94            |
| 2.5                                   | Excavación manual  | m3     | 1,80     | \$ 10,21        | \$ 18,38            |
| 2.6                                   | Relleno compactado con material de sitio                         | m3     | 1,30     | \$ 7,01         | \$ 9,11             |
| 2.7                                   | Concreto ciclopeo  | m3     | 5,00     | \$ 105,31       | \$ 526,55           |
| 2.8                                   | Concreto F'C=210 kg/cm2 para alivadero incluye armado            | m3     | 2,90     | \$ 140,38       | \$ 407,10           |
| 2.9                                   | Suministro e instalación de rejilla de acero de fondo            | glb    | 1,00     | \$ 200,00       | \$ 200,00           |
| 2.10                                  | Canal de recolección   | ml     | 4,00     | \$ 21,00        | \$ 84,00            |
| 2.11                                  | Mampostería de bloque para vertedero de excesos                  | m2     | 4,80     | \$ 11,67        | \$ 56,02            |
| 2.12                                  | Suministro e instalación de tuberías PVC 110 MM para desarenador | ml     | 10,00    | \$ 14,00        | \$ 140,00           |
| 2.13                                  | Dique para pozo de amortiguación (0,25 x 0,25)m                  | Glb    | 1,00     | \$ 50,00        | \$ 50,00            |
| 2.14                                  | Desalojo de materiales   | Glb    | 1,00     | \$ 560,00       | \$ 560,00           |
| 2.15                                  | Limpieza   | Glb    | 1,00     | \$ 150,00       | \$ 150,00           |
| <b>3</b>                              | <b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN</b>                                       |        |          |                 |                     |
| 3.1                                   | Excavación en zanja a mano                                       | m3     | 196,80   | \$ 17,06        | \$ 3.357,41         |
| 3.2                                   | Cama de arena  | m3     | 49,20    | \$ 20,93        | \$ 1.029,76         |
| 3.3                                   | Relleno de arena   | m3     | 49,20    | \$ 17,00        | \$ 836,40           |
| 3.4                                   | Suministro e instalación de tuberías PVC 140 MM inc. Accesorios  | ml     | 615,00   | \$ 19,42        | \$ 11.943,30        |
| 3.5                                   | Relleno compactado con suelo natural                             | m3     | 98,40    | \$ 7,01         | \$ 689,78           |
| 3.6                                   | Desalojo de materiales   | GLB    | 1,00     | \$ 300,00       | \$ 300,00           |
| 3.7                                   | Deshabilitar tuberías con roturas                                | GLB    | 1,00     | \$ 400,00       | \$ 400,00           |
| <b>4</b>                              | <b>OTRAS OBRAS DE CONDUCCIÓN</b>                                 |        |          |                 |                     |
| 4.1                                   | Cámaras rompe presiones  | Unidad | 2,00     | \$ 300,00       | \$ 600,00           |
| 4.2                                   | Válvulas reguladoras de caudal                                   | Unidad | 2,00     | \$ 180,00       | \$ 360,00           |
| 4.3                                   | Caja separadora de caudales                                      | Unidad | 1,00     | \$ 300,00       | \$ 300,00           |
| <b>5</b>                              | <b>RUBROS AMBIENTALES</b>  |        |          |                 |                     |
| 5.1                                   | Provisión de agua para mitigar polvo levantado de las obras      | Día    | 55,00    | \$ 96,00        | \$ 5.280,00         |
| 5.2                                   | Señalética de seguridad  | Unidad | 13,00    | \$ 100,00       | \$ 1.300,00         |
| 5.3                                   | Socialización con la sociedad                                    | Glb    | 1,00     | \$ 890,00       | \$ 890,00           |
| 5.4                                   | Desarrollo del PMA   | Glb    | 1,00     | \$ 1.000,00     | \$ 1.000,00         |
| 5.5                                   | Gestión de residuos  | Glb    | 1,00     | \$ 5.000,00     | \$ 5.000,00         |
|                                       |  |        |          | <b>TOTAL</b>    | <b>\$ 47.132,91</b> |

## 5.6 Cronograma de obra

Para este proyecto, se definió un cronograma de tiempos con el fin de determinar el periodo de ejecución de las diversas etapas del proyecto, para ello, se hizo uso del programa Microsoft Project del paquete de office, se puede observar el cronograma de trabajos en el apartado Anexos. Para las adecuaciones y mejoras en la captación y línea de conducción se tiene una referencia de trabajos de 4 meses.

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Del aforo del caudal realizado en sitio, se determinó que las conexiones artesanales ubicadas 40 metros aguas arriba de la estructura de captación logran que 7LPS lleguen a la PTAP, mientras que la captación del sistema no está en funcionamiento debido a que no logra satisfacer los caudales de captación. Una vez revisadas las demandas que el proyecto debe cumplir de acuerdo con las proyecciones de crecimiento poblacional, se determinó que el caudal de diseño para la planta potabilizadora debe ser de 7,5 LPS y para la estructura de captación 8,2 LPS.
- Del análisis hidráulico llevado a cabo con el programa EPANET, se pudo determinar que ciertos tramos de tuberías a la altura del cantón San Francisco presentan presiones elevadas, se registran presiones de hasta 150 m.c.a, el cual es un valor que está fuera de los rangos permitidos en la normativa INEN. La tubería actual tampoco es capaz de soportar dichas presiones, ya que, según las características, la presión máxima a la que pueden estar sujetas es de 127 m.c.a.
- Debido a las pendientes elevadas y a constantes derrumbes entre las abscisas 5+100 y 5+700, entre la PTAP y tanque reservorio de El Reventador, se evidencian roturas, este proyecto presenta el rediseño de 615 metros de tubería que han sufrido daños, reubicando este tramo en zonas que presentan mayor estabilidad del suelo, se estableció un diámetro de 140 mm con una zanja de 80 cm de profundidad, las velocidades y presiones se encuentran dentro de los establecido por la norma INEN.
- En el tramo de red de tuberías rediseñado se producen pérdidas de presión por fricción de 1,75 m.c.a, y se tiene una velocidad de 0,60 m/s, si se hubiese seleccionado una tubería de menor diámetro, el sistema iba a registrar mayores pérdidas por fricción.

- Se realizó el diseño de una estructura de captación tipo bocatoma de fondo, la experiencia en captaciones de agua superficial en parroquias aledañas, y los resultados de diseño, indican que esta estructura es capaz de captar el caudal necesario a pesar de las obstrucciones que puedan existir en el sitio. Se colocará una malla perforada en lugar de rejillas dado que las primeras presentan una mayor eficiencia para este proyecto.
- Se determinó que los tanques reservorios actuales son capaces de almacenar las respectivas demandas de agua por cada recinto.
- Del análisis realizado en la PTAP, se pudo definir que sus componentes pueden trabajar correctamente, sin embargo, el GAD debe regularizar el medidor de energía, así como los terrenos que han ampliado en la zona para que este funcione nuevamente.
- A través del análisis de alternativas, se pudo determinar que realizar adecuaciones en el sistema existente era la solución más viable. Rehabilitar los antiguos sistemas de agua potable de cada recinto, hubiera significado mayores costos futuros por conceptos de mantenimiento.
- Para determinar la dotación futura en el análisis de las demandas que debe cumplir el sistema de agua potable, no se consideró una tasa de crecimiento, dado que se busca cumplir con los ODS, los cuales buscan que el consumo disminuya y se distribuya de manera eficiente.
- El sector de la construcción es uno de los mayores causantes de afectaciones ambientales, por ello entre las medidas de mitigación de impactos ambientales se estableció un apartado para el plan de manejo ambiental.
- La implementación de las propuestas de mejora tiene un costo referencial de \$50k y permitirán que la captación y línea de conducción del sistema funcionen adecuadamente.

## 6.2 Recomendaciones

- Si bien se coloca como propuesta de mejora una captación capaz de soportar los sedimentos que se generan en el sitio, es recomendable que el GAD asigne los recursos para que se realicen periódicamente los debidos mantenimientos preventivos y correctivos de la estructura de captación.
- Debido a que el alcance del proyecto se enfocó a un análisis hidráulico, se recomienda que la parte del análisis estructural sea llevada en un estudio previo a la ejecución del proyecto.
- Este cantón presenta una biodiversidad muy variable, se recomienda cumplir con las respectivas medidas de mitigación para reducir los impactos negativos hacia el ambiente, así mismo, desarrollar el respectivo plan de manejo ambiental para socializarlo con la comunidad previo inicio de la obra.
- La maquinaria empleada deberá contar con el debido mantenimiento preventivo/correctivo y calibración con el fin de evitar emisiones innecesarias de ruidos, gases como el CO<sub>2</sub> y partículas, así como evitar derrames o liqueos.
- Las propuestas de mejora son en base a las proyecciones de demanda que el sistema actual debe cumplir hasta el 2038, por lo que, se recomienda que el GAD realice oportunamente un estudio para la ampliación del periodo de diseño y el consecuente incremento poblacional, lo que permitirá determinar si se requieren nuevas mejoras a implementar.
- Se recomienda que el GAD del cantón Gonzalo Pizarro realice las debidas regularizaciones que permitan el correcto desempeño de la planta potabilizadora.

# BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, E., Garcia-Serra, J., & Iglesias, P. L. (1995). *Modelling Water Distribution Networks: From Steady Flow to Water Hammer*. 3–32. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-1841-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-017-1841-7_1)
- Chancusig, D., & Cañar, A. (2018). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA CIVIL Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERA CIVIL E INGENIERO CIVIL TEMA: PROYECTO DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA HACIENDA YAGÜIRA CASA CLUB DE LA PARROQUIA MINDO EN.*
- El Universo. (2013). *El Oriente vive dos realidades | Informes | Noticias | El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2013/10/06/nota/1543081/oriente-vive-dos-realidades/>
- Fernández, D., Solís, H., & Basan, M. (2018). *Evolución reciente y perspectivas de los servicios de agua potable y alcantarillado en Ecuador*.
- GAD El Reventador. (2000a). *PLAN DE DESARROLLO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
- GAD El Reventador. (2000b). *PLAN DE DESARROLLO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
- GAD El Reventador. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
- GAD Provincial de Sucumbíos. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS*.
- Gutierrez Cevallos, O. E., & Naranjo Yoza, E. K. (2014). *Diseño del Plan Integral de Agua Potable y Aguas Servidas en el Recinto las Margaritas del cantón Samborondón de la Provincia del Guayas*. 39–40.
- Impacto ambiental de la construcción - Diario El Mercurio*. (n.d.). Retrieved July 24, 2023, from <https://elmercurio.com.ec/2021/11/14/impacto-ambiental-de-la-construccion/>
- INEN. (1992). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.

- 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*. (primera).
- López, R. (2000). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*.
- Martínez Andres, C. J. (2015). *Potabilización del agua* (Primera). Editorial Elearning S.L.
- Materón Muñoz, H. M. (1997). *Obras hidráulicas rurales* (Universidad Del Valle, Ed.; 1era ed.). Universidad Meléndez.
- SIAPA. (2014). Criterios y lineamientos tecnicos para factibilidades. Sistemas de Agua Potable. *Actualización de Los Criterios y Lineamientos Técnicos Para Factibilidades En La Z.M.G.*, 36.
- Tolba, M. K. (1992). Recursos de agua dulce y calidad del agua. *Salvemos El Planeta*, 45–56. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-2286-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-011-2286-3_5)
- Torres Paul, & Coello Cristian. (2008). *Estudio Hidrológico, Informe Final Tomo I*.
- Mujica, O. J. (2001). Diseño razonado de muestras y captación de datos para la investigación sanitaria.
- Alegría Mori, J. I. (2013). Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de la Ciudad de Bagua Grande.
- Gonzales Rios, A. A. (2019). Evaluación de la línea de conducción de la red de agua potable de la ciudad de Jaén.
- Villacis Coraquilla, K. L. (2018). Evaluación de la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable del Cantón Rumiñahui (Bachelor's thesis, Quito, 2018.).

# PLANOS Y ANEXOS

## 7. ANEXOS

### 7.1 ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### 7.1.1 Relleno compactado con material de sitio

##### 7.1.1.1 Descripción

Se define como relleno, a la actividad realizada para restituir el material de las excavaciones realizadas para la colocación de las tuberías en la línea de conducción.

##### 7.1.1.2 Especificación

El relleno de las zanjas se debe realizar hasta llegar a la cota original del terreno, o el nivel que indique los planos o fiscalización. El material de relleno será el mismo que fue extraído durante la excavación, a excepción del material suelto o aquel que contenga impurezas. Se debe definir las propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante un análisis de laboratorio con el fin de definir que material puede ser reutilizado para relleno.

El GAD es el dueño del material excavado, por tanto, es quien dispondrá la disposición final del mismo. El relleno entre los espacios de las tuberías debe ser rellenado con pala hasta sobrepasar 30 cm sobre la superficie de la tubería colocada, hasta los 60 cm de relleno en zanja se deberá realizar con un pisón de mano y de allí en adelante se podrá realizar el relleno por medio de equipo mecánico de compactación.

Los materiales, equipos y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD. En caso de solicitarse rectificaciones y de cualquier parte de la obra por parte de fiscalización, el contratista deberá realizar las respectivas correcciones sin que esto represente mayor gasto para el GAD.

### **7.1.1.3 Medición y forma de pago**

El relleno se medirá por metro cúbico (m<sup>3</sup>). El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.

## **7.1.2 Cama de arena para tuberías h=10 cm**

### **7.1.2.1 Descripción**

La cama de arena se coloca debajo de las tuberías dentro de las zanjas, principalmente para tener una adecuada repartición de esfuerzos.

### **7.1.2.2 Especificación**

La instalación de las tuberías en la red de conducción debe ir acompañada por una cama de arena de al menos 10cm en todo el ancho de la zanja, el ancho puede variar de acuerdo con las especificaciones de los planos. Esta capa de arena debe ser apisonada con un pisón manual hasta obtener la mayor compactación posible, por lo que usualmente esta es humectada con agua.

Los materiales, equipos menores y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD. En caso de solicitarse rectificaciones y de cualquier parte de la obra por parte de fiscalización, el contratista deberá realizar las respectivas correcciones sin que esto represente mayor gasto para el GAD.

### **7.1.2.3 Medición y forma de pago**

La colocación de la cama de arena se medirá por metro cúbico (m<sup>3</sup>). El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.

## **7.1.3 Pruebas hidrostáticas**

### **7.1.3.1 Descripción**

Se entiende como pruebas hidrostáticas a las pruebas realizadas en sitio para comprobar las presiones hidrostáticas a las que estará sometida la red.



### **7.1.3.2 Especificación**

La prueba de presión se realizará en tramos de una longitud máxima de 500 metros de tubería ya instalada, se verificará que no se supere la presión máxima dada por el fabricante de tuberías con el objetivo de evitar roturas durante el funcionamiento del sistema. Se debe tener las debidas precauciones en caso de suscitarse una falla en la tubería. El alcance de este rubro incluye dejar identificados aquellos puntos, o uniones donde presentan fugas, así mismo, se deben registrar las presiones y resultados de las pruebas.

Los materiales, el agua para las pruebas, equipos, tales como una bomba hidrostática, y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD.

### **7.1.3.3 Medición y forma de pago**

Para este caso en particular se medirá las pruebas hidrostáticas en un rubro global (GLB), usualmente se mide en ml, sin embargo, el tramo a rediseñar tiene una longitud de 600 metros cuyos trabajos de pruebas hidrostáticas pueden ser cuantificados de manera global. El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.

## **7.1.4 Tuberías PVC 140 mm**

### **7.1.4.1 Descripción**

Este rubro hace referencia a las características que deben tener las tuberías que serán instaladas en la red de conducción, así como los trabajos de instalación que se deben seguir.

### **7.1.4.2 Especificación**

El material para emplear es el PVC unión roscable, este debe ser de color azul para diferenciar las tuberías de agua potable de las tuberías de desagüe.

Previo a realizar la instalación de las tuberías, se debe verificar los diámetros y accesorios que se requieren. Para la conexión entre la tubería y los accesorios, se deberá colocar un sellante que asegure las juntas. Se debe verificar que no existan impurezas al momento de colocar los accesorios. Las tuberías, accesorios, y demás piezas claves del sistema deben colocarse de acuerdo con lo especificado en los planos.

Las tuberías de PVC deben cumplir las siguientes características:

**Tabla 7.1 características de las tuberías PVC [Plastigama, 2023]**

| Diámetro Nominal (mm) | Diámetro Interior (mm) | Espesor nominal (mm) | Presión de trabajo |        |
|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------|
|                       |                        |                      | MPA                | MCA    |
| 140                   | 131,4                  | 5,20                 | 0,80               | 101,97 |

Los daños que se ocasionen al momento de recubrir las tuberías deben corregirse previo a proceder con el relleno. Los materiales, el agua para las pruebas, equipos, tales como una bomba hidrostática, y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD.

**7.1.4.3 Medición y forma de pago**

El suministro e instalación de tuberías se medirá por ml e incluirá en su precio el suministro e instalación de los accesorios. El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.

**7.1.5 Hormigón  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$**

**7.1.5.1 Descripción**

Se entiende por hormigón al resultado de mezcla entre el cemento portland tipo I, que debe seguir las especificaciones ASTM-C 150, agregados finos y gruesos, agua y aditivos.

**7.1.5.2 Especificación**

Este debe ser hecho en sitio, dado que el acceso a las coordenadas de la captación se complicaría para un camión mixer con hormigón prefabricado.

El cemento debe tener la calidad que cumpla con la norma INEN 152: Requisitos del cemento portland. Se prohíbe el uso de diferentes marcas al momento de realizar la fundición de las obras de captación. Se pueden emplear aditivos que hayan cumplido con los requisitos de la norma INEN 1504. Es obligación del contratista, mantener las bolsas de cemento en un lugar libre de humedad y que cuente con las respectivas medidas de seguridad de almacenamiento.

Los agregados finos se componen de arenas naturales, y no deben contener impurezas orgánicas. Los agregados gruesos se componen principalmente de grava triturada y no pueden ser rocas redondeadas del río.

Se deben realizar el respectivo muestreo y ensayo conforme a lo estipulado por la norma NTE INEN 1763, las pruebas de consistencia, temperatura y contenido de aire pueden ser solicitadas por el fiscalizador en la medida que crea pertinente. Los materiales, el agua para las pruebas, equipos, tales como una bomba hidrostática, y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD.

### **7.1.5.3 Medición y forma de pago**

La medición del hormigón se realizará por volumen y medido por m<sup>3</sup>. El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.

## **7.1.6 Rejilla para la captación**

### **7.1.6.1 Descripción**

La rejilla es el elemento que se usa para evitar el paso de sedimentos y materiales de gran tamaño al sistema de captación en el río.

### **7.1.6.2 Especificación**

El suministro e instalación de la placa perforada en la captación tipo bocatoma de fondo debe ser de acero, con las dimensiones establecidas en la memoria técnica, se debe cumplir con el número de agujeros que indica el plano, así como, la inclinación con la

que debe ser colocada en la captación, de tal forma, que las características de la placa permitan captar el caudal necesario.

Los materiales, equipos, y mano de obra deberán ser suministrados por el contratista adjudicado a realizar las adecuaciones en el sistema, las actividades realizadas deben recibir la aprobación de la fiscalización del GAD.

#### **7.1.6.3 Medición y forma de pago**

Este rubro será medido por unidad. El pago se realizará de acuerdo con el precio, formas y condiciones estipuladas en el contrato.

## 7.2 ANEXO B: APUS

**Tabla 7.2 APU limpieza manual [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |                                    |                 |                                      |                     |                    |                |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | LIMIEZA MANUAL DEL TERRENO         |                 |                                      |                     | <b>UNIDAD:</b>     | M2             |
| <b>DETALLE:</b>                      |                                    |                 |                                      |                     |                    |                |
| <b>EQUIPO</b>                        |                                    |                 |                                      |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                 | <b>CANTIDAD</b> | <b>TARIFA</b>                        | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>   |
|                                      |                                    | <b>A</b>        | <b>B</b>                             | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>   |
|                                      | Herramienta menor 5% MO            |                 |                                      |                     |                    | \$ 0,11        |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     |                    | \$ 0,00        |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     |                    | \$ 0,00        |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | <b>SUBTOTAL M</b>  | <b>\$ 0,11</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                                    |                 |                                      |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                 | <b>CANTIDAD</b> | <b>JORNAL/HR</b>                     | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>   |
|                                      |                                    | <b>A</b>        | <b>B</b>                             | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>   |
|                                      | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | 1,00            | \$ 4,05                              | \$ 4,05             | 0,40               | \$ 1,62        |
|                                      | Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2) | 1,00            | \$ 4,33                              | \$ 4,33             | 0,15               | \$ 0,65        |
|                                      |                                    |                 |                                      | \$ 0,00             |                    | \$ 0,00        |
|                                      |                                    |                 |                                      | \$ 0,00             |                    | \$ 0,00        |
|                                      |                                    |                 |                                      | \$ 0,00             |                    | \$ 0,00        |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | <b>SUBTOTAL N</b>  | <b>\$ 2,27</b> |
| <b>MATERIALES</b>                    |                                    |                 |                                      |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                 | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>       |                |
|                                      |                                    |                 | <b>A</b>                             | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | <b>SUBTOTAL O</b>  | <b>\$ 0,00</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                                    |                 |                                      |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                 | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>       |                |
|                                      |                                    |                 | <b>A</b>                             | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                 |                                      |                     | <b>SUBTOTAL P</b>  | <b>\$ 0,00</b> |
|                                      |                                    |                 | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |                     |                    | <b>\$ 2,38</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |                                    |                 | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |                     | 20%                | <b>\$ 0,48</b> |
|                                      |                                    |                 | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |                     |                    | <b>\$ 2,86</b> |

**Tabla 7.3 APU Trazado y replanteo [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |                                    |                                      |                  |                     |                    |                |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | TRAZADO Y REPLANTEO                |                                      |                  |                     | <b>UNIDAD:</b>     | M2             |
| <b>DETALLE:</b>                      |                                    |                                      |                  |                     |                    |                |
| <b>EQUIPO</b>                        |                                    |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                 | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>TARIFA</b>    | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>   |
|                                      |                                    | <b>A</b>                             | <b>B</b>         | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>   |
|                                      | Herramienta menor 5% MO            |                                      |                  |                     |                    | \$ 0,04        |
|                                      | Teodolito                          | 1,00                                 | \$ 7,00          | \$ 7,00             | 0,03000            | \$ 0,21        |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL M</b>  | <b>\$ 0,25</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                                    |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                 | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>JORNAL/HR</b> | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>   |
|                                      |                                    | <b>A</b>                             | <b>B</b>         | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>   |
|                                      | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | 1,00                                 | \$ 4,05          | \$ 4,05             | 0,10               | \$ 0,41        |
|                                      | Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2) | 1,00                                 | \$ 4,33          | \$ 4,33             | 0,03               | \$ 0,13        |
|                                      | Carpintero (ESTRUC. OCUP. D2)      | 1,00                                 | \$ 4,10          | \$ 4,10             | 0,05               | \$ 0,21        |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     |                    | \$ 0,00        |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     |                    | \$ 0,00        |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL N</b>  | <b>\$ 0,74</b> |
| <b>MATERIALES</b>                    |                                    |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                 | <b>UNIDAD</b>                        | <b>CANTIDAD</b>  | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>       |                |
|                                      |                                    |                                      | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                |
|                                      | Clavos 2 1/2" (30 kg)              | caja                                 | 0,01             | \$ 50,00            | \$ 0,50            |                |
|                                      | Tiras de madera 4x4x250 cm         | u                                    | 0,20             | \$ 0,34             | \$ 0,07            |                |
|                                      | Cementina 25 kg                    | saco                                 | 0,07             | \$ 6,30             | \$ 0,44            |                |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL O</b>  | <b>\$ 1,01</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                                    |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                 | <b>UNIDAD</b>                        | <b>CANTIDAD</b>  | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>       |                |
|                                      |                                    |                                      | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL P</b>  | <b>\$ 0,00</b> |
|                                      |                                    | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |                  |                     |                    | <b>\$ 2,00</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |                                    | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |                  |                     | 20%                | <b>\$ 0,40</b> |
|                                      |                                    | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |                  |                     |                    | <b>\$ 2,40</b> |

**Tabla 7.4 APU Campamento provisional [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | CAMPAMENTO PROVISIONAL             |                                      |                  |                     | <b>UNIDAD:</b>     | m2              |
| <b>DETALLE:</b>                      |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
| <b>EQUIPO</b>                        |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                 | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>TARIFA</b>    | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>    |
|                                      |                                    | <b>A</b>                             | <b>B</b>         | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>    |
|                                      | Herramienta menor 5% MO            |                                      |                  |                     |                    | \$ 0,47         |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL M</b>  | <b>\$ 0,47</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                 | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>JORNAL/HR</b> | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>    |
|                                      |                                    | <b>A</b>                             | <b>B</b>         | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>    |
|                                      | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | 1,00                                 | \$ 4,05          | \$ 4,05             | 0,75               | \$ 3,04         |
|                                      | Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2) | 1,00                                 | \$ 4,33          | \$ 4,33             | 0,75               | \$ 3,25         |
|                                      | Carpintero (ESTRUC. OCUP. D2)      | 1,00                                 | \$ 4,10          | \$ 4,10             | 0,75               | \$ 3,08         |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     |                    | \$ 0,00         |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     |                    | \$ 0,00         |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL N</b>  | <b>\$ 9,36</b>  |
| <b>MATERIALES</b>                    |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                 | <b>UNIDAD</b>                        | <b>CANTIDAD</b>  | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>       |                 |
|                                      |                                    |                                      | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                 |
|                                      | Clavos 2 1/2" (30 kg)              | caja                                 | 0,01             | \$ 50,00            | \$ 0,50            |                 |
|                                      | Tiras de madera 4x4x250 cm         | u                                    | 1,00             | \$ 0,34             | \$ 0,34            |                 |
|                                      | Zinc plancha 12"                   | u                                    | 0,80             | \$ 6,30             | \$ 5,04            |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL O</b>  | <b>\$ 5,88</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                                    |                                      |                  |                     |                    |                 |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                 | <b>UNIDAD</b>                        | <b>CANTIDAD</b>  | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>       |                 |
|                                      |                                    |                                      | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                 |
|                                      |                                    |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL P</b>  | <b>\$ 0,00</b>  |
|                                      |                                    | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |                  |                     |                    | <b>\$ 15,71</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |                                    | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |                  |                     | 20%                | <b>\$ 3,14</b>  |
|                                      |                                    | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |                  |                     |                    | <b>\$ 18,85</b> |





**Tabla 7.6 APU Retiro de tuberías [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |   |                                      |           |              |                   |                 |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|-----------|--------------|-------------------|-----------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | RETIRO DE TUBERÍAS EXISTENTES EN LA CAPTACIÓN |                                      |           |              | <b>UNIDAD:</b>    | GLB             |
| <b>DETALLE:</b>                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
| <b>EQUIPO</b>                        |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCION                                   | CANTIDAD                             | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO           |
|                                      |   | A                                    | B         | C = A * B    | R                 | D=C*R           |
|                                      | Herramienta menor 5% MO                       |                                      |           |              |                   | \$ 2,46         |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL M</b> | <b>\$ 2,46</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCION                                   | CANTIDAD                             | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO           |
|                                      |   | A                                    | B         | C = A * B    | R                 | D=C*R           |
|                                      | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                       | 2,00                                 | \$ 4,05   | \$ 8,10      | 5,00              | \$ 40,50        |
|                                      | Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2)            | 1,00                                 | \$ 4,33   | \$ 4,33      | 2,00              | \$ 8,66         |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL N</b> | <b>\$ 49,16</b> |
| <b>MATERIALES</b>                    |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCIÓN                                   | UNIDAD                               | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO             |                 |
|                                      |   |                                      | A         | B            | C=A*B             |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL O</b> | <b>\$ 0,00</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCIÓN                                   | UNIDAD                               | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO             |                 |
|                                      |   |                                      | A         | B            | C=A*B             |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL P</b> | <b>\$ 0,00</b>  |
|                                      |   | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |           |              |                   | <b>\$ 51,62</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |   | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |           |              | 20%               | <b>\$ 10,32</b> |
|                                      |   | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |           |              |                   | <b>\$ 61,94</b> |



**Tabla 7.8 APU Relleno compactado [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|--------------------------------------|--|--------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO |                                      |                  |                     | <b>UNIDAD:</b>     | M3             |
| <b>DETALLE:</b>                      |  |                                      |                  |                     |                    |                |
| <b>EQUIPO</b>                        |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                       | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>TARIFA</b>    | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>   |
|                                      |  | <b>A</b>                             | <b>B</b>         | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>   |
|                                      | Herramienta menor 5% MO                  |                                      |                  |                     |                    | \$ 0,09        |
|                                      | Rodillo vibratorio                       | 1,00                                 | 30,00            | 30,00               | 0,0300             | \$ 0,90        |
|                                      | Retroexcavadora 75 hp                    | 1,00                                 | 35,00            | 35,00               | 0,0300             | \$ 1,05        |
|                                      | Volqueta 8m3                             | 1,00                                 | \$ 30,00         | 30,00               | 0,0300             | \$ 0,90        |
|                                      | Motoniveladora                           | 1,00                                 | \$ 60,00         | 40,00               | 0,0300             | \$ 1,20        |
|                                      |  |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL M</b>  | <b>\$ 4,14</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCION</b>                       | <b>CANTIDAD</b>                      | <b>JORNAL/HR</b> | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>   |
|                                      |  | <b>A</b>                             | <b>B</b>         | <b>C = A * B</b>    | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>   |
|                                      | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)                  | 1,00                                 | \$ 4,05          | \$ 4,05             | 0,10               | \$ 0,41        |
|                                      | Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2)       | 1,00                                 | \$ 4,33          | \$ 4,33             | 0,30               | \$ 1,30        |
|                                      |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL N</b>  | <b>\$ 1,70</b> |
| <b>MATERIALES</b>                    |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                       | <b>UNIDAD</b>                        | <b>CANTIDAD</b>  | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>       |                |
|                                      |  |                                      | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL O</b>  | <b>\$ 0,00</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |  |                                      |                  |                     |                    |                |
|                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                       | <b>UNIDAD</b>                        | <b>CANTIDAD</b>  | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>       |                |
|                                      |  |                                      | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     | \$ 0,00            |                |
|                                      |  |                                      |                  |                     | <b>SUBTOTAL P</b>  | <b>\$ 0,00</b> |
|                                      |  | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |                  |                     |                    | <b>\$ 5,84</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |  | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |                  |                     | 20%                | <b>\$ 1,17</b> |
|                                      |  | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |                  |                     |                    | <b>\$ 7,01</b> |

**Tabla 7.9 APU Hormigón Ciclópeo [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |                   |                                      |              |                   |                     |    |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------|-------------------|---------------------|----|
| <b>RUBRO:</b>                        | HORMIGÓN CICLOPEO |                                      |              |                   | <b>UNIDAD:</b>      | M3 |
| <b>DETALLE:</b>                      |                   |                                      |              |                   |                     |    |
| <b>EQUIPO</b>                        |                   |                                      |              |                   |                     |    |
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD          | TARIFA                               | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO               |    |
|                                      | A                 | B                                    | C = A * B    | R                 | D=C*R               |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   | \$ 1,89             |    |
| Concreteira 1 saco                   | 1,00              | 4,48                                 | 4,48         | 0,3500            | \$ 1,57             |    |
| Vibrador manguera                    | 1,00              | 4,48                                 | 4,48         | 0,3500            | \$ 1,57             |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   |                     |    |
|                                      |                   |                                      |              | <b>SUBTOTAL M</b> | <b>\$ 5,03</b>      |    |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                   |                                      |              |                   |                     |    |
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD          | JORNAL/HR                            | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO               |    |
|                                      | A                 | B                                    | C = A * B    | R                 | D=C*R               |    |
| Peón (ESTRUC. OCUP. E2)              | 1,00              | \$ 4,05                              | \$ 4,05      | 7,80              | \$ 31,59            |    |
| Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2)   | 1,00              | \$ 4,33                              | \$ 4,33      | 0,50              | \$ 2,17             |    |
| Albañil (ESTRUC. OCUP. C2)           | 1,00              | \$ 4,10                              | \$ 4,10      | 1,00              | \$ 4,10             |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   |                     |    |
|                                      |                   |                                      |              | <b>SUBTOTAL N</b> | <b>\$ 37,86</b>     |    |
| <b>MATERIALES</b>                    |                   |                                      |              |                   |                     |    |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD            | CANTIDAD                             | PRECIO UNIT. | COSTO             |                     |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   |                     |    |
| Cemento fuerte tipo GU Saco 50 kg    | saco              | 3,70                                 | \$ 7,68      |                   | \$ 28,42            |    |
| Alambre galvanizado No 18            | kg                | 0,10                                 | \$ 2,54      |                   | \$ 0,25             |    |
| Arena                                | m3                | 0,40                                 | \$ 13,50     |                   | \$ 5,40             |    |
| Ripio                                | m3                | 0,60                                 | \$ 18,00     |                   | \$ 10,80            |    |
| Agua                                 | m3                | 0,14                                 | \$ 0,85      |                   | \$ 0,12             |    |
|                                      |                   |                                      |              | <b>SUBTOTAL O</b> | <b>\$ 44,87</b>     |    |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                   |                                      |              |                   |                     |    |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD            | CANTIDAD                             | TARIFA       | COSTO             |                     |    |
|                                      |                   | A                                    | B            |                   | C=A*B               |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   | \$ 0,00             |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   | \$ 0,00             |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   | \$ 0,00             |    |
|                                      |                   |                                      |              |                   | \$ 0,00             |    |
|                                      |                   |                                      |              | <b>SUBTOTAL P</b> | <b>\$ 0,00</b>      |    |
|                                      |                   | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |              |                   | <b>\$ 87,76</b>     |    |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |                   | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |              |                   | 20% <b>\$ 17,55</b> |    |
|                                      |                   | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |              |                   | <b>\$ 105,31</b>    |    |

**Tabla 7.10 APU Hormigón 210 kg/cm2 [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |                            |                                      |              |             |                   |                  |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------------|------------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | HORMIGÓN ARMADO 210 kg/cm2 |                                      |              |             | <b>UNIDAD:</b>    | M3               |
| <b>DETALLE:</b>                      |                            |                                      |              |             |                   |                  |
| <b>EQUIPO</b>                        |                            |                                      |              |             |                   |                  |
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD                   | TARIFA                               | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO             |                  |
|                                      | A                          | B                                    | C = A * B    | R           | D=C*R             |                  |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   | \$ 2,90          |
| Concretera 1 saco                    | 1,00                       | 4,48                                 | 4,48         | 1,1000      | \$                | 4,93             |
| Vibrador manguera                    | 1,00                       | 4,48                                 | 4,48         | 1,1000      | \$                | 4,93             |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   |                  |
|                                      |                            |                                      |              |             | <b>SUBTOTAL M</b> | <b>\$ 12,76</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                            |                                      |              |             |                   |                  |
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD                   | JORNAL/HR                            | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO             |                  |
|                                      | A                          | B                                    | C = A * B    | R           | D=C*R             |                  |
| Peón (ESTRUC. OCUP. E2)              | 1,00                       | \$ 4,05                              | \$ 4,05      | 6,00        |                   | \$ 24,30         |
| Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2)   | 1,00                       | \$ 4,33                              | \$ 4,33      | 4,00        |                   | \$ 17,32         |
| Albañil (ESTRUC. OCUP. C2)           | 1,00                       | \$ 4,10                              | \$ 4,10      | 4,00        |                   | \$ 16,40         |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   |                  |
|                                      |                            |                                      |              |             | <b>SUBTOTAL N</b> | <b>\$ 58,02</b>  |
| <b>MATERIALES</b>                    |                            |                                      |              |             |                   |                  |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD                     | CANTIDAD                             | PRECIO UNIT. | COSTO       |                   |                  |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   |                  |
| Cemento fuerte tipo GU Saco 50 kg    | saco                       | 3,70                                 | \$ 7,68      |             |                   | \$ 28,42         |
| Plastiment SIKA                      | u                          | 0,07                                 | \$ 22,60     |             |                   | \$ 1,58          |
| Arena                                | m3                         | 0,40                                 | \$ 13,50     |             |                   | \$ 5,40          |
| Ripio                                | m3                         | 0,60                                 | \$ 18,00     |             |                   | \$ 10,80         |
| Agua                                 | m3                         | 0,14                                 | \$ 0,85      |             |                   | \$ 0,12          |
|                                      |                            |                                      |              |             | <b>SUBTOTAL O</b> | <b>\$ 46,20</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                            |                                      |              |             |                   |                  |
| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD                     | CANTIDAD                             | TARIFA       | COSTO       |                   |                  |
|                                      |                            | A                                    | B            | C=A*B       |                   |                  |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   | \$ 0,00          |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   | \$ 0,00          |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   | \$ 0,00          |
|                                      |                            |                                      |              |             |                   | \$ 0,00          |
|                                      |                            |                                      |              |             | <b>SUBTOTAL P</b> | <b>\$ 0,00</b>   |
|                                      |                            | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |              |             |                   | <b>\$ 116,98</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |                            | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |              |             | 20%               | <b>\$ 23,40</b>  |
|                                      |                            | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |              |             |                   | <b>\$ 140,38</b> |

**Tabla 7.11 APU Excavación a mano [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------|-------------------|--------------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | Excavación a mano                  |                                      |           |              | <b>UNIDAD:</b>    | M3                 |
| <b>DETALLE:</b>                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
| <b>EQUIPO</b>                        |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      | DESCRIPCION                        | CANTIDAD                             | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO              |
|                                      |                                    | A                                    | B         | C = A * B    | R                 | D=C*R              |
|                                      | Herramientas menores               |                                      |           |              |                   | \$ 0,68            |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL M</b> | <b>\$ 0,68</b>     |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      | DESCRIPCION                        | CANTIDAD                             | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO              |
|                                      |                                    | A                                    | B         | C = A * B    | R                 | D=C*R              |
|                                      | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)            | 1,00                                 | \$ 4,05   | \$ 4,05      | 3,00              | \$ 12,15           |
|                                      | Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2) | 1,00                                 | \$ 4,33   | \$ 4,33      | 0,32              | \$ 1,39            |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL N</b> | <b>\$ 13,54</b>    |
| <b>MATERIALES</b>                    |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      | DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD                               | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. |                   | COSTO              |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      |                                    |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL O</b> | <b>\$ 0,00</b>     |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |                                    |                                      |           |              |                   |                    |
|                                      | DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD                               | CANTIDAD  | TARIFA       |                   | COSTO              |
|                                      |                                    |                                      | A         | B            |                   | C=A*B              |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   | \$ 0,00            |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   | \$ 0,00            |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   | \$ 0,00            |
|                                      |                                    |                                      |           |              |                   | \$ 0,00            |
|                                      |                                    |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL P</b> | <b>\$ 0,00</b>     |
|                                      |                                    | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |           |              |                   | <b>\$ 14,22</b>    |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |                                    | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |           |              |                   | 20% <b>\$ 2,84</b> |
|                                      |                                    | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |           |              |                   | <b>\$ 17,06</b>    |

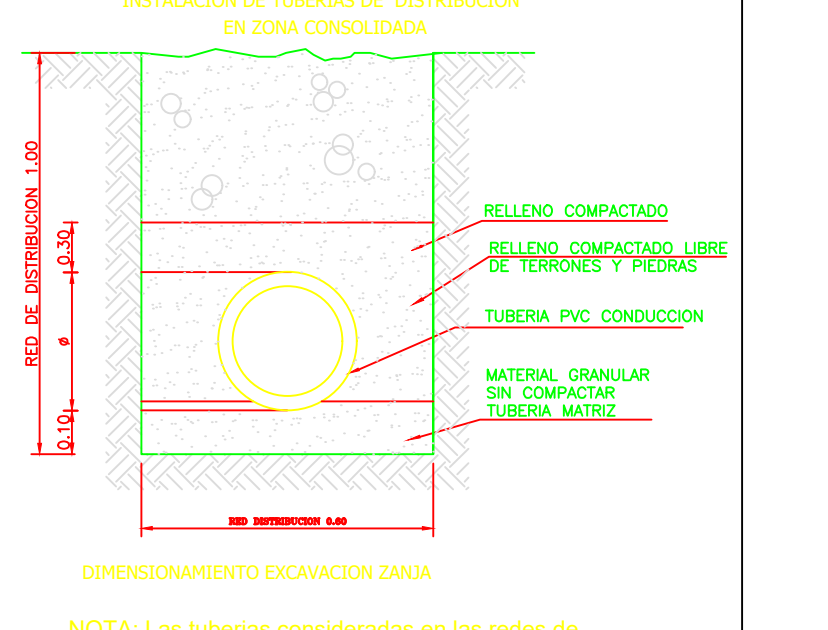
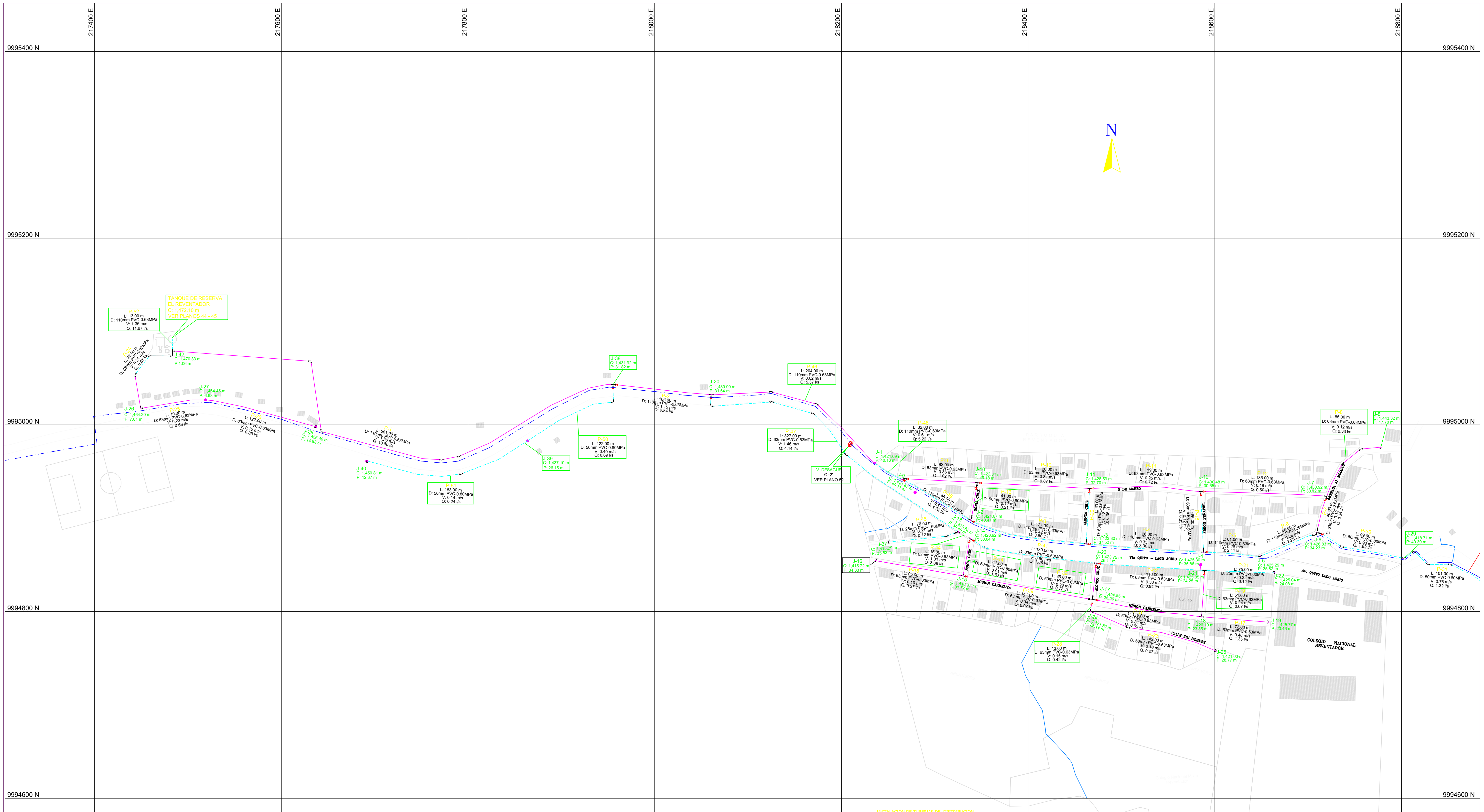


**Tabla 7.13 Suministro e instalación tubería PVC 140 mm [Elaboración propia, 2023]**

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |   |                                      |           |              |                   |                 |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|-----------|--------------|-------------------|-----------------|
| <b>RUBRO:</b>                        | Suministro e instalación de tuberías PVC 140 MM inc. Accesorios |                                      |           |              | <b>UNIDAD:</b>    | ml              |
| <b>DETALLE:</b>                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
| <b>EQUIPO</b>                        |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCION   | CANTIDAD                             | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO           |
|                                      |   | A                                    | B         | C = A * B    | R                 | D=C*R           |
|                                      | Herramientas menores  |                                      |           |              |                   | \$ 0,08         |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL M</b> | <b>\$ 0,08</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCION   | CANTIDAD                             | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO       | COSTO           |
|                                      |   | A                                    | B         | C = A * B    | R                 | D=C*R           |
|                                      | Peón (ESTRUC. OCUP. E2)   | 1,00                                 | \$ 4,05   | \$ 4,05      | 0,20              | \$ 0,81         |
|                                      | Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2)                              | 1,00                                 | \$ 4,33   | \$ 4,33      | 0,20              | \$ 0,87         |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL N</b> | <b>\$ 1,68</b>  |
| <b>MATERIALES</b>                    |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD                               | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO             |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | Tubería PVC 140 mm X 3M PLASTIGAMA                              | u                                    | 0,40      | \$ 36,04     | \$ 14,42          |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL O</b> | <b>\$ 14,42</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |   |                                      |           |              |                   |                 |
|                                      | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD                               | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO             |                 |
|                                      |   |                                      | A         | B            | C=A*B             |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | \$ 0,00           |                 |
|                                      |   |                                      |           |              | <b>SUBTOTAL P</b> | <b>\$ 0,00</b>  |
|                                      |   | <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |           |              |                   | <b>\$ 16,18</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |   | <b>COSTO INDIRECTO</b>               |           |              | 20%               | <b>\$ 3,24</b>  |
|                                      |   | <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |           |              |                   | <b>\$ 19,42</b> |







NOTA: Las tuberías consideradas en las redes de distribución son de PVC con las presiones de trabajo establecidas en cada tramo y de unión E/C

| SIMBOLOGIA DE LA RED |                                 |
|----------------------|---------------------------------|
|                      | TUBERIA DE DISEÑO A CONSTRUIRSE |
|                      | TUBERIA EXISTENTE A MANTENERSE  |
|                      | TEE                             |
|                      | YEE                             |
|                      | CODO DE 45°                     |
|                      | CODO DE 90°                     |
|                      | BOCA DE FUEGO                   |
|                      | REDUCTOR                        |
|                      | VALVULA DE COMPUERTA            |
|                      | TAPON                           |
|                      | VALVULA DE DESAGÜE DE RED       |

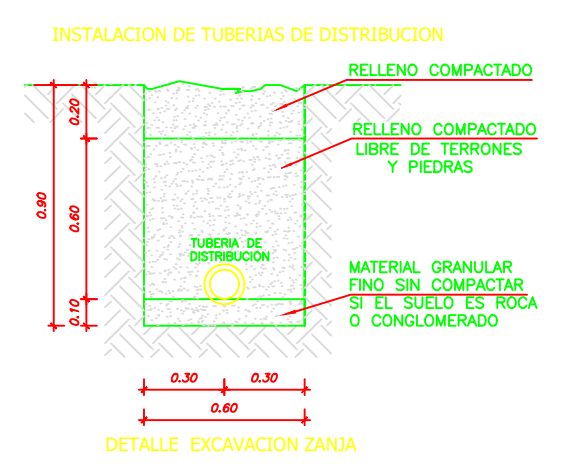
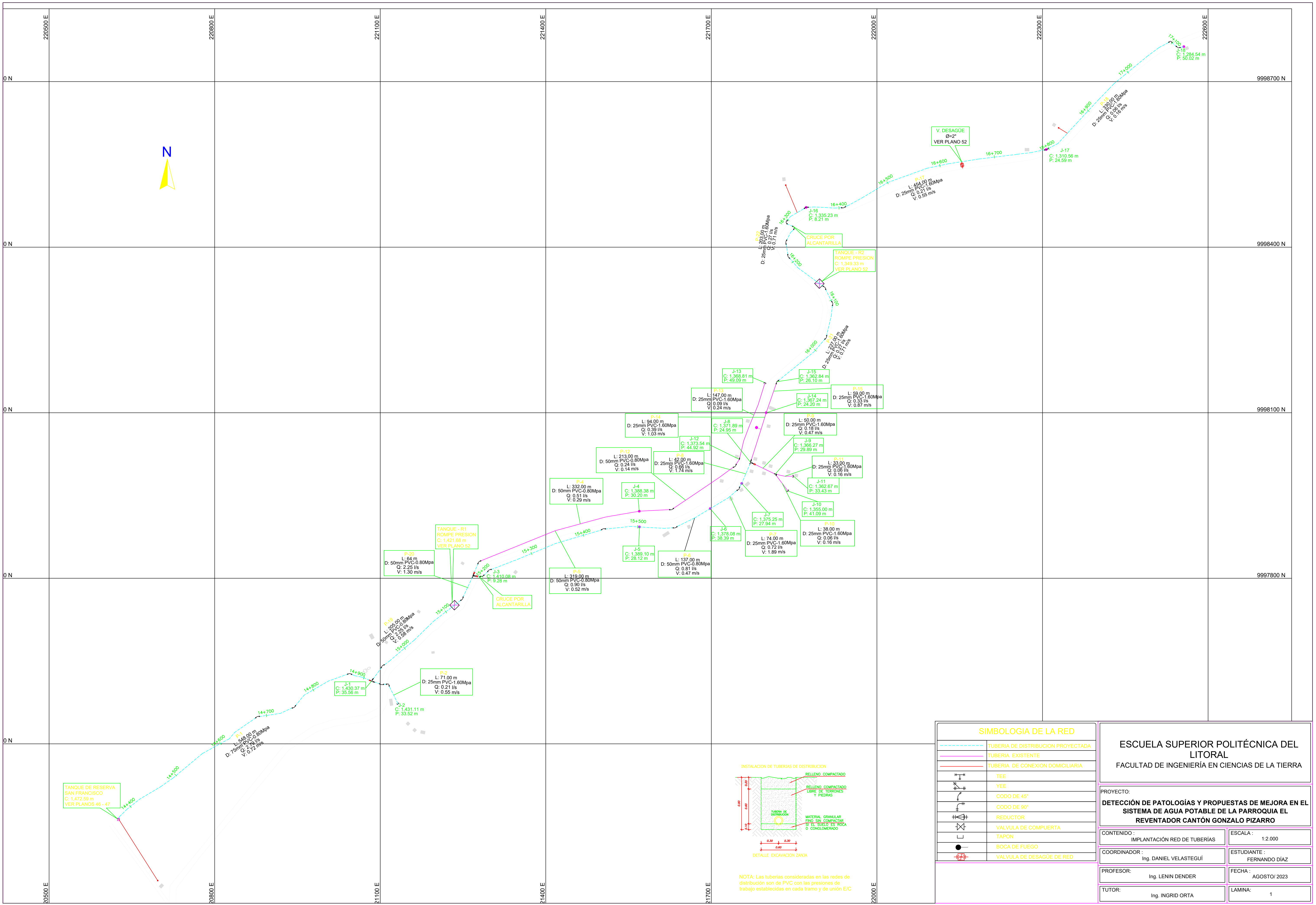
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL REVENTADOR CANTÓN GONZALO PIZARRO**

|  |                              |
|--|------------------------------|
| CONTENIDO:<br>IMPLANTACIÓN RED DE TUBERÍAS | ESCALA:<br>1:2.000           |
| COORDINADOR:<br>Ing. DANIEL VELASTEGUÍ     | ESTUDIANTE:<br>FERNANDO DÍAZ |
| PROFESOR:<br>Ing. LENIN DENDER             | FECHA:<br>AGOSTO/2023        |
| TUTOR:<br>Ing. INGRID ORTA                 | LAMINA:<br>1                 |



TANQUE DE RESERVA  
SAN FRANCISCO  
C: 1472.59 m  
VER PLANOS 46 - 47

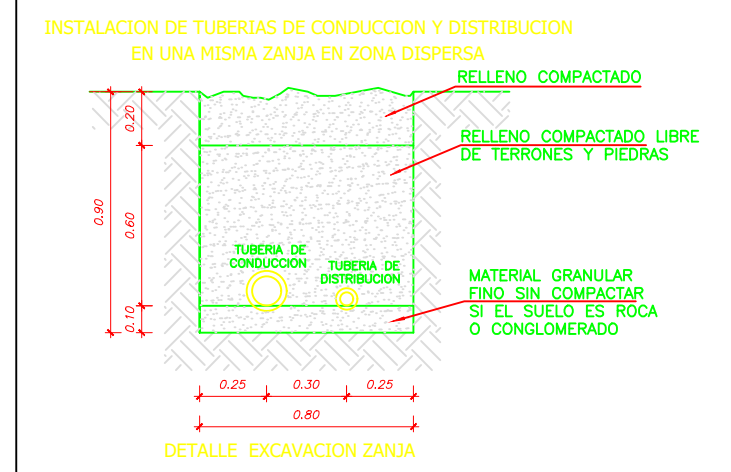
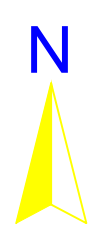
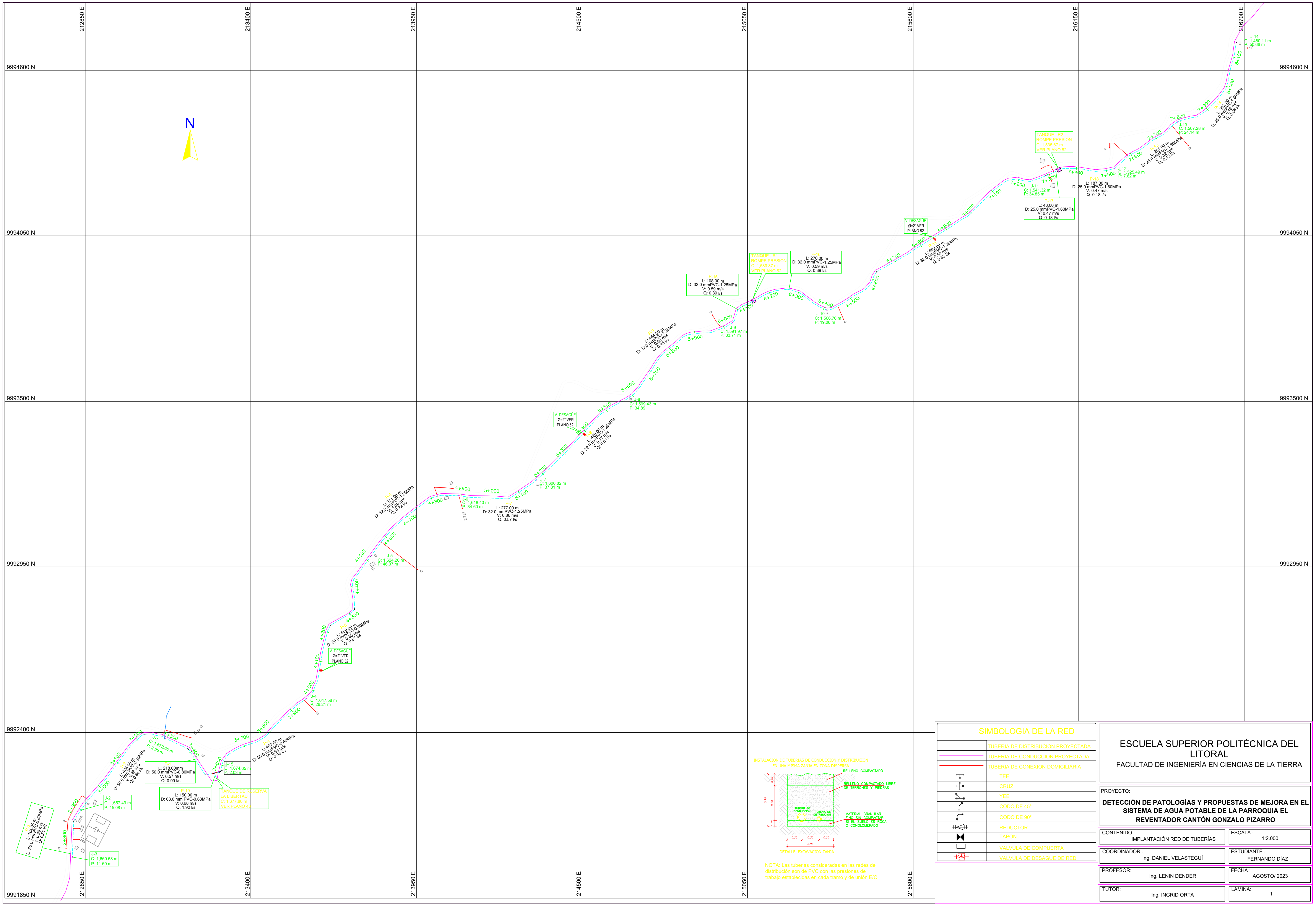


NOTA: Las tuberías consideradas en las redes de distribución son de PVC con las presiones de trabajo establecidas en cada tramo y de unión E/C

| SIMBOLOGIA DE LA RED |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
|                      | TUBERIA DE DISTRIBUCION PROYECTADA |
|                      | TUBERIA EXISTENTE                  |
|                      | TUBERIA DE CONEXION DOMICILIARIA   |
|                      | TEE                                |
|                      | CODO DE 45°                        |
|                      | CODO DE 90°                        |
|                      | REDUCTOR                           |
|                      | VALVULA DE COMPUERTA               |
|                      | TAPON                              |
|                      | BOCA DE FUEGO                      |
|                      | VALVULA DE DESAGÜE DE RED          |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA  |                              |
| PROYECTO:<br><b>DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL REVENTADOR CANTÓN GONZALO PIZARRO</b> |                              |
| CONTENIDO:<br>IMPLANTACIÓN RED DE TUBERÍAS  | ESCALA:<br>1:2.000           |
| COORDINADOR:<br>Ing. DANIEL VELASTEGUÍ  | ESTUDIANTE:<br>FERNANDO DÍAZ |
| PROFESOR:<br>Ing. LENIN DENDER  | FECHA:<br>AGOSTO/ 2023       |
| TUTOR:<br>Ing. INGRID ORTA  | LAMINA:<br>1                 |





NOTA: Las tuberías consideradas en las redes de distribución son de PVC con las presiones de trabajo establecidas en cada tramo y de unión E/C

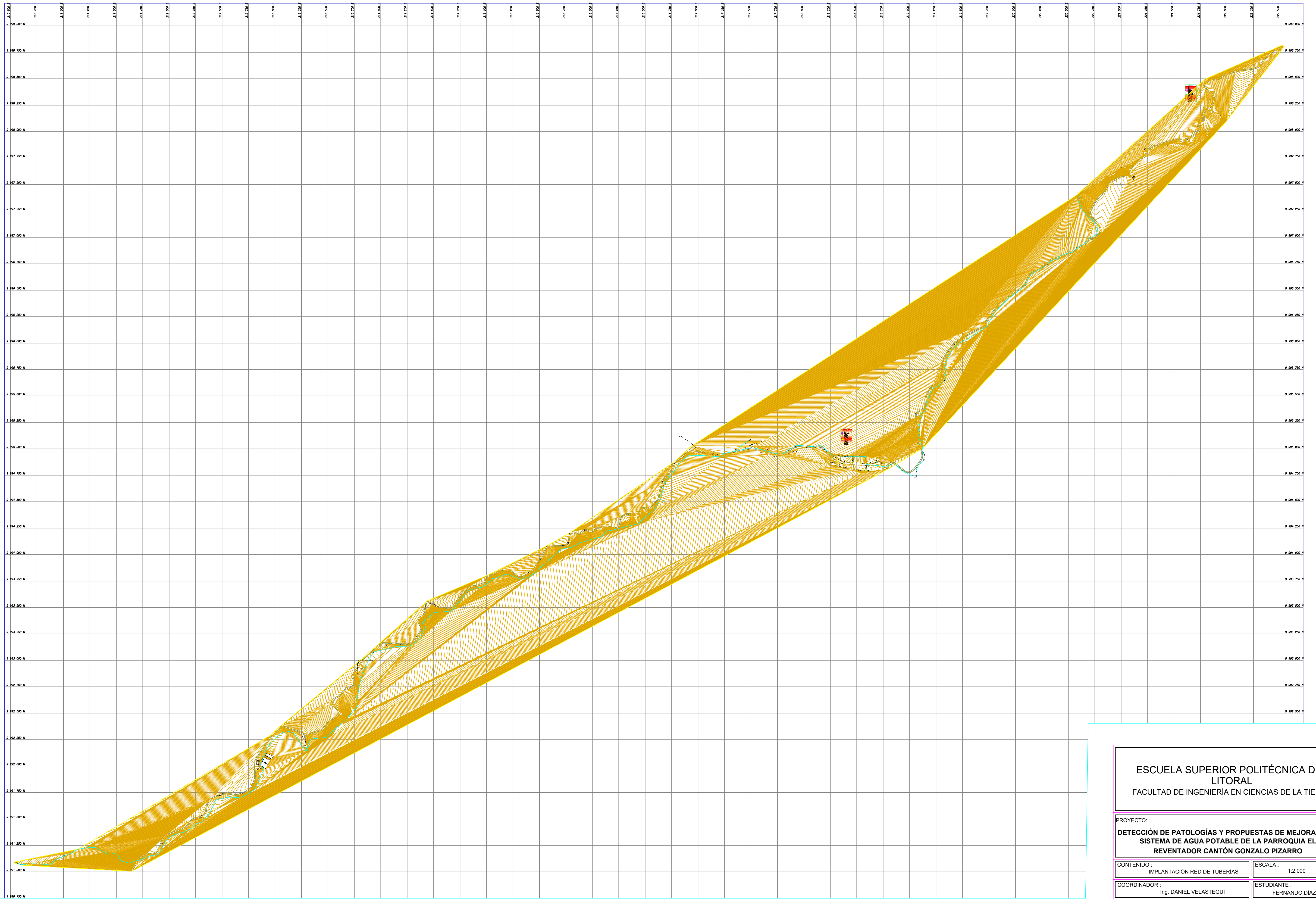
| SIMBOLOGIA DE LA RED |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
|                      | TUBERIA DE DISTRIBUCION PROYECTADA |
|                      | TUBERIA DE CONDUCCION PROYECTADA   |
|                      | TUBERIA DE CONEXION DOMICILIARIA   |
|                      | TEE                                |
|                      | CRUZ                               |
|                      | YEE                                |
|                      | CODO DE 45°                        |
|                      | CODO DE 90°                        |
|                      | REDUCTOR                           |
|                      | TAPON                              |
|                      | VALVULA DE COMPUERTA               |
|                      | VALVULA DE DESAGÜE DE RED          |

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL REVENTADOR CANTÓN GONZALO PIZARRO**

|  |                              |
|--|------------------------------|
| CONTENIDO:<br>IMPLANTACIÓN RED DE TUBERÍAS | ESCALA:<br>1:2.000           |
| COORDINADOR:<br>Ing. DANIEL VELASTEGUÍ     | ESTUDIANTE:<br>FERNANDO DÍAZ |
| PROFESOR:<br>Ing. LENIN DENDER             | FECHA:<br>AGOSTO/ 2023       |
| TUTOR:<br>Ing. INGRID ORTA                 | LAMINA:<br>1                 |





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL  
LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL  
SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL  
REVENTADOR CANTÓN GONZALO PIZARRO**

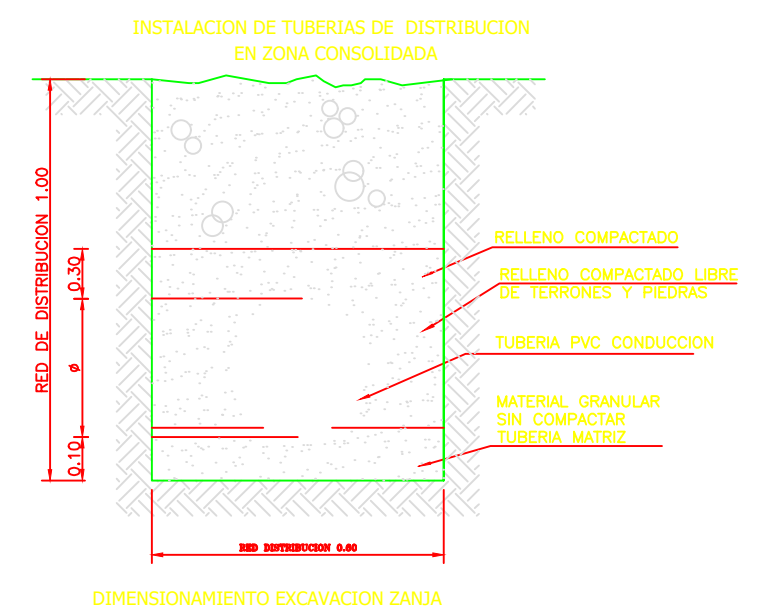
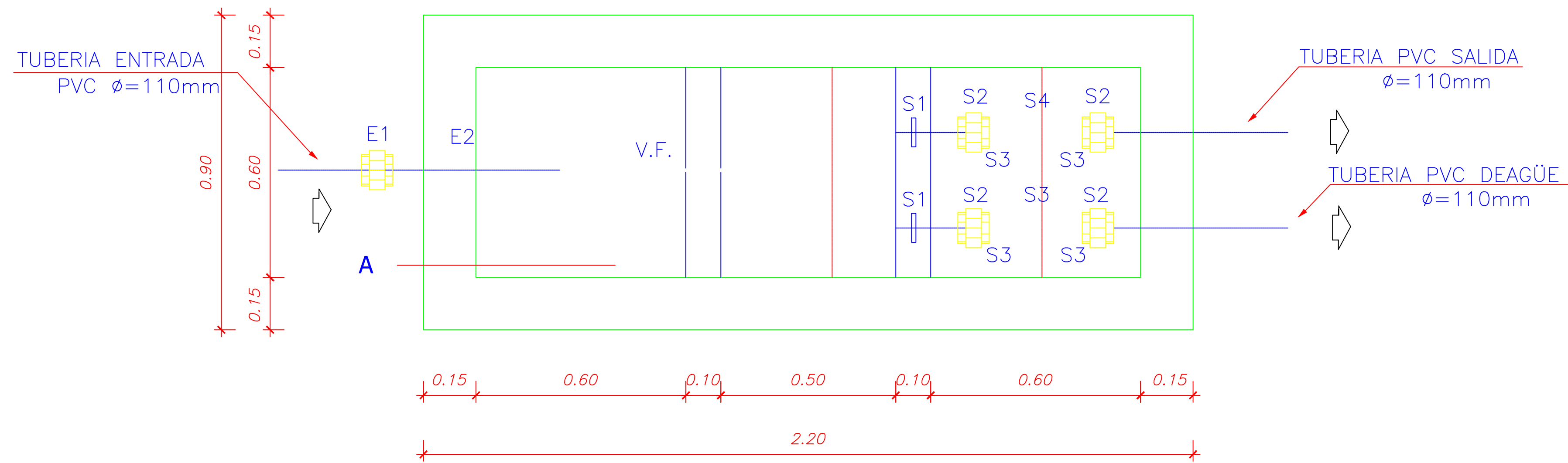
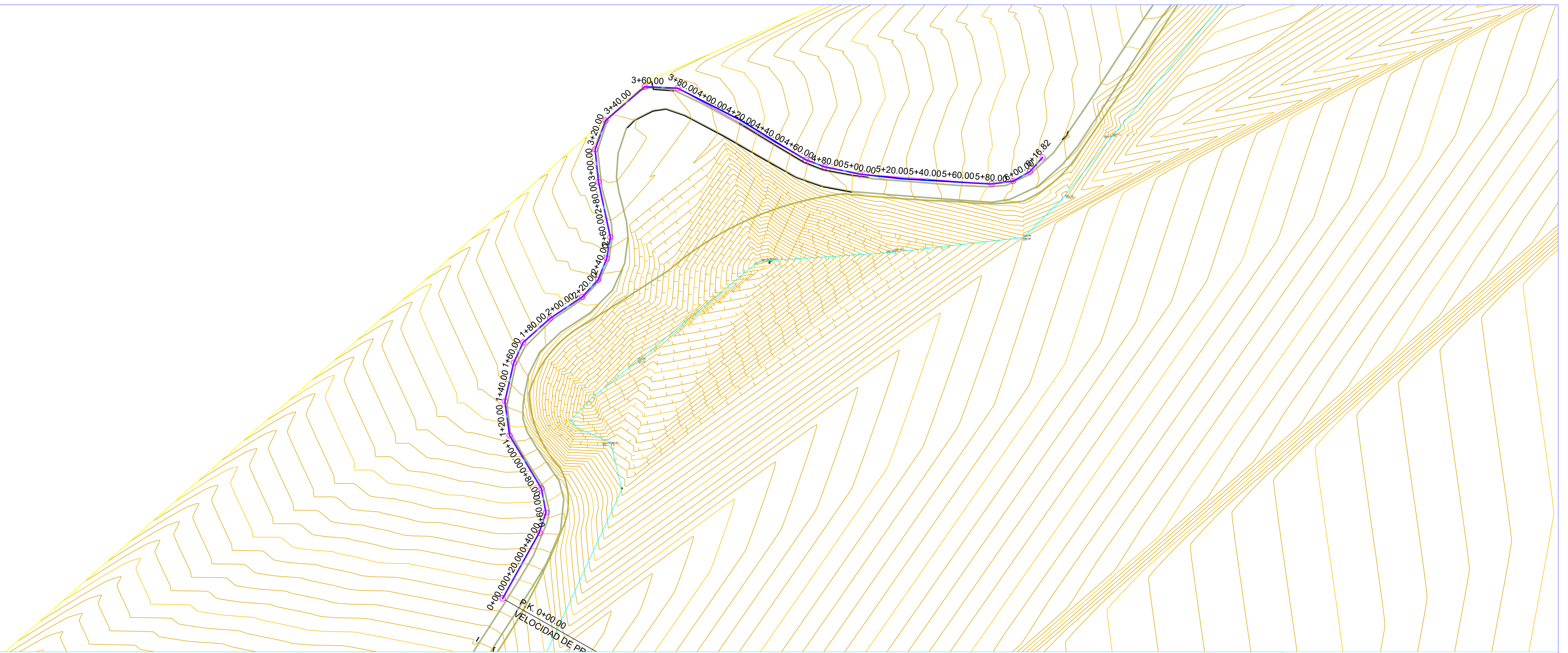
CONTENIDO:  
IMPLANTACIÓN RED DE TUBERÍAS

ESCALA:  
1:2.000

COORDINADOR:  
Ing. DANIEL VELASTEGUÍ

ESTUDIANTE:  
FERNANDO DÍAZ





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL REVENTADOR CANTÓN GONZALO PIZARRO

|   |                       |
|---|-----------------------|
| CONTENIDO:<br>MEJORAS EN LA RED DE CONDUCCIÓN | ESCALA:<br>1:2.000    |
| COORDINADOR:<br>Ing. DANIEL VELASTEGUÍ        | ESTUDIANTE:           |
| PROFESOR:<br>Ing. LENIN DENDER                | FECHA:<br>AGOSTO/2023 |
| TUTOR:<br>Ing. INGRID ORTA                    | LAMINA:               |