

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“DIAGNÓSTICO, OPTIMIZACIÓN Y PROPUESTAS TÉCNICAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA RURAL EN LA PARROQUIA SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

HENRY JOSHUA SALCEDO CAÑARTE
ESTEFANÍA JAMILEX SEVILLANO ZAMBRANO

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020 – 2T

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios, por darme la fuerza para continuar con mis metas sin desfallecer y cumplirlas con éxito.

A mis padres Lorena Cañarte y Henry Salcedo quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo, valentía y superación.

A mi hermana Suanny Salcedo por su cariño y apoyo incondicional, por estar alentándome y apoyándome en todo momento gracias.

Henry Joshua Salcedo Cañarte.

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a Dios, pilar y motor fundamental en mi vida.

A mis padres, porque gracias a su apoyo, consejos y paciencia, he podido llegar a este punto de mi carrera.

A mis hermanos, Angie y Tyson, a quienes quiero servir de motivación para que logren sus sueños y metas.

Estefanía Jamilex Sevillano Zambrano.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme durante el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para lograr con éxito todas mis metas propuestas.

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en la carrera que me apasiona, por confiar siempre en mí y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a todos los excelentes docentes que con sus consejos, sabiduría y conocimiento me motivaron para desarrollarme como una excelente persona y profesional.

Henry Joshua Salcedo Cañarte.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme la fortaleza para no desmayar en el intento y escuchar cada una de mis oraciones.

Agradezco a mis padres por cada palabra de aliento durante todo este proceso. A mi enamorado, por cada vez que me ayudó y alentó a seguir adelante. A mis NATFRE por creer tanto en mí, cuando a veces ni yo misma lo hacía. A Steven, Jeisson, Fabrizzio y Lenín por su ayuda con tanta paciencia. A Cristhian y Jannely por hacer divertida esta etapa, por el apoyo desinteresado y sin egoísmo durante estos años. A cada miembro de mi familia materna y paterna que haya confiado en mí.

A mi querida ESPOL, por todo el aprendizaje tanto a nivel personal como académico. A mis tutores: Ing. Cristhian Salas e Ing. Priscila Valverde por el apoyo incondicional e inspirador en este retador proyecto.

Estefanía Jamilex Sevillano Zambrano.

DECLARACION EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Henry Joshua Salcedo Cañarte y Estefanía Jamilex Sevillano Zambrano damos nuestro consentimiento para que la ESPOC 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”

Henry Joshua Salcedo Cañarte

Estefanía Jamilex Sevillano
Zambrano

EVALUADORES

.....
Ing. Davide Besenzon Venegas, M.Sc

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Ing. Cristian Salas Vazquez, M.Sc

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El agua subterránea generalmente presenta altos valores de dureza y si no se le provee un adecuado tratamiento, puede permanecer con estos valores en el momento de la distribución, ocasionando en los usuarios problemas como: daños recurrentes e incrustaciones en tuberías, consumo de jabón o detergente, sabor salobre, afectaciones a la salud. Por lo tanto, es necesario realizar un diagnóstico de la calidad del agua de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia rural San Cristóbal, del cantón Paute. El estudio analizó, tanto in-situ como en laboratorio, parámetros del agua en donde se evidenció que los valores de dureza total, superaban el límite máximo permisible establecido en la normativa ecuatoriana. Para la remoción de dureza se propuso la construcción de un reactor pellet a escala y la aplicación de cal en una zona estratégica en donde se permita una adecuada mezcla y agitación. Obteniendo porcentajes de remoción en promedio de 52% con una dosificación de cal de 94 mg/l, 71% con una dosificación de 752 mg/l, respectivamente. Como también se realizó un redimensionamiento de la planta teniendo como prioridad el adecuado abastecimiento, pero con el menor impacto económico posible, se concluye que la opción más viable es la aplicación de cal, ya que no requiere modificaciones en la infraestructura.

Palabras Clave: dureza, ablandamiento, reactor pellet, agua potable.

ABSTRACT

Groundwater generally has high hardness values and if adequate treatment is not provided, it can remain with these values at the time of distribution, causing users problems such as recurring damage and fouling in pipes, consumption of soap or detergent, brackish taste, health effects. Therefore, it is necessary to carry out a diagnosis of the water quality of the drinking water treatment plant of the rural parish of San Cristóbal, of the Paute canton. The study analyzed both in situ and in the laboratory parameters of the water where it was evidenced that the total hardness values exceeded the maximum permissible limit established in the Ecuadorian regulations. For the removal of hardness, the construction of a scale pellet reactor was proposed and the application of lime in a strategic area where adequate mixing and stirring is allowed. Obtaining removal percentages on average of 52% with a lime dosage of 94 mg / l, 71% with a dosage of 752 mg / l, respectively. As a resizing of the plant was also carried out, having as a priority the adequate supply, but with the least possible economic impact, it is concluded that the most viable option is the application of lime, since it does not require modifications to the infrastructure.

Keywords: Hardness, softening, reactor pellet, drinking water.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| RESUMEN | I |
| ABSTRACT | II |
| ÍNDICE GENERAL..... | III |
| ABREVIATURA..... | XI |
| SIMBOLOGÍA | XII |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | XVI |
| ÍNDICE DE PLANOS | XIX |
| CAPITULO 1..... | 1 |
| 1. INTRODUCCION..... | 1 |
| 1.1. Antecedentes | 1 |
| 1.2. Situación Actual | 2 |
| 1.3. Descripción del Problema | 3 |
| 1.4. Justificación | 4 |
| 1.5. Alcance | 5 |
| 1.6. Objetivos..... | 6 |
| 1.6.1. Objetivo General..... | 6 |
| 1.6.2. Objetivos Específicos..... | 6 |
| 1.7. Geografía..... | 6 |
| 1.7.1. Localización | 6 |
| 1.7.2. Ubicación | 7 |
| 1.7.3. Topografía y Suelo..... | 9 |
| 1.8. Marco Teórico..... | 10 |
| 1.8.1. Agua Potable | 10 |
| 1.8.2. Planta de Tratamiento de Agua Potable | 10 |
| 1.8.3. Operaciones Físicas Unitarias | 10 |

| | | |
|------------|---|----|
| 1.8.4. | Sedimentación | 11 |
| 1.8.5. | Filtración | 11 |
| 1.8.5.1. | Medio Filtrante | 11 |
| 1.8.5.2. | Filtros lentos | 11 |
| 1.8.5.3. | Filtros Rápidos..... | 11 |
| 1.8.6. | Procesos Químicos Unitarios..... | 12 |
| 1.8.6.1. | Coagulación - Floculación | 12 |
| 1.8.6.2. | Desinfección | 12 |
| 1.8.6.2.1. | Cloro..... | 12 |
| 1.8.6.2.2. | Cloro Residual Libre..... | 12 |
| 1.8.6.2.3. | Subproductos de Desinfección (DBP's) | 12 |
| 1.8.7. | Tratamiento Convencional del Agua Potable | 13 |
| 1.8.8. | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | 13 |
| 1.8.9. | Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 13 |
| 1.8.10. | Dureza del Agua..... | 13 |
| 1.8.11. | Ablandamiento..... | 13 |
| 1.8.12. | Reactor Pellet | 13 |
| 1.8.13. | Sólidos Totales | 14 |
| 1.8.14. | Turbidez..... | 14 |
| 1.8.15. | Contaminantes | 14 |
| 1.8.16. | Coliformes Fecales | 14 |
| 1.8.17. | Límite deseable | 15 |
| 1.8.18. | Límite tolerable | 15 |
| 1.8.19. | Límite máximo Permisible..... | 15 |
| 1.8.20. | Captación | 15 |
| 1.8.21. | Estación de bombeo | 15 |
| 1.8.22. | Tanque de Almacenamiento..... | 15 |

| | | |
|-----------------|--------------------------------------|----|
| 1.8.23. | Período de diseño | 16 |
| 1.8.24. | Población Futura o de diseño | 16 |
| 1.8.25. | Dotación media diaria | 16 |
| 1.8.26. | Caudal de Diseño | 16 |
| 1.8.27. | Caudal medio diario..... | 17 |
| 1.8.28. | Caudal máximo diario | 17 |
| 1.8.29. | Caudal máximo horario..... | 17 |
| CAPITULO 2..... | | 18 |
| 2. | DESARROLLO DEL PROYECTO | 18 |
| 2.1. | Metodología | 18 |
| 2.2. | Estudios preliminares..... | 20 |
| 2.2.1. | Normativa a utilizar | 20 |
| 2.2.2. | Estimación de población futura | 1 |
| 2.2.2.1. | Cálculo de población futura | 1 |
| 2.2.3. | Caudales de diseño | 3 |
| 2.2.3.1. | Caudal medio | 3 |
| 2.2.3.2. | Caudal máximo diario | 4 |
| 2.2.3.3. | Caudal máximo horario..... | 5 |
| 2.2.3.4. | Caudal de captación | 5 |
| 2.2.3.5. | Caudal de bombeo | 6 |
| 2.2.3.6. | Caudal de distribución | 6 |
| 2.2.4. | Análisis y conclusiones | 7 |
| 2.3. | Trabajo de Campo | 10 |
| 2.3.1. | Inspección visual a la PTAP..... | 10 |
| 2.3.2. | Ensayos In Situ | 16 |
| 2.3.2.1. | Equipos utilizados..... | 16 |
| 2.3.2.2. | Ensayos..... | 16 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| 2.3.2.3. | Resultados..... | 16 |
| 2.3.3. | Evaluación de la PTAP | 20 |
| 2.3.4. | Estimación de Caudal en la PTAP El Descanso | 21 |
| 2.3.4.1. | Estimación de Caudal en el vertedero | 21 |
| 2.3.4.1.1. | Dimensiones del Vertedero | 21 |
| 2.3.4.1.2. | Cálculo de la descarga | 22 |
| 2.3.4.2. | Descarga a la salida del sedimentador..... | 23 |
| 2.3.4.2.1. | Metodología..... | 23 |
| 2.3.4.2.2. | Cálculo de la descarga | 23 |
| 2.3.4.3. | Descarga del coagulante | 24 |
| 2.3.4.3.1. | Metodología..... | 24 |
| 2.3.4.3.2. | Cálculo de la descarga | 25 |
| 2.3.4.4. | Análisis y conclusiones..... | 25 |
| 2.4. | Trabajo de Laboratorio..... | 25 |
| 2.4.1. | Equipos utilizados | 25 |
| 2.4.2. | Ensayos | 26 |
| 2.4.3. | Resultados | 26 |
| 2.5. | Trabajo de Gabinete | 31 |
| 2.5.1. | Calidad del Agua Potable de la PTAP | 31 |
| 2.5.2. | Comparación de Parámetros por años | 32 |
| 2.6. | Planteamiento de Alternativas | 33 |
| 2.6.1. | Alternativa 1 (A1): Reactor Pellet..... | 34 |
| 2.6.2. | Alternativa 2 (A2): Aplicación de cal | 35 |
| 2.6.3. | Alternativa 3 (A3): Combinar el uso de cal e implementación del reactor Pellet | 36 |
| 2.7. | Selección de Alternativas..... | 37 |
| CAPITULO 3..... | | 40 |

| | | |
|----------|--------------------------------------|----|
| 3. | DISEÑO Y ESPECIFICACIONES | 40 |
| 3.1. | Metodología | 40 |
| 3.1.1. | Reactor de Pellet | 40 |
| 3.1.2. | Plan de trabajo..... | 42 |
| 3.2. | Rediseño de la planta | 43 |
| 3.2.1. | Estimación de población futura | 43 |
| 3.2.1.1. | Método aritmético | 44 |
| 3.2.1.2. | Método geométrico | 46 |
| 3.2.1.3. | Método exponencial..... | 47 |
| 3.2.1.4. | Análisis y resultados..... | 48 |
| 3.2.2. | Caudales de Diseño..... | 49 |
| 3.2.2.1. | Normativa a usar | 49 |
| 3.2.2.2. | Caudal medio | 50 |
| 3.2.2.3. | Caudal máximo diario..... | 50 |
| 3.2.2.4. | Caudal máximo horario..... | 51 |
| 3.2.2.5. | Caudal de captación..... | 51 |
| 3.2.2.6. | Caudal de bombeo | 51 |
| 3.2.2.7. | Caudal de distribución | 52 |
| 3.2.3. | Pre-dimensionamiento | 52 |
| 3.2.3.1. | Tanque | 52 |
| 3.2.3.2. | Floculador hidráulico..... | 53 |
| 3.2.3.3. | Sedimentador | 55 |
| 3.2.3.4. | Filtro de arena | 57 |
| 3.2.3.5. | Reservorio | 58 |
| 3.3. | A1: Diseño del reactor | 59 |
| 3.3.1. | Prototipo | 59 |
| 3.3.2. | Pruebas en el laboratorio..... | 61 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| 3.3.3. | Análisis y resultados | 64 |
| 3.4. | A2: Aplicación de cal..... | 65 |
| 3.4.1. | Consideraciones iniciales | 65 |
| 3.4.2. | Pruebas en el laboratorio | 66 |
| 3.4.3. | Análisis y resultados | 73 |
| 3.5. | A3: Aplicación de cal y uso de reactor | 79 |
| 3.5.1. | Consideraciones iniciales | 79 |
| 3.5.2. | Análisis y resultados | 79 |
| 3.6. | Propuestas y soluciones técnicas | 79 |
| CAPITULO 4..... | | 81 |
| 4. | ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL | 81 |
| 4.1. | Objetivo..... | 81 |
| 4.1.1. | Objetivo General..... | 81 |
| 4.1.2. | Objetivos Específicos..... | 81 |
| 4.2. | Descripción del proyecto..... | 81 |
| 4.2.1. | Ubicación geográfica | 82 |
| 4.3. | Categoría del estudio ambiental | 83 |
| 4.4. | Certificado de intersección..... | 84 |
| 4.5. | Línea base ambiental..... | 85 |
| 4.5.1. | Medio Físico..... | 85 |
| 4.5.1.1. | Clima | 85 |
| 4.5.1.2. | Relieve..... | 86 |
| 4.5.1.3. | Hidrografía..... | 86 |
| 4.5.2. | Medio Biológico..... | 87 |
| 4.5.2.1. | Flora, fauna y vegetación | 87 |
| 4.5.3. | Medio Socio-económico..... | 88 |
| 4.5.3.1. | Población económicamente activa | 88 |

| | | |
|----------------------|--|-----|
| 4.5.3.2. | Perfil epidemiológico..... | 88 |
| 4.6. | Actividades del proyecto | 88 |
| 4.7. | Identificación de impactos ambientales | 89 |
| 4.8. | Valoración de impactos ambientales | 89 |
| 4.9. | Medidas de mitigación | 90 |
| 4.10. | Conclusiones y recomendaciones | 91 |
| CAPITULO 5..... | | 93 |
| 5. | PRESUPUESTO | 93 |
| 5.1. | Descripción de rubros | 93 |
| 5.1.1. | Limpieza del terreno | 93 |
| 5.1.2. | Tanque homogenizador | 93 |
| 5.1.3. | Hidróxido de cal | 93 |
| 5.1.4. | Caseta de químicos | 93 |
| 5.1.5. | Laboratorio de control | 94 |
| 5.2. | Análisis de costos unitarios..... | 94 |
| 5.3. | Descripción de cantidades de obra..... | 95 |
| 5.4. | Valoración integral del costo del proyecto | 96 |
| 5.5. | Estructura de desglose de trabajo | 97 |
| CAPITULO 6..... | | 99 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 99 |
| 6.1. | Conclusiones | 99 |
| 6.2. | Recomendaciones | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 101 |
| PLANOS Y ANEXOS..... | | 103 |
| Anexo A | | 103 |
| Anexo B | | 113 |
| Anexo C | | 116 |

| | |
|--------------|-----|
| Anexo D..... | 128 |
| Planos..... | 134 |

ABREVIATURA

| | |
|-------|---|
| BP | Bosques Protectores |
| CCAN | Catálogo de Categorización Ambiental Nacional |
| CE | Conductividad eléctrica |
| DQO | Demanda química de oxígeno |
| EDT | Estructura desglose de trabajo |
| EPA | Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos |
| INEN | Servicio Ecuatoriano de Normalización |
| OD | Oxígeno disuelto |
| ODS | Objetivo de desarrollo sostenible |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| PCC | Plan de comunicación y capacitación |
| PFE | Patrimonio Forestal del Estado |
| PMA | Plan de Manejo Ambiental |
| PMD | Plan de manejo de desechos |
| Pqa. | Parroquia |
| PRC | Plan de relaciones comunitarias |
| Prov. | Provincia |
| PTAP | Planta de Tratamiento de Agua Potable |
| SNAP | Sistema Nacional de Áreas Protegidas |
| SUIA | Sistema Único de Información Ambiental |
| TDS | Sólidos disueltos totales |

SIMBOLOGÍA

| | |
|----------|-------------------------------|
| Ca | Calcio |
| cm | Centímetros |
| Cu | Cobre |
| g | Gramos |
| h | Horas |
| hab | Habitantes |
| Km | Kilómetro |
| Kg | Kilogramo |
| l | Litros |
| M | Molaridad |
| m | Metro |
| Mg | Magnesio |
| mg | Miligramos |
| min | Minutos |
| mm | Milímetros |
| MPA | Mega Pascales |
| msnm | Metros sobre el nivel del mar |
| NTU | Unidad de turbidez |
| s | Segundos |
| u | Unidad |
| V | Volumen |
| W | Watt |
| f'c | Resistencia del hormigón |
| f'y | Resistencia del acero |
| °C | Grados centígrados |
| μ | Viscosidad del agua |
| μ S | Micro Siemens |
| γ | Peso específico |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Diagrama actual de la planta | 3 |
| Figura 1.2 Componentes de la descripción del problema..... | 4 |
| Figura 1.3 Componentes del alcance del proyecto..... | 6 |
| Figura 1.4 Macro ubicación de la PTAP | 7 |
| Figura 1.5 Ubicación Geográfica | 8 |
| Figura 1.6 Ubicación de la PTAP desde la ciudad de Cuenca | 9 |
| Figura 1.7 Mapa de pendientes de la parroquia San Cristóbal..... | 10 |
| Figura 2.1 Puntos de muestreo | 19 |
| Figura 2.2 Estimación de población futura usando método geométrico | 2 |
| Figura 2.3 Comparación de parámetros tomados para estimar población futura | 7 |
| Figura 2.4 Comparación de población de diseño para cada zona..... | 8 |
| Figura 2.5 Comparación de caudales de diseño para zona Alta | 9 |
| Figura 2.6 Comparación de caudales de diseño para Zona Baja | 9 |
| Figura 2.7 Vista del cárcamo de bombeo | 10 |
| Figura 2.8 Vista de entrada de la PTAP El Descanso | 11 |
| Figura 2.9 Bandejas de oxigenación | 11 |
| Figura 2.10 Vertedero de mezcla rápida | 12 |
| Figura 2.11 Floculador hidráulico | 12 |
| Figura 2.12 Rejilla del sedimentador | 13 |
| Figura 2.13 Salida del sedimentador | 13 |
| Figura 2.14 Filtros de carbono y ablandamiento..... | 14 |
| Figura 2.15 Tanque de almacenamiento y cloración | 15 |
| Figura 2.16 Diagrama actual de la planta..... | 15 |
| Figura 2.17 Bandejas de oxigenación de la PTAP | 17 |
| Figura 2.18 Presencia de costras en las superficies de las tuberías | 19 |
| Figura 2.19 Dimensiones obtenidas del vertedero | 21 |
| Figura 2.20 Esquema del vertedero de cresta delgada de mezcla rápida..... | 22 |
| Figura 2.21 Salida del agua luego del proceso de sedimentación..... | 23 |
| Figura 2.22 Salida del coagulante (sulfato de aluminio) | 24 |
| Figura 2.23 Resultado del ensayo de coliformes totales. a) Entrada a la planta. b) Salida de cloración. c) Población..... | 27 |
| Figura 2.24 Porcentaje de remoción en el test de jarra para cada dosificación..... | 29 |

| | |
|--|----|
| Figura 2.25 Representación de la dureza del Agua dentro de la PTAP El Descanso ... | 30 |
| Figura 2.26 Esquema del funcionamiento de un reactor pellet..... | 34 |
| Figura 2.27 Ubicación del Reactor Pellet en la PTAP | 35 |
| Figura 2.28 Ubicación de la aplicación de cal en la PTAP | 36 |
| Figura 2.29 Ubicación de la aplicación de cal y del reactor pellet en la PTAP | 37 |
| Figura 3.1 Esquema del funcionamiento del reactor pellet | 41 |
| Figura 3.2 Arena antes y después de la cristalización..... | 41 |
| Figura 3.3 Evolución de la población de la parroquia San Cristóbal..... | 44 |
| Figura 3.4 Población futura mediante método aritmético | 45 |
| Figura 3.5 Población futura mediante método geométrico | 47 |
| Figura 3.6 Población futura mediante método exponencial..... | 48 |
| Figura 3.7 Comparación de los métodos de población futura..... | 49 |
| Figura 3.8 Reactor con altura de 22 cm | 59 |
| Figura 3.9 Reactor con altura de 1.34 metros | 60 |
| Figura 3.10 Reactor con altura de 2 metros | 60 |
| Figura 3.11 Lechada de cal al 20% | 66 |
| Figura 3.12 Aplicación de lechada de cal | 69 |
| Figura 3.13 Análisis de cobre realizado a la muestra de S3..... | 71 |
| Figura 3.14 Curva de calibración del cobre | 72 |
| Figura 3.15 Porcentaje de eficiencia de S1 | 73 |
| Figura 3.16 Porcentaje de eficiencia de S2 | 74 |
| Figura 3.17 Porcentaje de eficiencia de S3 P1 | 76 |
| Figura 3.18 Porcentaje de eficiencia de S3 P2..... | 76 |
| Figura 3.19 Simulación de S3..... | 77 |
| Figura 3.20 Remoción de dureza de la alternativa A2..... | 78 |
| Figura 4.1 Vista panorámica de la PTAP El Descanso..... | 82 |
| Figura 4.2 Ubicación geográfica | 83 |
| Figura 4.3 Identificación de actividad provista por el SUIA..... | 84 |
| Figura 4.4 Mapa del Certificado de Intersección del proyecto..... | 85 |
| Figura 4.5 Mapa de isotermas de la parroquia San Cristóbal..... | 85 |
| Figura 4.6 Mapa relieve de la parroquia San Cristóbal..... | 86 |
| Figura 4.7 Distribución del acceso al agua para el consumo humano de los habitantes de la parroquia..... | 87 |

Figura 5.1 Estructura de desglose de trabajo98

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1 Datos Geográficos | 6 |
| Tabla 2.1 Plan de muestreo basado en la NTE INEN 2169 | 19 |
| Tabla 2.2 Datos de población futura | 1 |
| Tabla 2.3 Parámetros iniciales para el cálculo de población futura | 1 |
| Tabla 2.4 Tasas de crecimiento poblacional..... | 1 |
| Tabla 2.5 Población futura (2024) | 2 |
| Tabla 2.6 Distribución de la dotación..... | 3 |
| Tabla 2.7 Caudales de diseño de la PTAP El Descanso por zona | 3 |
| Tabla 2.8 Parámetro de distribución para la población de diseño | 3 |
| Tabla 2.9 Niveles de Servicio para Sistemas de Abastecimiento de Agua, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos | 4 |
| Tabla 2.10 Resultado de Caudal medio | 4 |
| Tabla 2.11 Resultado de caudal máximo diario | 5 |
| Tabla 2.12 Resultado de caudal máximo horario | 5 |
| Tabla 2.13 Resultado de caudal de captación..... | 6 |
| Tabla 2.14 Resultado de caudal de captación..... | 6 |
| Tabla 2.15 Resultado de caudal de distribución | 7 |
| Tabla 2.16 Equipos prestados por ESPOL para los ensayos in-situ | 16 |
| Tabla 2.17 Valores de turbidez de cada proceso tomado in-situ | 17 |
| Tabla 2.18 Parámetros analizados in-situ | 20 |
| Tabla 2.19 Dimensiones del vertedero de mezcla rápida | 21 |
| Tabla 2.20 Equipos prestados por ESPOL para los ensayos realizados..... | 25 |
| Tabla 2.21 Parámetros analizados en el laboratorio | 27 |
| Tabla 2.22 Parámetros medidos en test de jarras. antes y después del proceso..... | 28 |
| Tabla 2.23 Resultados de Dureza. | 30 |
| Tabla 2.24 Comparación con Normativa Internacional de los parámetros medidos..... | 31 |
| Tabla 2.25 Parámetros medidos de la captación en los años 2005 y 2009, y a la entrada de la PTAP en el 2020..... | 33 |
| Tabla 2.26 Análisis de cada alternativa propuesta | 38 |
| Tabla 2.27. Valoración a usar para el análisis de alternativas..... | 39 |
| Tabla 2.28 Análisis valorativo de las alternativas planteadas..... | 39 |
| Tabla 3.1 Cronograma de actividades en el laboratorio | 42 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3.2 Lista de materiales y equipo | 43 |
| Tabla 3.3 Datos de censos poblacionales | 44 |
| Tabla 3.4 Población futura método aritmético | 45 |
| Tabla 3.5 Población futura método geométrico | 46 |
| Tabla 3.6 Población futura método exponencial..... | 48 |
| Tabla 3.7 Población Futura estimada por de cada método | 48 |
| Tabla 3.8 Distribución de la población de diseño | 49 |
| Tabla 3.9 Población de diseño por zona | 50 |
| Tabla 3.10 Resultado de Caudal medio | 50 |
| Tabla 3.11 Resultado de Caudal máximo diario..... | 51 |
| Tabla 3.12 Resultado de Caudal máximo horario..... | 51 |
| Tabla 3.13 Resultado de Caudal de captación | 51 |
| Tabla 3.14 Resultado de Caudal de captación | 52 |
| Tabla 3.15 Resultado de Caudal de distribución | 52 |
| Tabla 3.16 Parámetros iniciales | 52 |
| Tabla 3.17 Dimensionamiento | 53 |
| Tabla 3.18 Dimensiones del tanque | 53 |
| Tabla 3.19 Parámetros iniciales | 53 |
| Tabla 3.20 Dimensionamiento | 54 |
| Tabla 3.21 Dimensiones del floculador..... | 55 |
| Tabla 3.22 Parámetros iniciales | 56 |
| Tabla 3.23 Dimensionamiento | 56 |
| Tabla 3.24 Dimensiones del sedimentador | 56 |
| Tabla 3.25 Parámetros y dimensionamiento | 57 |
| Tabla 3.26 Dimensiones del filtro de arena | 58 |
| Tabla 3.27 Parámetros y dimensionamiento | 58 |
| Tabla 3.28 Dimensiones del reservorio | 58 |
| Tabla 3.29 Ensayos realizados con reactor h=22cm..... | 61 |
| Tabla 3.30 Dimensiones del prototipo | 62 |
| Tabla 3.31 Parámetros obtenidos con el reactor de 2 m de altura y diversas formas de inyección de cal..... | 63 |
| Tabla 3.32 Parámetros obtenidos con el reactor de 2 m de altura después del filtro | 63 |
| Tabla 3.33 Porcentaje de eficiencia de remoción del reactor pellet y filtro de arena | 64 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabla 3.34 | Parámetros iniciales de S1 | 66 |
| Tabla 3.35 | Parámetros finales de S1 | 66 |
| Tabla 3.36 | Parámetros iniciales de S2 | 67 |
| Tabla 3.37 | Parámetros finales de S2 | 67 |
| Tabla 3.38 | Datos del filtrado de S2 | 68 |
| Tabla 3.39 | Parámetros iniciales de S3 | 68 |
| Tabla 3.40 | Parámetros finales de S3 | 69 |
| Tabla 3.41 | Dureza total en la PTAP | 70 |
| Tabla 3.42 | Determinación de la dureza total y de magnesio | 70 |
| Tabla 3.43 | Análisis de cobre | 71 |
| Tabla 3.44 | Estimación de la contribución de cobre | 72 |
| Tabla 3.45 | Estimación de dureza por magnesio..... | 73 |
| Tabla 3.46 | Eficiencia de remoción de dureza cálcica de S1 | 73 |
| Tabla 3.47 | Eficiencia de remoción de dureza cálcica de S2 | 74 |
| Tabla 3.48 | Eficiencia de remoción de dureza cálcica de S3 | 75 |
| Tabla 3.49 | Eficiencia de remoción con 4 mg/l de cal al 20%..... | 77 |
| Tabla 3.50 | Resultados de A2 | 78 |
| Tabla 3.51 | Estimación de eficiencia A3 | 79 |
| Tabla 4.1 | Datos geográficos..... | 82 |
| Tabla 4.2 | Detalle según catálogo del SUIA | 83 |
| Tabla 4.3 | Actividades del proyecto | 88 |
| Tabla 4.4 | Impactos ambientales..... | 89 |
| Tabla 4.5 | Valoración de los impactos potenciales..... | 89 |
| Tabla 4.6 | Plan de manejo ambiental (Pre-Factibilidad) | 90 |
| Tabla 4.7 | Cronograma valorado del PMA | 91 |
| Tabla 5.1 | Listado de rubros | 94 |
| Tabla 5.2 | Análisis de Precios Unitarios | 95 |
| Tabla 5.3 | Cantidades de obra | 95 |
| Tabla 5.4 | Costo referencial de las implementaciones del proyecto..... | 96 |
| Tabla 5.5 | Gasto mensual de consumo de cal..... | 97 |

ÍNDICE DE PLANOS

Lámina 1/6 Implantación

Lámina 2/6 Vista general PTAP

Lámina 3/6 Perfil hidráulico

Lámina 4/6 Floculador hidráulico

Lámina 5/6 Sedimentadores y tanque reservorio

Lámina 6/6 Filtros de arena y tanque de homogenización

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

En el año 2006 fueron realizados y presentados los estudios definitivos del proyecto de “ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COMUNIDADES DE: GUACHÚN, PAMPA NEGRA CRISTO REY, LA VICTORIA, BELLAVISTA, PUEBLO NUEVO Y EL DESCANSO PERTENECIENTES A LA PARROQUIA SAN CRISTÓBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY” los cuales fueron fiscalizados y aceptados por la I. Municipalidad de Paute.

El proyecto contempla un sistema de captación de agua subterránea, con un caudal alrededor de 10 l/s, que es bombeada desde un pozo ubicado en la parte baja de la comunidad de El Descanso a unos cuantos metros de las orillas del Río Burgay, la vía de conducción del agua es mediante una tubería de PVC de 110 mm de diámetro, debido a que posee una presión que no sobrepasa 1.67 MPA, hasta llegar a la estación de tratamiento. La distribución del agua captada es dividida a la mitad, una parte se distribuye entre las comunidades de Bellavista, La Victoria, Pueblo Nuevo y el Descanso, la otra mitad se impulsa a un tanque de reserva donde se distribuye a las comunidades restantes que son Cristo Rey, Guachún y Pampa Negra.

En el año 2009, los representantes de las comunidades beneficiarias del proyecto indicaron de manera verbal que se habían efectuado modificaciones a las propuestas iniciales presentados en los estudios definitivos en el año 2006, donde se verificó que se realizó una revisión, actualización y complementación de los diseños existentes.

Dentro de la actualización del estudio se verificaron datos tales como:

- Datos poblacionales
- Consideraciones de Diseño
- Verificación de datos topográficos
- Diseño de líneas de impulsión y bombeo
- Diseño de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP)
- Redes de Distribución
- Modificación de la memoria técnica

- Actualización de Presupuesto.

Estas consideraciones de revisión y diseño se realizaron en función del costo total de la ejecución del proyecto, con la finalidad de optimizar costos sin afectar la parte técnica del mismo.

1.2. Situación Actual

La Parroquia de San Cristóbal se encuentra en la zona rural del cantón de Paute, actualmente la potabilización del agua se la realiza en la PTAP ubicada en la comuna de El Descanso la misma que tiene alrededor de 14 años en funcionamiento desde su construcción. Abasteciendo a las comunidades: Guachún, Pampa Negra, Cristo Rey, La Victoria, Bellavista, Pueblo Nuevo y El Descanso.

Esta planta recibe agua captada de un pozo de 90 m de profundidad, por lo que se tiene un afluente de agua subterránea. La estación de bombeo se encuentra a unos 50 m de las orillas del Rio Burgay.

A unos 25 min desde el cárcamo de bombeo se encuentra la estación de tratamiento de agua, es importante mencionar que se realiza un tratamiento convencional para el agua, es decir que posee varias operaciones físicas unitarias y procesos químicos unitarios para realizar la potabilización del agua, tales como: (ver Figura 1.1)

- Bandejas de oxigenación
- Vertedero de mezcla rápida
- Floculador hidráulico
- Sedimentador
- Filtro de arena
- Filtros de carbón activado
- Filtro ablandador
- Desinfección

Actualmente el manejo del Proyecto de Agua Potable de la Parroquia San Cristóbal está a cargo de un Directorio General de Agua, el mismo que es responsable de la Operación, Mantenimiento y Administración del sistema.

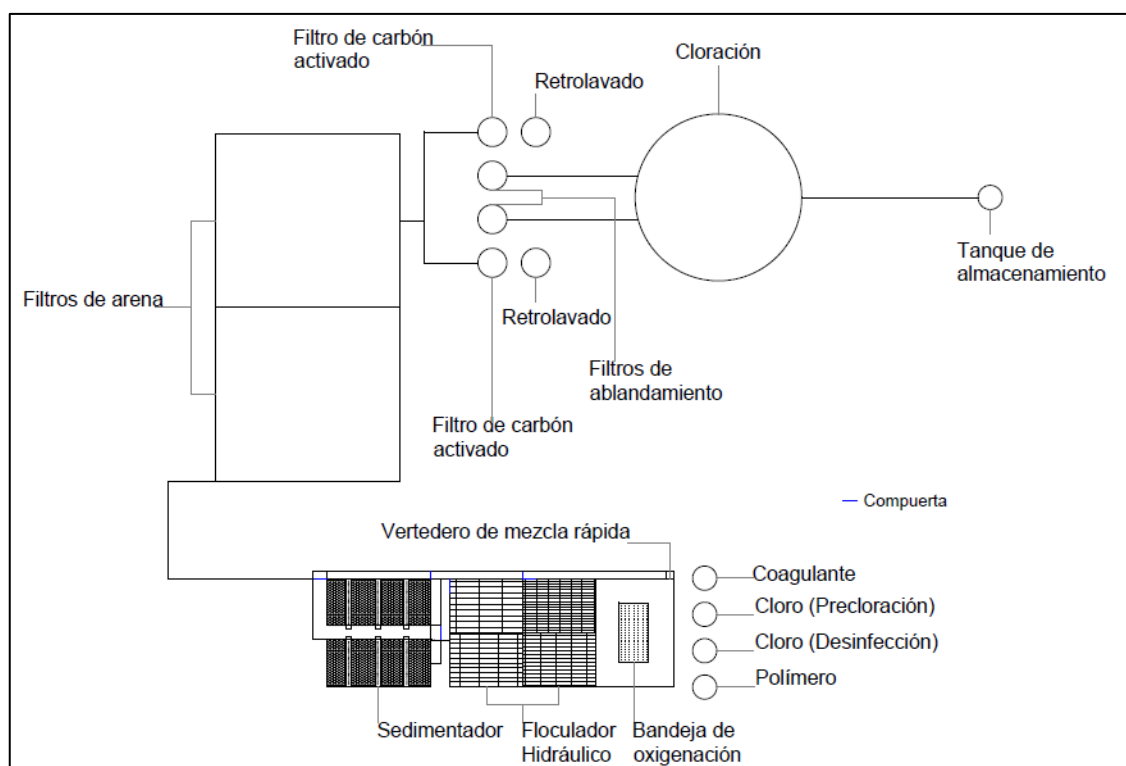


Figura 1.1 Diagrama actual de la planta

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

1.3. Descripción del Problema

Las comunidades que se ven beneficiadas con este Proyecto de Agua Potable registran que el servicio de abastecimiento es deficiente y que no cuentan con agua potable las 24 horas del día, para abastecer sus necesidades algunas comunidades recurren al uso de aguas provenientes de vertientes las cuales no reciben ningún tipo de tratamiento o protección. Consecuencia de esto se ve afectada la salud de los habitantes de las diferentes comunidades exponiéndolos a la transmisión de enfermedades parasitarias.

Por otro lado, los habitantes de las comunidades que pueden hacer uso del agua reportan en su totalidad que la calidad del agua que consumen es pésima, indicando que algunos tanques reservorios se encuentran en malas condiciones. Dentro de los cuales también se presenta alto contenido de carbonatos y sales en el agua lo que presenta un problema en la dureza del agua.

Según el documento “Estudios Integrales del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para las comunidades de Guachún, Pampa Negra, Cristo Rey, La Victoria, Bellavista Pueblo Nuevo y El Descanso pertenecientes a la Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay. Informe Final: Fase II”, que fue proporcionado por el cliente, las personas que componen las Directivas para el manejo de agua en cada una de las comunidades tan solo el 25% de los miembros han recibido algún tipo de capacitación referente a salud e higiene. Las dos personas encargadas del monitoreo de las actividades dentro de la PTAP lo realizan de manera empírica sin ninguna base sólida de conocimiento referente a los procesos realizados dentro de la planta.

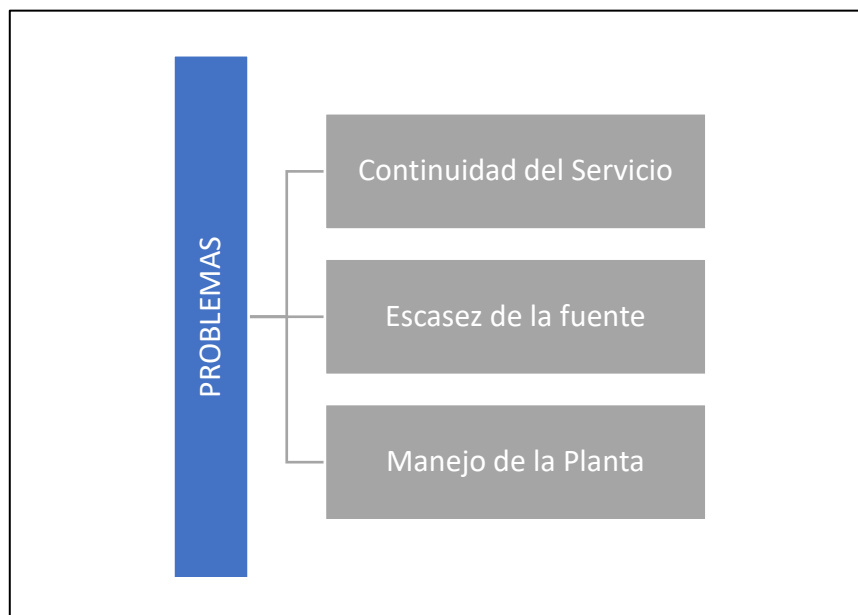


Figura 1.2 Componentes de la descripción del problema

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

1.4. Justificación

Basados en la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en donde Ecuador declaró para el 2030, como una política del Gobierno Nacional y la Asamblea Nacional, adoptar la resolución en donde se compromete con la implementación de las ODS y colocarlos como un referente obligatorio para su trabajo. Dentro del cual tenemos el Objetivo 6 del Agua limpia y Saneamiento donde se garantiza la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el saneamiento para todos.

Este proyecto pretende contribuir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 y apoyar en la generación de soluciones mínimas para la obtención de agua de calidad, las

cuales cumplan con los requerimientos del agua potable apta para consumo humano establecidas tanto en normas nacionales como internacionales.

Así como un correcto manejo de la planta de tratamiento, cuidando que cada uno de los procesos y operaciones unitarias se realicen de manera correcta cumpliendo con cada uno de los parámetros para los que fueron diseñados.

1.5. Alcance

Este trabajo contempla el diagnóstico inicial de las condiciones en las que se encuentra actualmente la planta, tanto en su evaluación de calidad del agua tratada, como en su operación y mantenimiento. Obteniendo parámetros indicadores de que el efluente cumple con los parámetros del agua apta para el consumo humano.

Garantizando que tanto el periodo de diseño sea el adecuado y que los equipos utilizados estén de acuerdo a la vida útil de cada uno de ellos. Así como la estimación de la población futura o de diseño sea la correcta, dando soluciones técnicas de diseño y de mantenimiento para alcanzar dicho periodo de diseño.

Para el desarrollo de este trabajo se ponen en práctica conocimientos de: Sistemas de Recolección y Distribución de Agua, Potabilización y Tratamiento del Agua, Hidráulica, Instalaciones y Gestión de Obras Civiles, así como programas computacionales para sistemas de información geográfica y diseño de la planta.

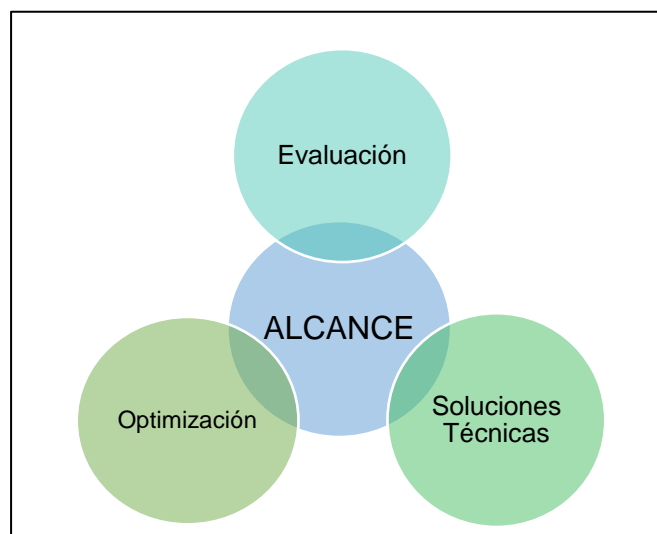


Figura 1.3 Componentes del alcance del proyecto

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Analizar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Descanso cumpliendo con estándares nacionales e internacionales dentro de los parámetros requeridos para la obtención de agua potable apta para el consumo humano.

1.6.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar cada uno de los procesos y operaciones unitarias llevadas a cabo en la PTAP El Descanso para poder establecer parámetros iniciales sobre el funcionamiento de la misma.
2. Estimar parámetros de diseño para la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la Parroquia San Cristóbal.
3. Determinar mejoras y soluciones técnicas para la correcta operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Descanso asegurando una mejora en la calidad del agua tratada.

1.7. Geografía

1.7.1. Localización

Tabla 1.1 Datos Geográficos

| DESCRIPCIÓN | DATOS | |
|-------------------|---------------|--------------|
| Provincia | Azuay | |
| Cantón | Paute | |
| Parroquia | San Cristóbal | |
| Comunidades | Bellavista | |
| | Cristo Rey | |
| | El Descanso | |
| | Guachún | |
| | La Victoria | |
| | Pampa Negra | |
| | Pueblo Nuevo | |
| Coordenadas (UTM) | X | 736.000 Este |

| | | |
|-------------------------|---------------|-----------------|
| | Y | 9'687.500 Norte |
| Altitud Aprox. | 2400 m.s.n.m. | |
| Temperatura (°C) | Med. Anual | 16 |
| | Max | 20 |
| | Min | 12 |
| Limites | Norte | Prov. Cañar |
| | Sur | Cantón Cuenca |
| | Este | Pqa. El Cabo |
| | Oeste | Prov. Cañar |

Fuente: Datos entregados por el Cliente

Elaboración: Salcedo – Sevillano

1.7.2. Ubicación

La PTAP de la parroquia San Cristóbal, se encuentra al centro-sur de la región interandina del Ecuador, tal como se muestra en la Figura 1.4.



Figura 1.4 Macro ubicación de la PTAP

Fuente: Google Maps

Las comunidades de Bellavista, Cristo Rey, El Descanso, Guachún, La Victoria, La Pampa Negra y Pueblo Nuevo, forman parte de la Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay, tal como se muestra en la Figura 1.5.

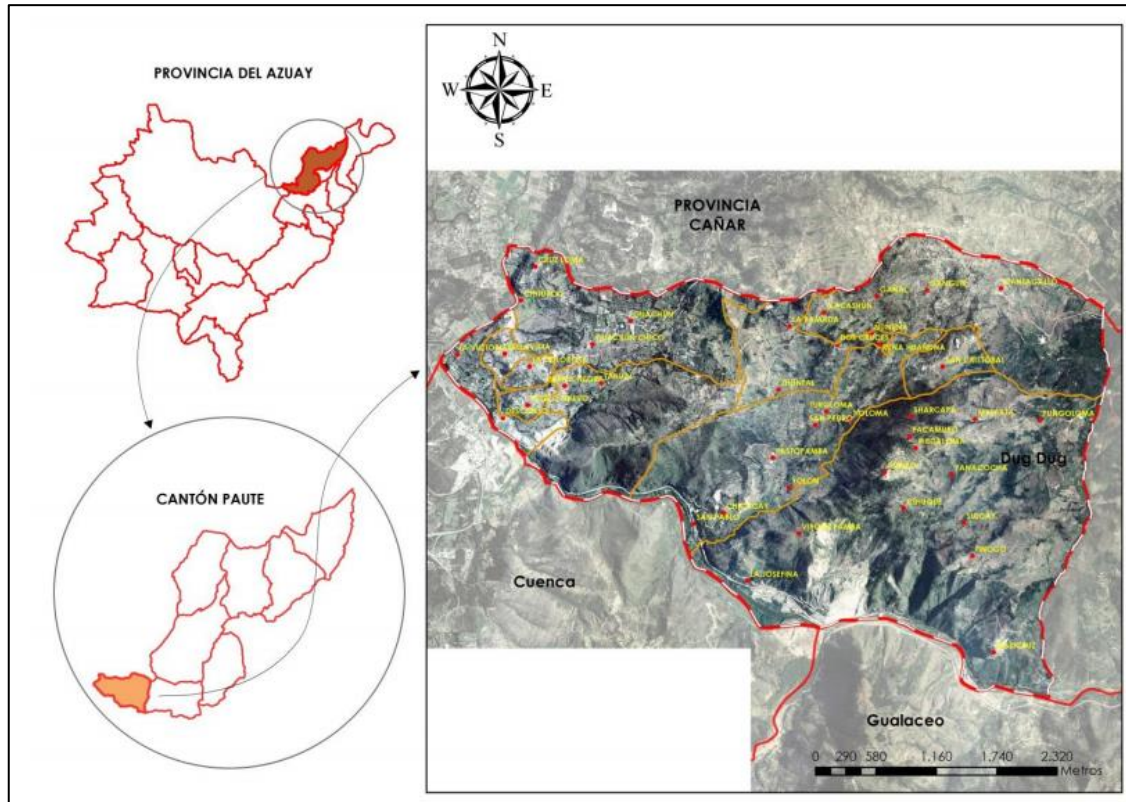


Figura 1.5 Ubicación Geográfica

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial San Cristóbal, 2015

La PTAP está ubicada a una distancia aproximada de 22.4 Km desde la ciudad de Cuenca, lo que da un tiempo aproximado de 30 min por la vía Panamericana (Azogues-Cuenca), tal como se muestra en la Figura 1.6.

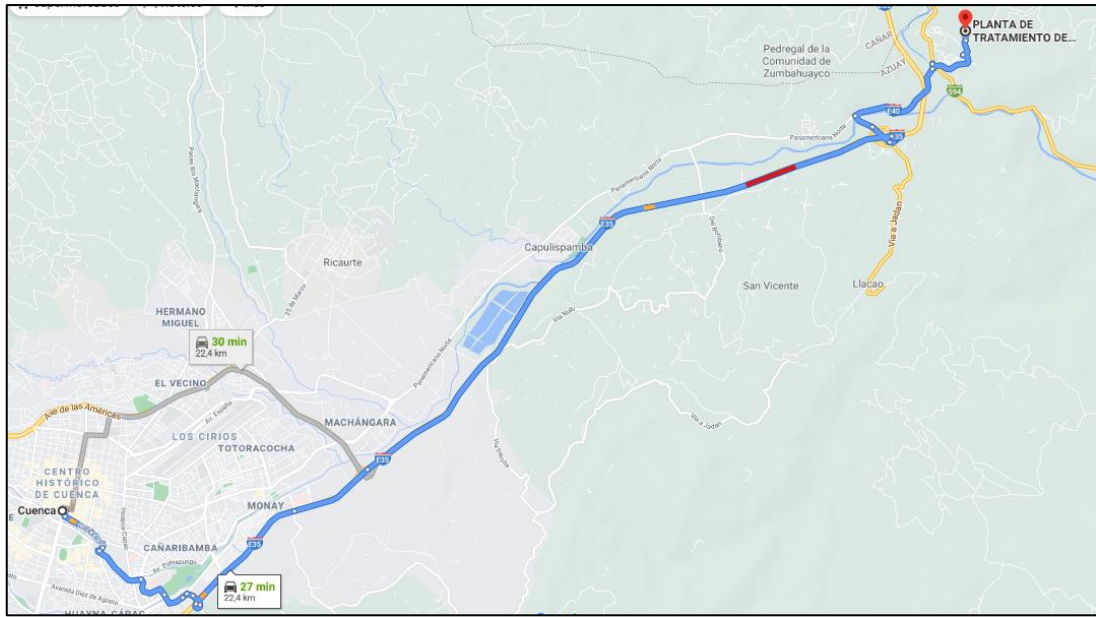


Figura 1.6 Ubicación de la PTAP desde la ciudad de Cuenca

Fuente: Google Maps

1.7.3. Topografía y Suelo

Dentro de la parte topográfica de manera general la parroquia San Cristóbal es relativamente plana especialmente en la ubicación hacia el centro del valle, donde se observa quebradas y zonas semidesérticas. Debido a esto el asentamiento poblacional se concentra en los sectores inclinados.

Es notable la existencia de pocos remanentes de bosques nativos dentro de las zonas altas, proliferando extensas zonas de pastizales y evidenciando infraestructuras inadecuadas alrededor de quebradas y pendientes. Predominando zonas de suelo rocoso en su mayoría, junto a terrenos áridos por falta de agua.

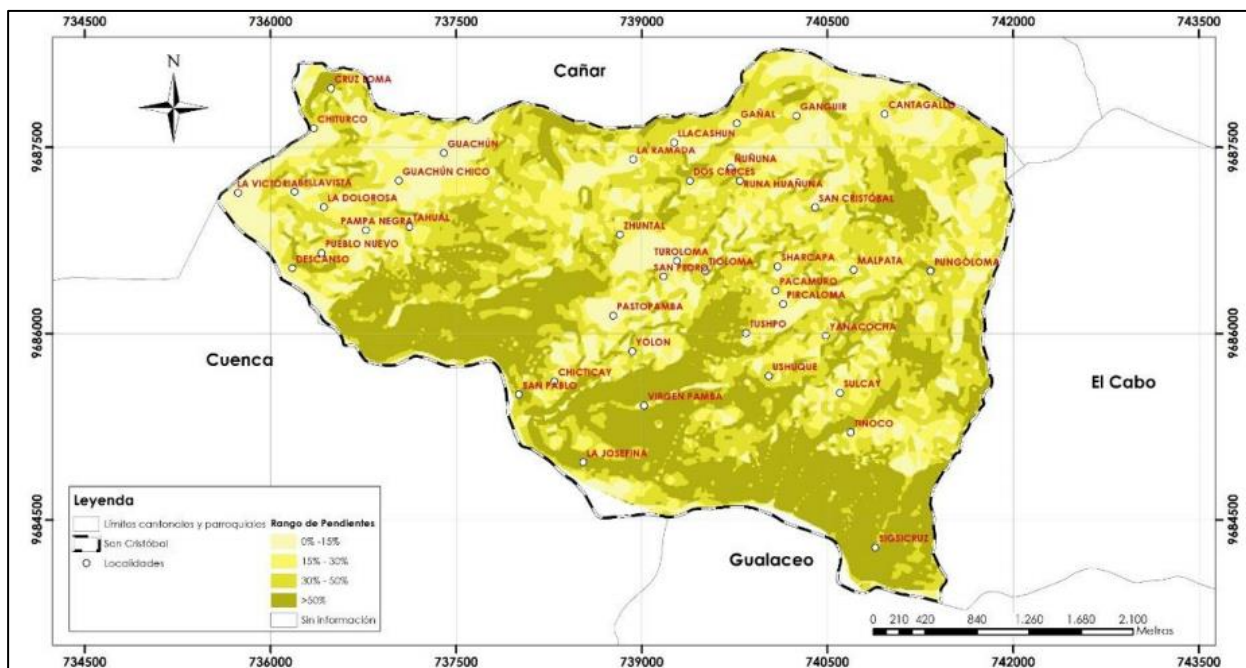


Figura 1.7 Mapa de pendientes de la parroquia San Cristóbal

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial San Cristóbal, 2015

1.8. Marco Teórico

Para el desarrollo de este proyecto se adoptan las siguientes definiciones:

1.8.1. Agua Potable

Es el agua que ha sufrido cambios físicos, químicos y biológicos con el objetivo de que sea apta para el consumo humano. Es decir, que cumpla con los límites máximos permisibles de las normas de calidad establecidas en cada localidad. (Sierra, 2012)

1.8.2. Planta de Tratamiento de Agua Potable

Una planta de tratamiento de Agua Potable es una estructura donde el agua cruda se somete a diversos procesos con el fin de eliminar contaminantes físicos, químicos y biológicos, con el objetivo de que los parámetros establecidos en las normativas vigentes se encuentren debajo de los límites máximos permisibles estipulados. (Camacho, 2011)

1.8.3. Operaciones Físicas Unitarias

Son los métodos de tratamientos en los que principalmente intervienen fuerzas físicas. En su mayoría, han sido desarrollados por observación, siendo así los

primeros procesos aplicados en el tratamiento de aguas a lo largo del tiempo. (Ramírez & Uriarte, 2019)

1.8.4. Sedimentación

Es un proceso natural en el que las partículas de mayor peso que el agua descienden hacia el fondo, por acción de la gravedad. Comúnmente, en el agua se puede detectar impurezas naturales con tres estados de suspensión. Lo que da a lugar a tres procedimientos distintos para su eliminación: sedimentación simple, aglutinación de coloides para formar flóculos, transformación de compuestos insolubles en solubles para formar flóculos. (Pérez, 2005)

1.8.5. Filtración

En este método el agua debe transitar por un medio poroso. Comúnmente se usa arena, ya que en esta se presentan diversos mecanismos de remoción. Este proceso puede ser usado como único tratamiento, sólo si las aguas son muy claras o de preferencia como uno de los procesos finales en la planta de tratamiento. (Cánepa et al., 2004)

1.8.5.1. Medio Filtrante

El medio filtrante es el que permite el paso del líquido, pero no de los sólidos presentes en el agua, los cuales quedan atrapados. Además de la arena, que es el medio filtrante más común, también hay otros tipos: membranas filtrantes de plástico o metal e incluso materiales putrescibles. (Romero, 2008)

1.8.5.2. Filtros lentos

Consiste en un tanque que posee: una capa de arena, una de grava y un sistema de drenaje que capta el agua filtrada. El agua pasa a través de los poros de la capa de arena y los sólidos son retenidos. Sin embargo, en los granos de arena se forma una capa fina de materia orgánica y bacterias por lo que es necesario lavar la arena o cambiarla. (Campos, 2000)

1.8.5.3. Filtros Rápidos

Se denominan filtros rápidos porque la velocidad de filtración es mayor que la de un filtro lento. Suelen obstruirse con mayor facilidad por ello es recomendable que

previamente se use la sedimentación. Existen de flujo: ascendente, descendentes, mixto, con lechos de un solo material o lechos múltiples. (Campos, 2000)

1.8.6. Procesos Químicos Unitarios

Son métodos de tratamiento en los que para obtener resultados es necesario añadir productos químicos o la presencia de reacciones químicas. (Camacho, 2011)

1.8.6.1. Coagulación - Floculación

Son procesos unitarios utilizados dentro del tratamiento de agua mediante el cual se busca la eliminación de las partículas coloidales que son difíciles de sedimentar por el reducido tamaño de las mismas. (Metcalf & Eddy, 2004)

1.8.6.2. Desinfección

En este proceso unitario se debe asegurar que el agua sea apta para el consumo humano. Es decir, que esté libre de agentes patógenos activos y sea inocua para el consumidor aún después de que ésta salga de la planta. (Cánepa et al., 2004)

1.8.6.2.1. Cloro

Es un oxidante de fácil dosificación y de menor costo. Con rápida acción sobre organismos patógenos, bajo impacto ambiental para el ser humano y animales. Además, brinda un efecto residual que contribuye protegiendo el agua en posteriores contaminaciones como en la red de distribución o tanques de reserva. (Cánepa et al., 2004)

1.8.6.2.2. Cloro Residual Libre

Representa la cantidad de cloro que queda en el agua después de un tiempo de contacto determinado, que sufre reacciones químicas y biológicas tales como ácido hipocloroso o ión hipoclorito. (Garzon & Rojas, 2018)

1.8.6.2.3. Subproductos de Desinfección (DBP's)

Son subproductos de reacciones secundarias generadas por la acción oxidante del cloro libre, cuando se realiza la desinfección de agua que contiene materia orgánica. La disposición de DBP's en agua que está siendo consumida por seres humanos representa un alto riesgo, debido a que son agentes cancerígenos y mutagénicos. (Camargo, et al, s.f).

1.8.7. Tratamiento Convencional del Agua Potable

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2655, las plantas de ciclo completo o convencionales deben cumplir ciertos parámetros para las fases de coagulación, floculación y sedimentación

1.8.8. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos, para la descomposición de la materia orgánica. Cuando hay valores altos de DBO, el oxígeno disuelto es menor. Lo que causa que exista menos oxígeno disponible para los organismos acuáticos. (Stachetti & Bruno, 2007)

1.8.9. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es un parámetro con el que se interpreta la medida de la materia orgánica e inorgánica que logra ser químicamente oxidada por agentes oxidantes bajo condiciones acidez. (Ramírez et al., 2008)

1.8.10. Dureza del Agua

La dureza del agua es debida al contenido de calcio y magnesio disueltos y a otros iones polivalentes que no tienen un aporte significativo. Esta cantidad de sales presentes en el agua limita la capacidad de formación de espuma de detergentes y representa una serie de problemas de incrustación en equipos industriales y domésticos. (NTE INEN 974)

1.8.11. Ablandamiento

Algunas aguas, por su dureza, han de ser sometidas a un proceso químico de afiné para la eliminación de sus sales de calcio y magnesio. Además de proporcionar una mayor calidad al agua, evita posibles problemas en la red de distribución (incrustaciones de cal (Yaite, 2008)

1.8.12. Reactor Pellet

El reactor de pellet consta de un recipiente, por lo general cilíndrico, que posee un lecho fluidizado de granos de arena con el que los sólidos que se encuentran en el agua sin ablandar, al agregar un compuesto químico, reaccionan, produciendo la

cristalización de carbonatos de calcio. Para que los granos se muevan ascendientemente y no se sedimenten debe existir un flujo mínimo de agua. Este reactor posee una tasa de cristalización alta por lo que el tiempo de retención es breve (Ver Figura 2.25). (Graveland et al., 1983)

1.8.13. Sólidos Totales

Son los componentes sólidos que se encuentran en el agua. Los cuáles son identificados como el residuo sobrante luego de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma de sólidos fijos y volátiles. Los sólidos volátiles son los que se pierden por calcinación a más de 500°C, suele tratarse de material orgánico; Los sólidos fijos son los que permanecen a pesar de la calcinación, tienden a ser material inorgánico. (Cánepa et al., 2004)

1.8.14. Turbidez

Es el parámetro que mide la claridad o transparencia del agua. Esta se incrementa por la presencia de material suspendido que limita el paso de la luz. (Sierra, 2012)

1.8.15. Contaminantes

Los contaminantes pueden limitar o dañar los recursos hídricos y pueden derivarse de distintas actividades como el uso sustancias químicas para depuración de aguas residuales, uso de tierras para la agricultura, contaminación del aire, minería o de cualquier tipo de industria. Los contaminantes pueden ser: materia orgánica, agentes patógenos, lluvia ácida, metales pesados, fertilizantes, pesticidas, etc. (Huertas, 2014)

1.8.16. Coliformes Fecales

Pertencen a una familia de bacterias que pueden encontrarse en suelo, plantas, animales y seres humanos. Las bacterias coliformes son síntoma de que existe la posibilidad de que el agua esté contaminada con aguas negras o desechos en estado de putrefacción. La contaminación con coliformes fecales es uno de los mayores riesgos sanitarios, en caso de encontrarse presentes en el agua, debido a que se presume la presencia de microorganismos patógenos. (Ramos-Ortega et al., 2010)

1.8.17. Límite deseable

Es el valor de un parámetro definido que no figura peligro alguno para la salud y que representa el valor más apropiado. (SENAGUA, 2016)

1.8.18. Límite tolerable

Es el valor de un parámetro definido que sin ser el idóneo, no es peligroso para la salud. (SENAGUA, 2016)

1.8.19. Límite máximo Permisible

Es el valor máximo de un parámetro definido, para que no represente ningún peligro para la salud. (SENAGUA, 2016)

1.8.20. Captación

Se ejecuta haciendo uso de un sistema de estructura y diversos mecanismos contruidos junto a un medio hídrico para la obtención del agua bruta, para que posteriormente sea transportada a la planta de tratamiento de agua potable. Existen dos tipos de lugares de captación de agua bruta: superficiales y subterráneas. (Martínez, 2019.)

1.8.21. Estación de bombeo

Las estaciones de bombeo para agua potable pueden ser de dos tipos:

- Aguas de carácter primaria: Captan el agua desde la fuente y la elevan para su almacenamiento y tratamiento.
- Aguas de carácter secundario: Dirigen el agua de las primarias a una mayor elevación en caso de ser necesario o para incorporarlas en la red de tratamiento.

Está compuesta por: rejas, cámara de succión, bombas, línea de impulsión, dispositivos de protección, alimentación por electricidad o por combustible, sistema de monitoreo y de comunicación, etc. (Janoudi, 2015)

1.8.22. Tanque de Almacenamiento

Es una estructura cuyas funciones son almacenar determinada cantidad de agua que permita cumplir con las necesidades de demanda y moderar la presión en la distribución del agua tratada. Existen diferentes tipos de diseños y formas de

construcción ya que depende de factores como: topografía, localización, transporte, etc. (López et al., 2018)

1.8.23. Período de diseño

Es el tiempo para el que se diseña un sistema y/o los elementos que lo componen, en el que su capacidad debe cumplir con eficacia, el requerimiento para el que fue creado. (Pulido & Carrillo, 2016)

1.8.24. Población Futura o de diseño

Es el número de habitantes que se estima tendrá una determinada localidad, a la cual se tendrá que beneficiar por un tiempo establecido. Para el cálculo de la población futura se hacen uso de datos estadísticos de la población proporcionados por censos. (Lárraga, 2016)

1.8.25. Dotación media diaria

La dotación media diaria por habitante es el promedio del consumo de un habitante durante un año. Esta dotación se basa en un análisis de información sobre producción y consumo tanto como para la población actual, como para un incremento de la población durante el tiempo de diseño. (Suni, 2017)

1.8.26. Caudal de Diseño

Es la demanda del consumo de agua que con el que se diseñará la planta de tratamiento de agua potable con el fin de satisfacer las necesidades de la población. Para ello se trabaja con tres tipos de caudales:

- Caudal medio diario
- Caudal máximo diario
- Caudal máximo horario

El consumo de demanda de agua depende de diversos factores como tipo y costumbres de las comunidades, clima, costo, presión y calidad del servicio a disponer. (López, 2004)

1.8.27. Caudal medio diario

Es la estimación del consumo per cápita para la población futura durante el período de diseño. Se determina mediante la siguiente relación: ver ecuación (1.1)

$$Q_m = \frac{P_f \times d}{86\,400} \quad (1.1)$$

Donde:

Q_m : Caudal medio diario [l/s]

P_f : Población Futura [hab]

d : Dotación [l/hab/día]

1.8.28. Caudal máximo diario

Es el día con el mayor consumo durante un año. Para la estimación del consumo máximo diario se estima un rango entre el 120% y 150%, se sugiere usar un valor medio de 130% del valor del caudal medio diario. (Agüero, 1997)

1.8.29. Caudal máximo horario

Es la hora con el mayor consumo durante un día del año. Para la estimación del consumo máximo diario se estima un valor de 100% del valor del caudal medio, sin embargo, para localidades con mayor concentración de población o próximas a poblaciones urbanas se sugiere no asignar valores mayores al 150%. (Agüero, 1997)

CAPITULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se planeó una visita de campo, en donde además de realizar el reconocimiento de la zona, operación y mantenimiento de la PTAP, se tomaron muestras de agua con el propósito de realizar ensayos in-situ y en laboratorio.

Se ha planteado 9 puntos de muestreos, tal como se muestra en la Figura 2.1, distribuidos de la siguiente forma:

1. **Entrada de la planta:** Agua dura que ingresa desde la captación.
2. **Antes de la coagulación:** Efluente del proceso de aireación realizado por las bandejas de oxigenación que pasa por el vertedero, justo antes de la aplicación del coagulante.
3. **Salida de la floculación:** Agua con coagulante que ha pasado por el debido proceso de formación de flóculos.
4. **Salida del sedimentador:** Agua clarificada luego del asentamiento de los flóculos.
5. **Salida de la filtración:** Agua que pasa por el filtro de arena.
6. **Antes del ablandamiento:** Agua que pasó por los filtros de carbono.
7. **Después del ablandamiento:** Efluente de los filtros ablandadores.
8. **Cloración:** Agua a la que ya se le ha aplicado la dosificación de cloro.
9. **Distribución:** Agua captada del grifo de una vivienda.

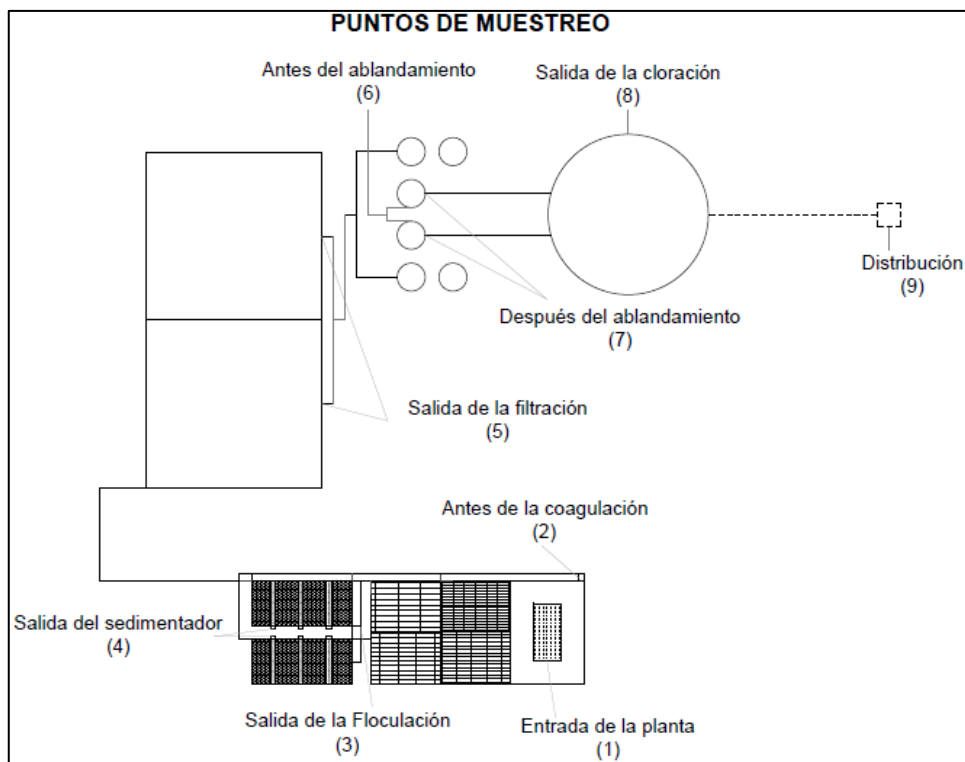


Figura 2.1 Puntos de muestreo

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se elaboró un plan de muestreo (Tabla 2.1) basado en los requerimientos de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169: “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras”, la que establece las técnicas y precauciones para la recolección y transporte de muestras.

Tabla 2.1 Plan de muestreo basado en la NTE INEN 2169

| Parámetro | Volumen de muestra (ml) | Tipo de material | Técnica de conservación | Tiempo máx. de preservación | Proceso muestreado |
|---|-------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| pH Turbidez | --- | Plástico | --- | * | Ent. Planta Coag. / Floc. Sed. Filt. Abland. Clorac. |
| Temperatura TDS Conductividad eléctrica Oxígeno disuelto | ---- | Plástico | --- | * | Ent. planta Floc. Sed. Filt. Abland. |

| | | | | | |
|----------------------------|-------|------------------|--|-------|--------------------------------|
| DBO | 1000 | Vidrio ámbar | Llenar contenedor completamente. Preservar en la oscuridad. | 24 h | Ent. planta Filt. Clorac. |
| DQO | 500 | Vidrio ámbar | Acidificar a pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄ | 1 mes | Ent. planta Clorac. |
| SST SSF SSV | 900 | Plástico | ---- | --- | Ent. planta Filt. Clorac. |
| Ca | 1000 | Plástico | Acidificación a pH 1 o 2. HNO ₃ | 1 mes | Ent. planta Sed. Filt. Abland. |
| Mg | 1000 | Vidrio ámbar | Acidificación a pH 1 o 2. HNO ₃ | 1 mes | |
| HCO₃ | 1000 | Plástico | Llenar contenedor completamente para excluir el aire. Se enfría a entre 1 °C y 5 °C. | 24 h | Ent. planta Sed. Filt. Abland. |
| Coliformes totales | 50 | Plástico estéril | Se enfría a entre 1 °C y 5 ° | 24 h | Ent. planta Clorac. Distrib. |
| Cloro Residual | 50 | Plástico estéril | --- | * | Clorac. Distrib. |
| Test de Jarra | 12000 | Plástico | --- | --- | Coag. |

Fuente: NTE INEN 2169

Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2. Estudios preliminares

Dentro del desarrollo de este proyecto, se determinaron parámetros iniciales referentes al diseño de la PTAP El Descanso, que sirvieron como parámetros dentro de la evaluación de la planta, para brindar soluciones técnicas tanto de operación, mantenimiento y optimización. Dichos parámetros son:

- Estimación de población futura
- Caudales de diseño.

2.2.1. Normativa a utilizar

Para el desarrollo de la estimación y determinación de la población futura, así como del cálculo de los caudales de diseño, se emplearon las especificaciones y recomendaciones de la Norma CO 10.7-602 Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el área Rural (Senagua).

2.2.2. Estimación de población futura

Esta estimación fue desarrollada utilizando las referencias facilitadas por el cliente, las cuales se detallan a continuación en la Tabla 2.2 para poder establecer comparaciones:

Tabla 2.2 Datos de población futura

| Descripción | Detalle |
|-------------------------|---------------|
| Periodo de diseño | 15 años |
| Familias beneficiarias | 372 viviendas |
| Población actual (2009) | 1902 hab. |
| Población Futura | 2257 hab. |

Fuente: Datos entregados por el cliente

Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.2.1. Cálculo de población futura

La estimación del cálculo de la población de diseño o población futura se realizó con base al recuento poblacional proporcionado por el Censo 2010, tal como se observa en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Parámetros iniciales para el cálculo de población futura

| Descripción | Detalle |
|---------------------------------------|---------------|
| Periodo de diseño | 15 años |
| Población actual San Cristóbal (2010) | 1902 hab. |
| Familias beneficiarias | 372 viviendas |

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Por el momento, no se cuenta con información actualizada y detallada para cada una de las comunidades, por lo que se utilizó las tasas de crecimiento poblacional del 1% provisto en la Norma CO 10.7-602 (Senagua), tal como se indica en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4 Tasas de crecimiento poblacional

| Región Geográfica | r (%) |
|-------------------|-------|
| Sierra | 1 |

Fuente: Norma CO 10.7-602

Se utilizó, además, el método geométrico para la estimación de la población futura o de diseño, como se muestra en la ecuación 2.1:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n \text{ [hab]} \quad (2.1)$$

Donde:

P_f = Población futura

P_a = Población actual [hab]

r = Tasa de crecimiento

n =Periodo de diseño [años]

Para la determinación del número de habitantes, se consideró la estimación de 5-6 hab./vivienda, resultando en una población inicial de 2232 hab.

Tabla 2.5 Población futura (2024)

| Descripción | Detalle |
|-------------------------------|-----------|
| Población futura | 2208 hab. |
| Familias beneficiarias | 2591 hab. |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

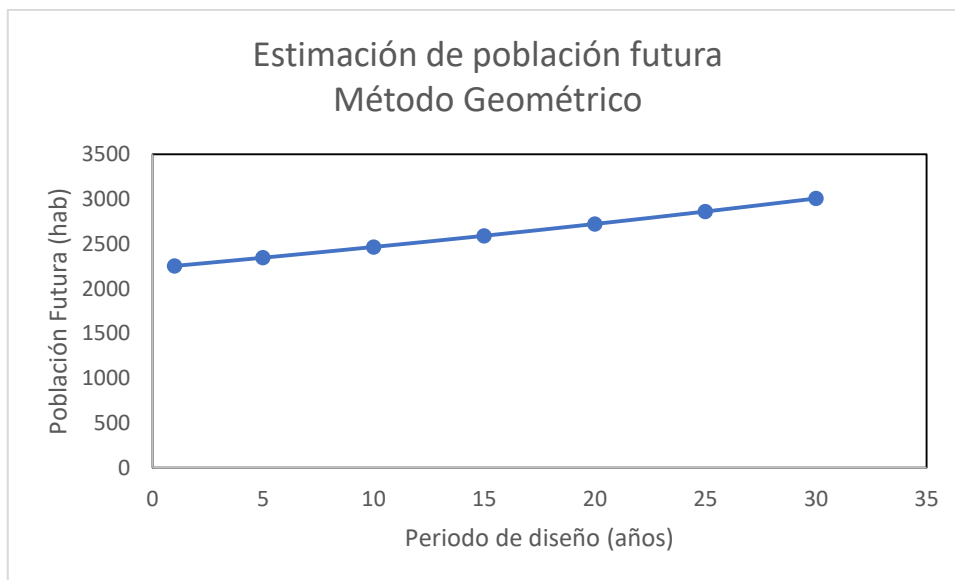


Figura 2.2 Estimación de población futura usando método geométrico

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.3. Caudales de diseño

Para los caudales de abastecimiento de las comunidades beneficiarias, se consideraron dos tramos que se detallan a continuación:

Tabla 2.6 Distribución de la dotación

| Zona | Dotación(l/hab.*día) | Población de diseño (hab.) |
|-------------|----------------------|----------------------------|
| Alta | 75 | 1157 |
| Baja | 120 | 1100 |

Fuente: Datos entregados por el cliente

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Los datos de los caudales de diseño, tanto para la zona alta y como para la zona baja, son los siguientes:

Tabla 2.7 Caudales de diseño de la PTAP El Descanso por zona

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|---------------------|------|------|
| Captación | 2.89 | 2.75 |
| Conducción | 3.37 | 3.21 |
| Distribución | 5.79 | 5.49 |

Fuente: Datos entregados por el cliente

Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.3.1. Caudal medio

Para el cálculo del caudal medio se hizo una estimación con la distribución de la dotación de cada una de las zonas, manteniendo el aporte del 51.2% para la zona alta y el 48.7% para la zona baja:

Tabla 2.8 Parámetro de distribución para la población de diseño

| Zona | Alta | Baja |
|-----------------|------------|------------|
| Dotación | 1327(hab.) | 1264(hab.) |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Fue necesario establecer el nivel de servicio que brinda el proyecto. No obstante, se utilizó el IIb de los niveles del Servicio para Sistemas de Abastecimiento de Agua, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos provisto en la Norma CO 10.7-602 (senagua), que indica:

Tabla 2.9 Niveles de Servicio para Sistemas de Abastecimiento de Agua, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos

| NIVEL | SISTEMA | DESCRIPCION |
|-------|---------|--|
| IIb | AP | Conexión domiciliaria con más de un grifo por casa |
| | ERL | Sistema de alcantarillado sanitario |

Fuente: Norma CO 10.7-602

Finalmente se emplearon los valores establecidos de diseño de la planta, a fin de mantener los parámetros iniciales para los que fue diseñada.

Para el cálculo de caudal medio se utilizó la expresión de la ecuación 2.2:

$$Q_m = f * \frac{P * D}{86400} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.2)$$

Donde:

Q_m = Caudal medio

f = Fugas \approx 20%

P = Poblacion de diseño [hab.]

D = Dotacion [l/hab./día]

En el caudal medio de cada zona se obtuvo:

Tabla 2.10 Resultado de Caudal medio

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|--------------|------|------|
| Medio | 1.38 | 2.11 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.3.2. Caudal máximo diario

La expresión utilizada para la estimación del caudal máximo diario se muestra en la ecuación 2.3:

$$Q_{md} = KMD * Q_m \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.3)$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario

Q_{md} = Caudal medio $\left[\frac{l}{s}\right]$

KMD =Factor de mayoración máximo diario, 1.25

Los resultados obtenidos a través de la ecuación 2.3, se muestran en Tabla 2.11:

Tabla 2.11 Resultado de caudal máximo diario

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|----------------------|------|------|
| Máximo diario | 2.76 | 2.63 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.3.3. Caudal máximo horario

De igual manera se obtuvo el caudal máximo horario mediante la expresión de la ecuación 2.4:

$$Q_{md} = KMH * Q_m \left[\frac{l}{s}\right] \quad (2.4)$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario

Q_{md} = Caudal medio $\left[\frac{l}{s}\right]$

KMH =Factor de mayoración máximo horario, 3

Los resultados obtenidos a través de la ecuación 2.4, se muestran en Tabla 2.12:

Tabla 2.12 Resultado de caudal máximo horario

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|-----------------------|------|------|
| Máximo horario | 6.64 | 6.32 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.3.4. Caudal de captación

Para la estimación del caudal de captación se empleó la ecuación 2.5:

$$Q_{cap} = 1.2 * Q_{md} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.5)$$

Donde:

Q_{cap} = Caudal de captación

Q_{md} = Caudal medio $\left[\frac{l}{s} \right]$

Los resultados obtenidos a través de la ecuación 2.5, se muestran en Tabla 2.13:

Tabla 2.13 Resultado de caudal de captación

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|------------------|------|------|
| Captación | 3.32 | 3.16 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.3.5. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se obtuvo con la fórmula de la ecuación 2.6:

$$Q_b = 1.05 * Q_{md} * \frac{24}{n} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.6)$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo

n = Número de horas de bombeo [h]

Los resultados obtenidos a través de la ecuación 2.6, se muestran en Tabla 2.14:

Tabla 2.14 Resultado de caudal de captación

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|---------------|------|------|
| Bombeo | 4.98 | 4.74 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.3.6. Caudal de distribución

Para la estimación del caudal de distribución, solo se tomó en cuenta el caudal máximo horario, pues ambos son iguales según la norma detallada para esta sección.

Tabla 2.15 Resultado de caudal de distribución

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|---------------------|------|------|
| Distribución | 6.64 | 6.32 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.2.4. Análisis y conclusiones

Comparación de Datos Poblacionales
Diseño y PTAP

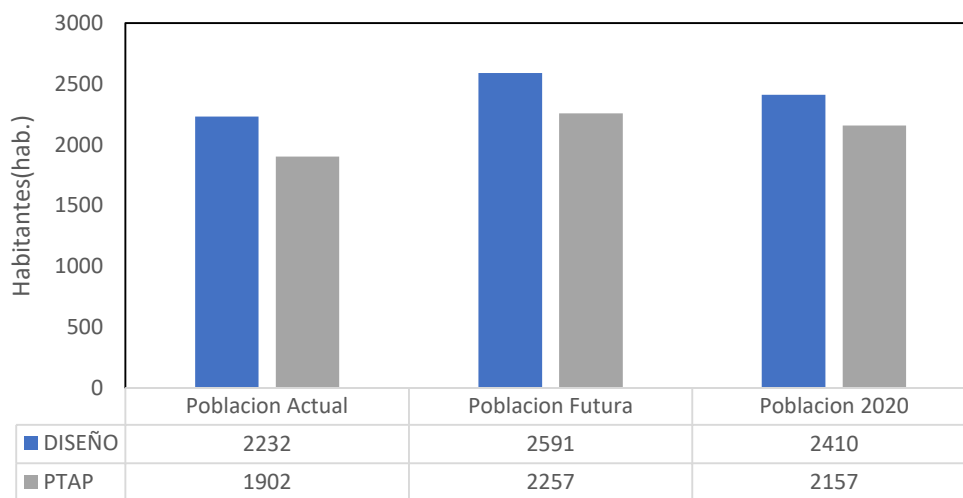


Figura 2.3 Comparación de parámetros tomados para estimar población futura

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Dentro de la estimación de la población actual, se determinó, en primera instancia, una diferencia del 17% con los datos preliminares con los que ya contaba la planta. Esto debido, a la estimación de la cantidad de habitantes por vivienda. Así mismo la estimación de población de diseño o futura dentro del periodo de diseño establecido se observa una diferencia del 14% lo que indica que el porcentaje inicial que se tenía empieza a disminuir.

En la Figura 2.3 se observa que, de acuerdo con la proyección 2020 (Semplades, 2015), San Cristobal tiene una población de 2410 habitantes, superando en un 11% la estimación realizada por la PTAP El Descanso. Esto indica que existe una diferencia de alrededor del 6% para que el diseño de la planta alcance la población futura propuesta en este proyecto de investigación.

Datos de Poblacion de Diseño por Zonas Diseño y PTAP

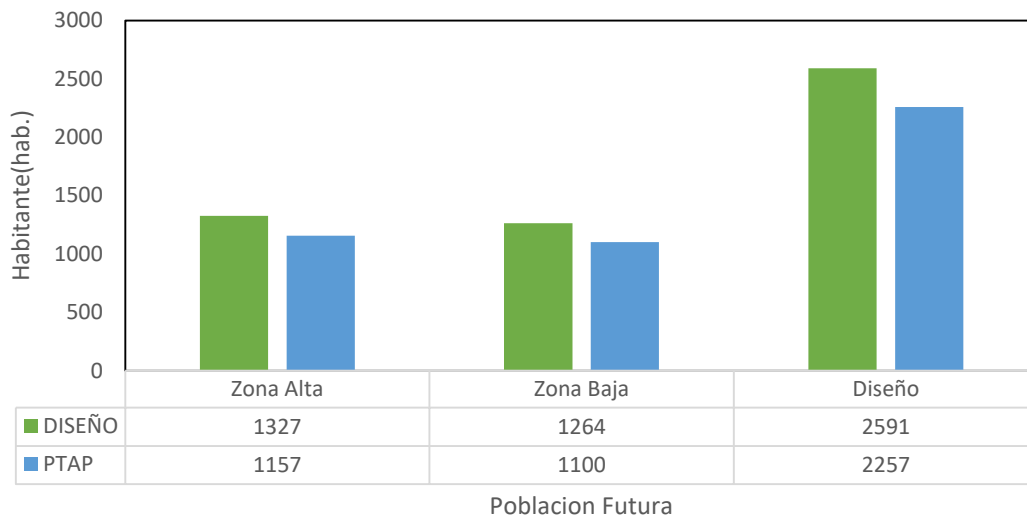


Figura 2.4 Comparación de población de diseño para cada zona

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se pudo apreciar la PTAP El Descanso posee dos tramos de abastecimiento por lo que se fracciona la población de diseño por tramos, se puede apreciar en la Figura 2.4 que se mantiene aún esta diferencia entra las poblaciones de diseño. Pero como ya se mencionó se podría estimar que tendrá un margen de error cerca del 2%.

Debido que, si se mantiene el comportamiento actual en donde se aprecia una diferencia inicial del 17%, el mismo que en 11 años ha disminuido hasta un 6% se esperaría que al finalizar el tiempo de periodo de diseño se obtenga una diferencia cercana al 2% con respecto al valor planteado como diseño para evaluar a la planta.

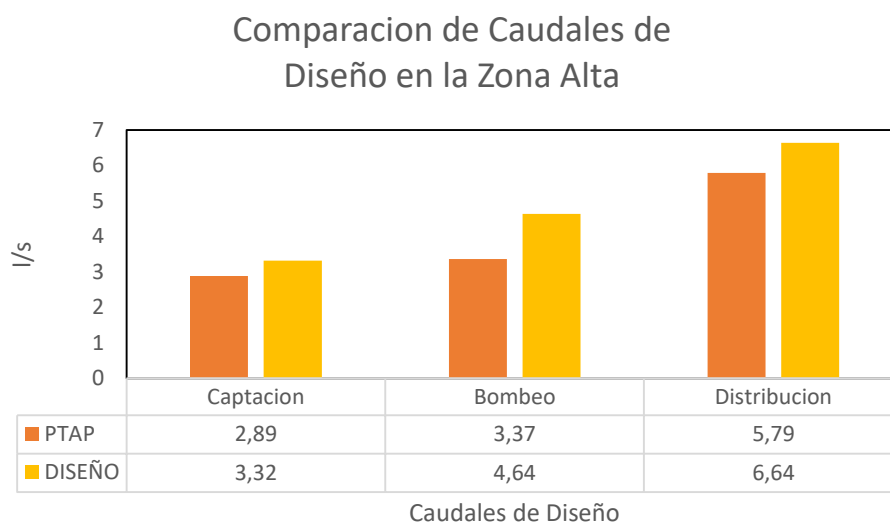


Figura 2.5 Comparación de caudales de diseño para zona Alta

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

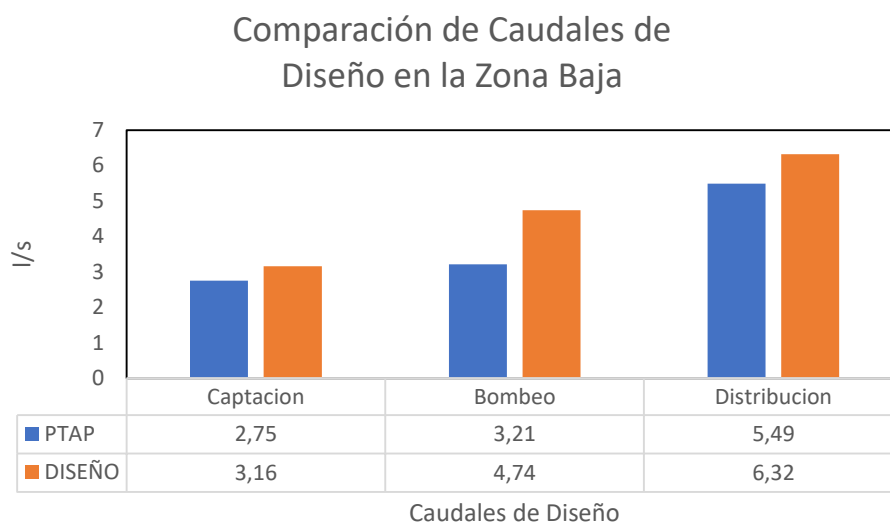


Figura 2.6 Comparación de caudales de diseño para Zona Baja

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Dentro de lo que respecta a los caudales de diseño en la zona alta y de la zona baja mostrado en la Figura 2.5 y Figura 2.6 respectivamente, se observa que hay un incremento considerable de solicitud de caudales con lo que se puede inferir que la planta actualmente está a un 6% de trabajar con los valores de caudales obtenidos para el desarrollo de este proyecto.

En donde por los datos entregados por el cliente la capacidad máxima de bombeo de la planta es alrededor de los 9-10 l/s. Y se puede apreciar que en el diseño de la PTAP en la distribución se llega alrededor de 11l/s.

2.3. Trabajo de Campo

2.3.1. Inspección visual a la PTAP

Se logró observar que los alrededores de la estación de bombeo son utilizados como botadero, principalmente de desechos de construcción.



Figura 2.7 Vista del cárcamo de bombeo

Fuente: Salcedo – Sevillano

A aproximadamente 25 minutos de la estación de captación se encuentra la Planta de Tratamiento en donde se puede observar un suelo rocoso y semidesértico con presencia de capa vegetal poco densa.

Según Carlos Quishpe, encargado de turno de la planta, existen dos personas encargadas de la supervisión de la planta con turnos de 12 horas cada uno. Indicó también, que las dosificaciones de cloro, polímeros y coagulante (sulfato de aluminio) no varían con las estaciones del año, porque el agua que se capta es subterránea y no estaría influenciada por épocas lluviosas o secas.

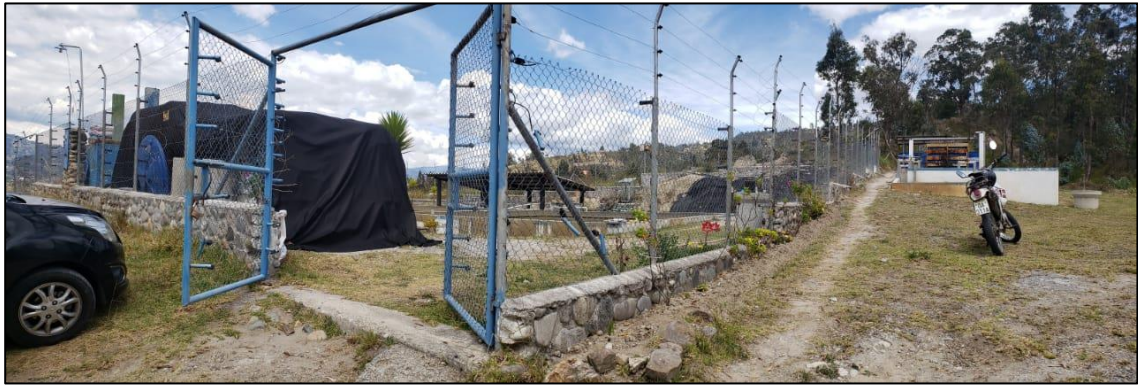


Figura 2.8 Vista de entrada de la PTAP El Descanso

Fuente: Salcedo – Sevillano

Dentro de todo el sistema se encuentran 3 bombas: para la captación, el ablandamiento y el tanque elevado.

Existen 4 tanques de 1000 litros:

- 1 con Sulfato de Aluminio,
- 2 con cloro (uno para pre-cloración y otro para desinfección)
- 1 con polímero

Se logró observar que las bandejas de aireación se encontraban con falta de limpieza y mantenimiento, pues estaban sumamente oxidadas.



Figura 2.9 Bandejas de oxigenación

Fuente: Salcedo – Sevillano

Para pasar al proceso de coagulación el agua se conduce por un vertedero de forma triangular con una altura aproximada de 15 cm.



Figura 2.10 Vertedero de mezcla rápida

Fuente: Salcedo – Sevillano

El coagulante (Sulfato de Aluminio) se vierte $\frac{1}{2}$ saco de 25 Kg en 1000 litros cada 8 horas. Se conduce desde el tanque de 1000 litros por una tubería que después del vertedero consta de 9 orificios en el que cae al agua por efectos de gravedad.

Posteriormente, pasa al proceso de floculación, se usa floculadores hidráulicos los cuales están ubicados a diferentes distancias a medida que avanza este proceso. Desde la vista en planta este proceso ocupa una longitud aproximada de 6 m de largo y 4.65 m de ancho.

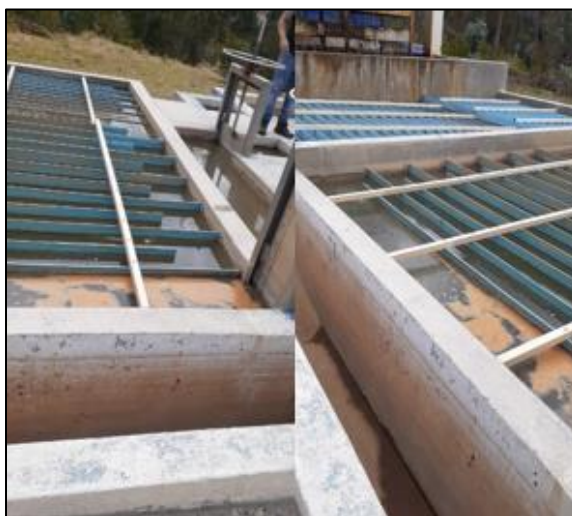


Figura 2.11 Floculador hidráulico

Fuente: Salcedo – Sevillano

Para el proceso de sedimentación se hace uso de 2 piscinas que poseen celdas para atrapar los flocs que son cambiadas cada semana.



Figura 2.12 Rejilla del sedimentador

Fuente: Salcedo – Sevillano

Entre las 2 piscinas de sedimentación se encuentran 6 tubos en donde se descarga el agua superficial de la piscina.



Figura 2.13 Salida del sedimentador

Fuente: Salcedo – Sevillano

La limpieza se realiza cada semana y es en ese momento en que se abren las compuertas. Para no desabastecer a la comunidad esta limpieza se realiza cuando las piscinas de filtración están llenas.

Después de realizar el proceso de sedimentación pasa a una piscina donde mediante una capa de 50cm de arena, se realiza un pre filtrado del agua, antes de que ingresen a los filtros rápidos.

Se dispone de dos piscinas (7.60 x 7.20 m c/u) las cuales trabajan en paralelo, cada 4 días se produce el lavado de las mismas. Para efecto del mantenimiento se alterna el funcionamiento de las mismas, el retrolavado de la arena se la hace a presión y se utiliza 30 sacos de sal (aprox 25kg).

En los filtros rápidos se dispone de dos filtros de carbono activo y dos filtros para ablandamiento (d=3.36m h=1.25m) provistos por la empresa INTAL. Una vez que pasan por los filtros de carbono pasan a un tanque (5000 l) para ir al ablandado. La resina de los filtros de carbonos se revisa cada 3-4 años mientras que los ablandadores se le realizan mantenimiento cada 4-5 horas mediante la inversión de flujo por medio de válvulas provistas en el sistema. La planta posee dos filtros que están a prueba hace 8 días los cuales poseen un sistema de auto limpieza y un controlador de la dureza del agua.



Figura 2.14 Filtros de carbono y ablandamiento

Fuente: Salcedo – Sevillano

Dentro de la desinfección mediante cloro se lo realiza en un tanque (d=6.9m; h=3m) el control del ingreso de la dosificación del cloro se realiza mediante una válvula, esa

dosificación proviene del tanque de la parte inicial de la planta mediante una tubería de PVC. El mantenimiento de este se lo realiza cada 15 días.

Después de la cloración el agua es bombeada a un tanque de almacenamiento que se encuentra a 250 m aproximadamente, donde se inicia el proceso de distribución del agua a las comunidades antes mencionadas.



Figura 2.15 Tanque de almacenamiento y cloración

Fuente: Salcedo – Sevillano

Finalmente se resumen los procesos de la PTAP observados durante el reconocimiento de campo, en la Figura 2.16.

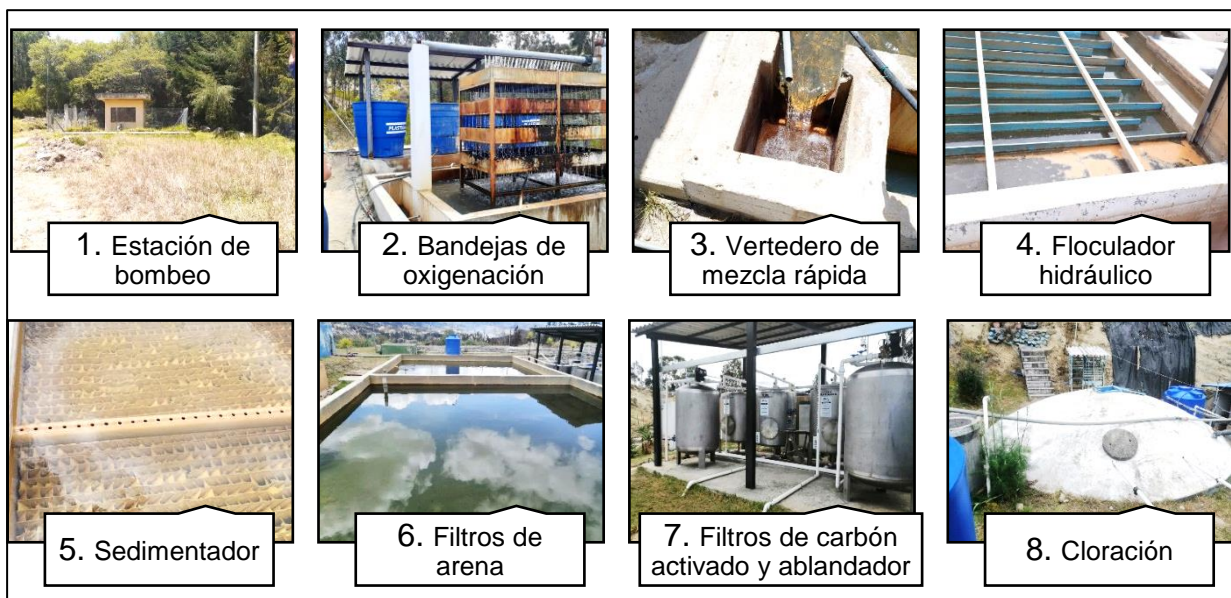


Figura 2.16 Diagrama actual de la planta

Fuente y Elaboración: Salcedo - Sevillano

2.3.2. Ensayos In Situ

2.3.2.1. Equipos utilizados

Para la realización de ensayos in-situ se contó con equipos que fueron prestados por ESPOL. Los cuales se detallan en la Tabla 2.16.

Tabla 2.16 Equipos prestados por ESPOL para los ensayos in-situ

| EQUIPO | MODELO |
|-------------------|---------|
| Multiparamétrica | HQ40d |
| Turbidímetro | 2100Q |
| Espectrofotómetro | DR 3900 |

Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.3.2.2. Ensayos

En campo se midieron los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Turbidez
- pH
- Conductividad eléctrica
- Oxígeno disuelto
- Sólidos Disueltos Totales
- Cloro Residual

2.3.2.3. Resultados

Se observa en la Figura 2.17 las bandejas de oxigenación a la entrada del coagulador las cuales por su aspecto físico denotan que necesitan mantenimiento. Esta podría ser la razón por la cual la turbidez aumenta de la entrada 1.29 NTU a 10.6 NTU antes del proceso de coagulación, tal como se muestra en la Tabla 2.17 la cual indica los valores obtenidos de la turbidez medida in-situ. En cuanto a la temperatura promedio de la planta es de $23 \pm 1^\circ\text{C}$, lo que demuestra que a lo largo del proceso se tiene una temperatura aproximadamente constante.

En los procesos de sedimentación y filtración se logra observar que va disminuyendo la turbidez con una eficiencia mayor al 80%. Sin embargo, en los procesos de ablandamiento y cloración se observa un aumento de la turbidez. A pesar de que los valores siguen estando muy por debajo del LMP el cual es de 5 NTU de acuerdo con la Tabla 1 de la NTE INEN 1108, este aumento puede deberse a presencia sólidos suspendidos en estos últimos procesos, debido a material orgánico o recalcitrante.

Tabla 2.17 Valores de turbidez de cada proceso tomado in-situ

| PARÁMETRO: TURBIDEZ | |
|-------------------------|------|
| PROCESO | NTU |
| Bandejas de oxigenación | 1.3 |
| Coagulador | 10.6 |
| Floculador | 10.9 |
| Sedimentador | 1.2 |
| Filtro | 0.2 |
| Ablandador | 0.4 |
| Cloración | 0.5 |

Fuente y Elaboración: Salcedo - Sevillano



Figura 2.17 Bandejas de oxigenación de la PTAP

Fuente: Salcedo - Sevillano

La Tabla 2.18 muestra los parámetros que se midieron in-situ en cada uno de los procesos unitarios de la planta de tratamiento. Adicionalmente, se midió el cloro residual a la salida del proceso de cloración dando como resultado 0.6 mg/L y se caracterizó la concentración de este parámetro en una vivienda que pertenece a la población del área de estudio, con un resultado de 0.4 mg/L. Se evidencia que la concentración de Cl₂ producto del proceso de cloración supera el límite máximo permisible (LMP) de 0.5 mg/L establecido por la OMS. A pesar de que la concentración de Cl₂ en la población cumple con este LMP, no existe evidencia que

las viviendas más cercanas a la planta de tratamiento muestren esta misma concentración. Existe la posibilidad que los habitantes de este sector que se encuentren más cercano a la planta, consuman agua con altas concentraciones de esta sustancia, lo cual es indicativo de la posible formación de compuestos clorados que son dañinos para la salud.

Debido a los valores de potencial de hidrógeno (pH) mostrados en la Tabla 2.17 muestra que el agua es neutra desde la entrada y se mantiene constante hasta la salida de la cloración. No se evidencia una diferencia significativa en este parámetro. Se observa que el agua cumple con lo establecido en la Tabla 1 de la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua” con respecto a los rangos permitidos de pH para consumo humano y uso doméstico.

Con respecto al oxígeno disuelto (O.D), se observa que el agua de la captación tiene una baja concentración siendo de 2.6 mg/L, este resultado es razonable debido a que la fuente de captación proviene de agua subterránea. Luego del proceso de oxigenación, floculación y sedimentación la concentración de oxígeno disuelto aumenta significativamente a 6.3 mg/l debido al intercambio gaseoso entre la atmósfera y el agua. Justamente este es el objetivo de las bandejas de oxigenación, crear una presión sobre el líquido para que este absorba mayor cantidad de gas, esto sucede siempre y cuando no se presenten cambios bruscos en la temperatura (Ley de Henry). Se observa que el O₂ disminuye durante los procesos de filtración y ablandamiento lo cual puede ser un indicativo de presencia de materia orgánica o de material inorgánico parcialmente oxidado. Debido a que ambos necesitan consumir oxígeno para respirar u oxidarse, respectivamente. (Posada et al., 2013).

El valor de O₂ a la salida de la planta es de 5.7 mg/l no cumple con el LMP establecido de Tabla 1 de la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua” con respecto a los rangos permitidos para consumo humano y uso doméstico, el cual es de 6mg/l. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el incremento del O.D. en el sistema de distribución puede aumentar la corrosión de algunos materiales metálicos de la tubería, elementos de fontanería o electrodomésticos. Probablemente, esta es una de las razones que se observó en campo Figura 2.18

formaciones de una costra o protuberancia en la superficie de la tubería. (Organización Mundial de la Salud, 2018)



Figura 2.18 Presencia de costras en las superficies de las tuberías

Fuente: Salcedo - Sevillano

Se ha podido analizar que el valor promedio de la conductividad eléctrica (CE) es de $1645 \pm 20 \mu\text{S}/\text{cm}$, tal y como se observa en la Tabla 2.18 la variación de este valor en las diversas operaciones de la PTAP es despreciable. Sin embargo, estos valores son mayores a $1600 \mu\text{S}/\text{cm}$. Debido a que la CE está íntimamente relacionada con la existencia de sales iónicas en el agua se puede concluir que el agua llega a la población con salinidades altas, lo que tiene sentido debido a que no se realiza un proceso de desalinización durante el tratamiento.

En medios acuosos la conductividad eléctrica es directamente proporcional a la concentración de Sólidos Disueltos Totales (TDS), con un factor de correlación en donde $1 \mu\text{S}/\text{cm}$ equivale a $0.5 \text{ mg}/\text{l}$ aproximadamente. (Pancorbo, 2010). Lo que concuerda con los datos obtenidos en las concentraciones de Sólidos Disueltos Totales (TDS), que en promedio tiene un valor de $824 \pm 8 \text{ mg}/\text{l}$. Cuyo coeficiente de correlación en cada proceso oscila entre 0.50 y 0.51. Además, todos los valores son menores a $1000 \text{ mg}/\text{l}$ por ende, se encuentran debajo del LMP de la Tabla 1 de la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua”.

Es importante recordar que los valores de TDS son cualitativos debido a que no indica los tipos de sales, sustancia, compuestos inorgánicos, etc. Es por esto que al analizar altos valores de CE se hace la relación de que existe la posibilidad de que el agua presente un sabor salado o salobre, dureza elevada o corrosividad.

En el 2003, la OMS indicó que en Australia en regiones con valores de TDS en agua potable más altos, la población presentó una alta mortalidad de todas las clases de cardiopatía isquémica e infarto agudo de miocardio en comparación con una población con valores más bajos. En otro estudio se notó el promedio de casos de inflamación de vesícula biliar y cálculos biliares aumentó con el valor promedio de residuos secos en el agua subterránea.

Tabla 2.18 Parámetros analizados in-situ

| Parámetro | Unidad | PUNTOS DE MUESTREO | | | | | | | |
|-------------------------|--------|--------------------|------------|------------|-----------|--------------|-------------|--------------|------------|
| | | Ent. Planta | Ant. Coag. | Sal. Floc. | Sal. Sed. | Sal. Filtro. | Ant. Ablan. | Desp. Ablan. | Sal. Clor. |
| pH | - | 7.1 | 7.0 | 7.2 | 7.3 | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 7.2 |
| T | °C | 22.2 | - | 22.2 | 22.1 | 22.4 | 23.6 | 23.7 | 23.2 |
| Conductividad eléctrica | µS/cm | 1645.0 | - | 1618.0 | 1628.0 | 1636.0 | 1667.0 | 1648.0 | 1673.0 |
| Oxígeno disuelto | mg/L | 2.6 | - | 6.3 | 6.3 | 3.0 | 2.4 | 3.9 | 5.7 |
| TDS | mg/L | 826.0 | - | 819.0 | 811.0 | 825.0 | 827.0 | 825.0 | 837.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo - Sevillano

2.3.3. Evaluación de la PTAP

Dentro de la inspección realizada a la PTAP El Descanso se pudieron apreciar que en sus instalaciones algunas de las tuberías presentaban filtraciones en sus conexiones. De manera visual se pudo apreciar que las bandejas de oxidación utilizadas al ingreso del tratamiento se encontraban en mal estado.

Dentro de los parámetros medidos in situ pudimos apreciar que de manera general dentro del proceso de la planta se observa un aumento considerable de la turbidez con respecto al agua que ingresa a la planta como se aprecia en la Tabla 2.17. Y que a pesar de ser agua de captación subterránea la fuente se obtuvo datos de conductividad eléctrica muy elevada lo que nos indica la presencia de ciertos minerales y de sales disueltas.

2.3.4. Estimación de Caudal en la PTAP El Descanso

Se determinó la descarga que se generaba en un pequeño vertedero de cresta delgada cuya función es de realizar un mezclado rápido en la adicción del coagulante previo a al ingreso del proceso unitario de la floculación.

También se procedió a determinar la descarga a la salida del sedimentador para establecer otro punto y poder tener una estimación más aproximada de la descarga manejada por la PTAP.

2.3.4.1. Estimación de Caudal en el vertedero

2.3.4.1.1. Dimensiones del Vertedero

Se observó que el vertedero tiene una cresta en forma de V con las siguientes dimensiones:

Tabla 2.19 Dimensiones del vertedero de mezcla rápida

| Dimensiones | Unidad (m) |
|-------------|------------|
| B | 0,30 |
| L | 0,08 |
| T | 0,13 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Donde:

B= Ancho del vertedero

L= Altura de la cresta

T= Tirante del agua



Figura 2.19 Dimensiones obtenidas del vertedero

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.3.4.1.2. Cálculo de la descarga

Para la estimación de la descarga en el vertedero se usó la ecuación de Poleni, para un vertedero con caída libre mediante: ver ecuación (2.2)

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h_0 \sqrt{2gh_0} \quad [m^3/s] \quad (2.4)$$

Donde:

Q = Caudal

μ = Coeficiente de descarga ≈ 0.64

b = Ancho [m]

h_0 = Tirante medido desde la cresta [m]

g = Gravedad [m/s^2]

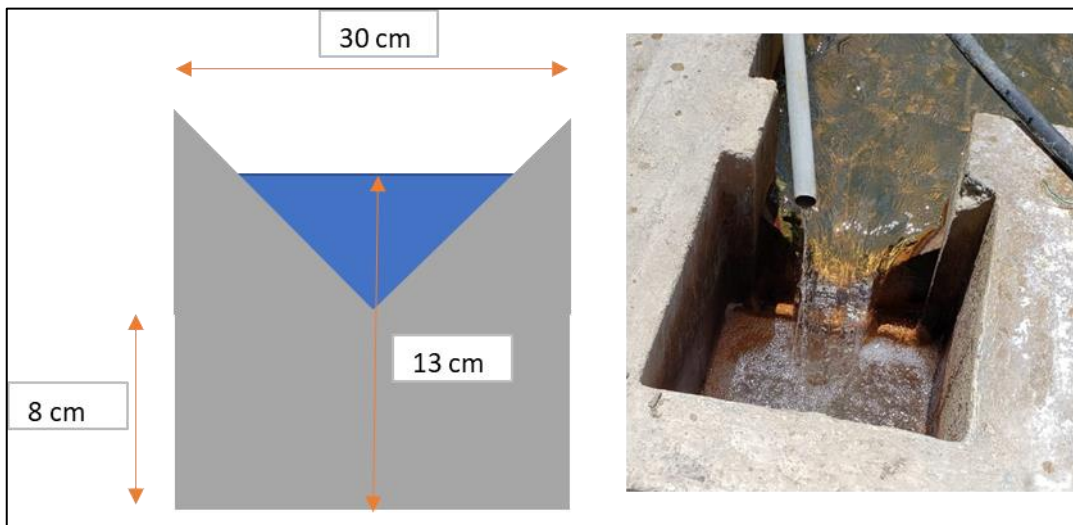


Figura 2.20 Esquema del vertedero de cresta delgada de mezcla rápida

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Usando los valores de la Tabla 2.17 y la ecuación (2.2) se obtuvieron:

$$h_0 = T - L$$

$$Q = \frac{2}{3} 0.64 * 0.3 * (0.13 - 0.08) * \sqrt{2 * 9.81 * (0.13 - 0.08)}$$

$$Q = 6.33 \times 10^3 \quad [m^3/s]$$

$$Q = 6.33 \times [l/s]$$

2.3.4.2. Descarga a la salida del sedimentador

2.3.4.2.1. Metodología

Se observó que el sedimentador constaba de 6 tubos para la salida del agua sedimentada. Sin embargo, cada tubo a simple vista tenía una descarga distinta por ello, para el cálculo del caudal de descarga a la salida del sedimentador, se procedió a tomar el tiempo en que cada tubería llenaba un recipiente de una capacidad determinada. Para posteriormente obtener el valor de descarga de cada tubo y que la suma de estos sea la descarga total del sedimentador.



Figura 2.21 Salida del agua luego del proceso de sedimentación

Fuente: Salcedo – Sevillano

2.3.4.2.2. Cálculo de la descarga

Para la estimación de la descarga de cada tubo se usó la ecuación 2.3

$$q = \frac{v}{t} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.3)$$

Donde:

q = caudal individual

v = volumen del recipiente ≈ 5.7 [l]

t = tiempo [s]

Se obtuvo los siguientes valores de caudal individual:

$$q_1 = \frac{5.70 \text{ l}}{6.23 \text{ s}} = 0.91 \left[\frac{l}{s} \right]$$

$$q_2 = \frac{5.70 \text{ l}}{6.22 \text{ s}} = 0.92 \left[\frac{l}{s} \right]$$

$$q_3 = \frac{5.70 \text{ l}}{2.98 \text{ s}} = 1.92 \text{ [l/s]}$$

$$q_4 = \frac{5.70 \text{ l}}{2.12 \text{ s}} = 2.69 \text{ [l/s]}$$

$$q_5 = \frac{5.70 \text{ l}}{8.06 \text{ s}} = 0.71 \text{ [l/s]}$$

$$q_6 = \frac{5.70 \text{ l}}{10.9 \text{ s}} = 0.52 \text{ [l/s]}$$

Luego, para obtener el valor total se realiza la sumatoria de cada descarga individual:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$$
$$Q = 0.91 + 0.92 + 1.92 + 2.69 + 0.71 + 0.52$$
$$Q = 7.67 \pm 0.84 \text{ [l/s]}$$

2.3.4.3. Descarga del coagulante

2.3.4.3.1. Metodología

La tubería que descargaba el coagulante tenía 9 orificios, es por ello que se procedió a cronometrar el tiempo que le tomó, a uno de los agujeros, llenar un recipiente de 600ml. Se asumirá que la descarga es igual en los agujeros restantes, ver Figura 2.22.



Figura 2.22 Salida del coagulante (sulfato de aluminio)

Fuente: Salcedo – Sevillano

2.3.4.3.2. Cálculo de la descarga

Para la estimación de la descarga de un orificio se usó la ecuación 2.3. Obteniendo el siguiente resultado:

$$q_1 = \frac{0.6 \text{ l}}{115 \text{ s}} = 0.005 \text{ [l/s]}$$

Para el cálculo del caudal total multiplicamos por 9 el caudal de un agujero

$$\begin{aligned} Q &= 9 \times q_1 \\ Q &= 9 \times 0.005 \\ Q &= 0.047 \text{ [l/s]} \end{aligned}$$

2.3.4.4. Análisis y conclusiones

De acuerdo con los 2 valores estimados dentro de la planta de 6.33 l/s en el vertedero y a la salida del sedimentador de 7.67 l/s, tomando en cuenta el error obtenido en el cálculo del sedimentador se puede inferir que el caudal que se está manejando en la PTAP El Descanso se encuentra alrededor de 6.5 l/s.

Como conocemos la capacidad máxima de las bombas de captación es de entre 9-10 l/s según la información proporcionada por el cliente, por lo que podemos decir que estas se encuentran trabajando a un 70% de su capacidad aproximadamente.

2.4. Trabajo de Laboratorio

2.4.1. Equipos utilizados

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Sanitarias de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT) en ESPOL. Se usaron los equipos detallados en la Tabla 2.20

Tabla 2.20 Equipos prestados por ESPOL para los ensayos realizados

| EQUIPO | MODELO |
|-------------------|---------|
| Espectrofotómetro | DR 3900 |
| Reactor | DRB 200 |

| | |
|---|-------------|
| Plato Calentador Thermo Scientific | SP131325 |
| Respirómetro | Bod Trak li |
| Incubadora Pol Eko | St 4 Basic |
| Bomba de Vacío WELCHILMVAC | 2534 B-01 |
| Balanza Analítica Sartotius | ED224S |
| Horno VWR Gravity | 414005-108 |
| Balanza Gramera | ED 2202-1 |
| Multiparamétrica | HQ40d |
| Floculador PHIPP & BIRD 7790 | PB-950 |
| Turbidímetro | 2100Q |

Elaboración: Salcedo – Sevillano

2.4.2. Ensayos

En el laboratorio se realizaron los siguientes ensayos:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- Coliformes Totales
- Sólidos Suspendedos Totales
- Sólidos Sedimentables
- Dureza por calcio
- Test de Jarra

2.4.3. Resultados

Se logró analizar que los niveles de DBO están excesivamente elevados de acuerdo Tabla 1 de la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua”, en la cual el LMP es de 2 mg/l. Lo que es un indicativo de la elevada presencia de materia orgánica antes, durante y después de la cloración lo cual es perjudicial para la salud de los habitantes ya que crea compuestos clorados los cuales representan peligros carcinogénicos para la población.

La DQO al ingreso de la planta es ausente, pero esta aumenta a una concentración de 15 mg/l, lo que permite inferir que existe presencia de materia recalcitrante en las últimas operaciones unitarias. Justificando así, la disminución de oxígeno disuelto mencionada anteriormente.

De acuerdo con la Tabla 2.21, los SST tienen un porcentaje de remoción del 25% desde su ingreso hasta la salida de la PTAP. Lo que se relaciona con la disminución de la turbidez analizada inicialmente.

Se analizó también que el agua subterránea posee una pobre presencia de sólidos sedimentables, ya que en el ensayo con el cono de Imhoff se observó escasa cantidad de sólidos tanto al ingreso, como a la salida de la planta. Esto puede deberse a que el punto de captación se encuentra a 90m de profundidad lo que hace que el suelo actúe como medio filtrante.

Tabla 2.21 Parámetros analizados en el laboratorio

| PARÁMETROS | UNIDAD | PUNTOS DE MUESTREOS | | |
|------------|--------|---------------------|--------------|------------|
| | | Ent. Planta | Sal. Filtro. | Sal. Clor. |
| DBO | mg/l | 61 | 48 | 50 |
| DQO | mg/l | 0 | - | 15 |
| SST | mg/l | 16 | 8 | 4 |
| SS | mg/l | Ausencia | | |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

En los ensayos de coliformes totales se apreció que no existió formación de colonias de bacterias de coliforme, tanto a la entrada de la planta, salida de la planta y en un punto del sistema de distribución (vivienda). Tal como se muestra en la Figura 2.23.

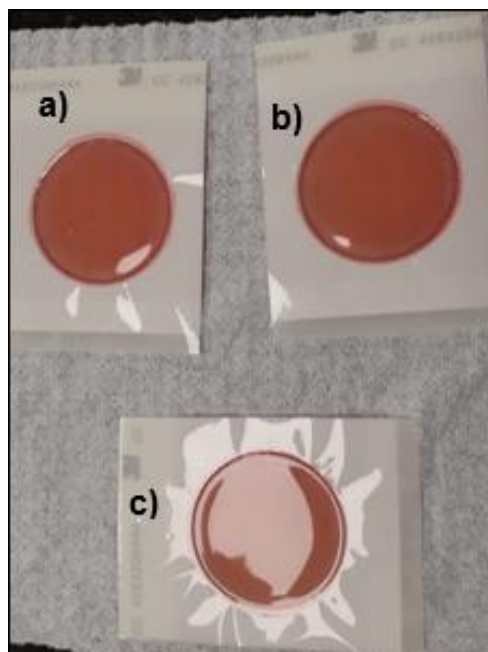


Figura 2.23 Resultado del ensayo de coliformes totales. a) Entrada a la planta. b) Salida de cloración. c) Población

Fuente: Salcedo – Sevillano

Para el ensayo del test de Jarra se usaron 4 dosificaciones 10, 20, 30 y 40 mg/l de la sustancia coagulante usada en la PTAP la cual es Sulfato de Aluminio. Se midió el valor de los bicarbonatos antes y después de aplicadas las dosificaciones, obteniendo un valor promedio de 242 ± 15 mg/l. El hecho de que este valor posea bajas variaciones y los valores de pH sean estables y no se acidifique luego del proceso de coagulación/floculación, nos lleva a inferir que los bicarbonatos están funcionando como un tampón fisiológico. Un amortiguador, buffer o tampón es cuando una solución no permite variaciones excesivas del pH, por ende, mantienen un equilibrio entre la intervención de sustancias ácidas y básicas para mantener un pH estable. (Túnez et al., n.d.)

En la Tabla 2.22, también se puede observar que existe una pobre variación de los TDS. Sin embargo, se observa un cambio significativo de la conductividad eléctrica ya que analizando los valores promedios antes (1658 ± 4 μ S/cm) y después (1771 ± 3 μ S/cm) del proceso existe una diferencia de 113 μ S/cm. Cabe recalcar, que con altos valores de CE y TDS puede verse afectada la eficiencia de procesos de tratamientos como la Filtración, por el hecho de que estas sustancias son tan pequeñas que pueden no ser atrapadas por el lecho filtrante.

Tabla 2.22 Parámetros medidos en test de jarras. antes y después del proceso

| Dosif. [mg/l] | PARÁMETROS | | | | | | | | |
|------------------|------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|
| | T [°C] | pH _o | pH _f | TDS _o [mg/L] | TDS _f [mg/L] | CE _o [μ S/cm] | CE _f [μ S/cm] | To [NTU] | Tf [NTU] |
| 10 | 27.3 | 7.8 | 7.9 | 829.0 | 830.0 | 1664.0 | 1772.0 | 15.4 | 5.62 |
| 20 | 27.2 | 8.0 | 8.0 | 827.0 | 827.0 | 1657.0 | 1768.0 | 15 | 3.19 |
| 30 | 27.5 | 8.1 | 8.1 | 831.0 | 831.0 | 1656.0 | 1774.0 | 14.5 | 3.28 |
| 40 | 27.2 | 8.2 | 8.1 | 829.0 | 829.0 | 1654.0 | 1769.0 | 14.9 | 3.31 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Analizando el porcentaje de remoción de la turbidez logrado por cada dosificación muestreada, se observa que con la dosis de 10 mg/l se logra disminuir el valor de este parámetro en un 64%. Mientras que, en las dosis de 20, 30, 40 mg/l no se observa una diferencia significativa todas están alrededor del 78% de porcentaje de remoción generándose ya un comportamiento asintótico.

Por lo que se puede observar en la Figura 2.24 se opta por recomendar una dosificación óptima dentro de la PTAP de 20 mg/l para el proceso de la floculación-coagulación.

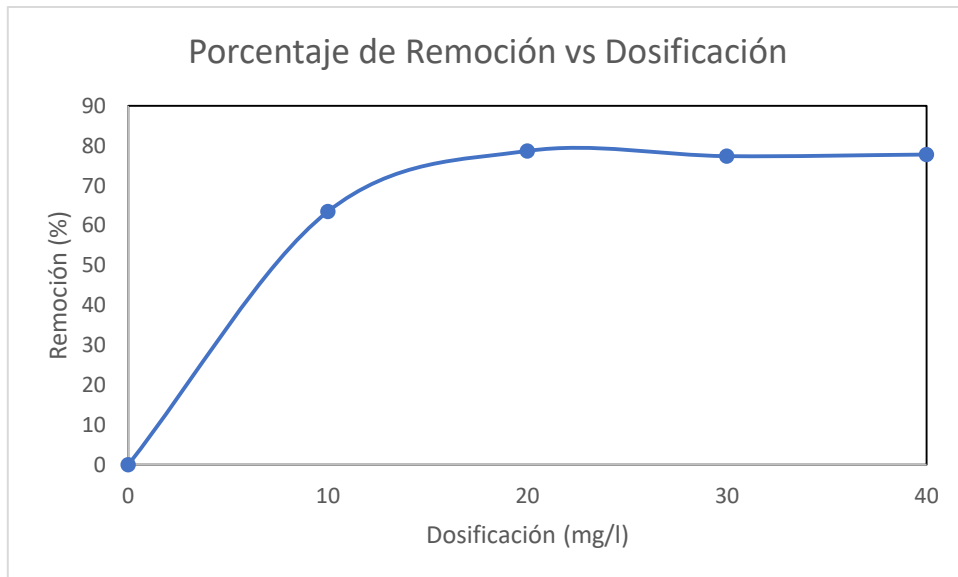


Figura 2.24 Porcentaje de remoción en el test de jarra para cada dosificación

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

El ensayo de la dureza parcial se realizó mediante la titulación con solución de EDTA, la cual tenía una concentración de 0.01M y con la ayuda de una solución de KOH la cual tenía una concentración 8.00 N. Mientras que para la dureza total en lugar de KOH se hace uso de solución tampón. Para estos ensayos se usó el método provisto por la HACH en el “Hardness, Calcium y “Hardness, Total”, respectivamente. Para el cálculo de la dureza por magnesio se ha procedido a restar la dureza parcial de la total.

Estos ensayos se realizaron en diferentes operaciones y procesos unitarios dentro de la planta para poder realizar una evaluación íntegra sobre la concentración de la dureza del agua durante el tratamiento. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2.23 Resultados de Dureza.

| Proceso | DUREZA (mg/l) | | |
|-------------|---------------|---------|----------|
| | Total | Cálcica | Magnesio |
| Ent. Planta | 446 | 376 | 70 |
| Sal Sed | 536 | 354 | 182 |
| Sal Filtr | 530 | 210 | 320 |
| Ant. Abland | 552 | 358 | 194 |
| Dsp. Abland | 540 | 366 | 174 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se observa en la Tabla 2.23 el agua es distribuida a la población con una dureza total de 540 mg/l, además se observa que el porcentaje de remoción de dureza del filtro ablandador es del 2% lo que permite inferir que no está cumpliendo con su función.

Tanto como en la dureza total, parcial y por magnesio se observa que a medida que avanza en los procesos y operaciones en su mayoría van aumentando (Figura 2.25).

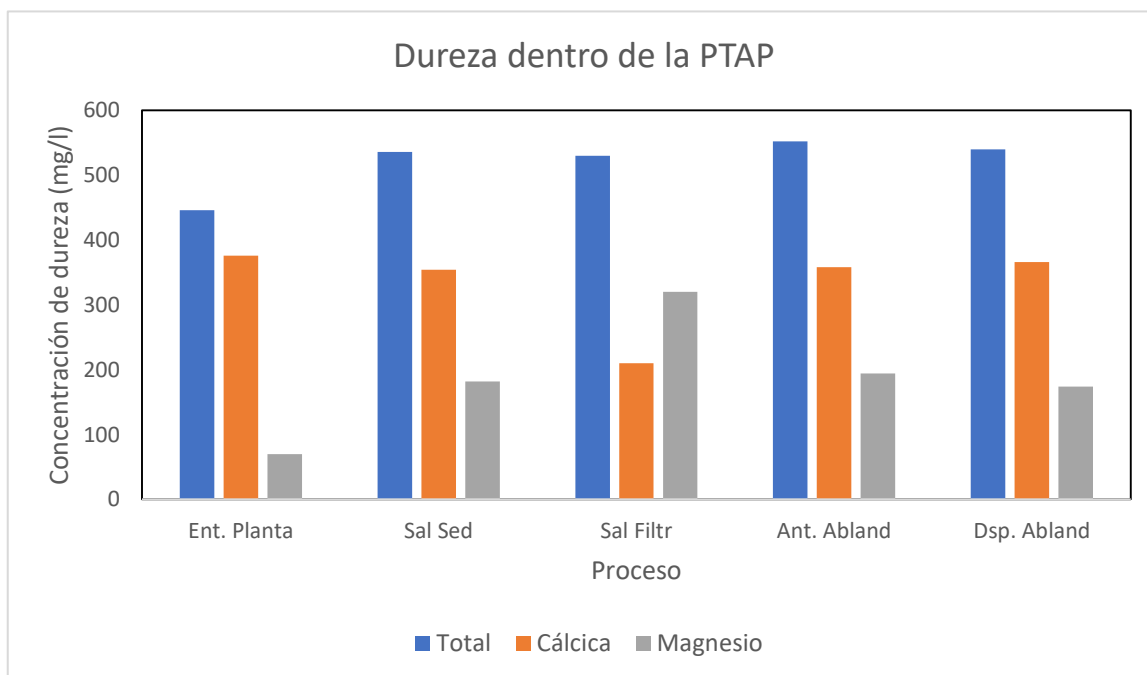


Figura 2.25 Representación de la dureza del Agua dentro de la PTAP El Descanso

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Por lo que es evidente el problema de la dureza en todo el proceso del tratamiento del agua, pues esta no alcanza los parámetros requeridos dentro de la Norma CP INEN 05 donde nos permite un límite recomendable de 150 mg/l de $CaCO_3$ y un valor de límite permisible de 500 mg/l. Una vez sobrepasado el límite recomendable el agua es considerada dura.

2.5. Trabajo de Gabinete

2.5.1. Calidad del Agua Potable de la PTAP

Los datos recolectados durante el trabajo tanto de campo como de laboratorio fueron comparados con las recomendaciones expresas en las normativas internacionales tanto en la proporcionada por Organización Mundial de la Salud y de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos tal como se muestra en la Tabla 2.24.

Tabla 2.24 Comparación con Normativa Internacional de los parámetros medidos

| PARÁMETROS | OMS | EPA |
|--------------------------------|-----------|-----------------|
| Coliformes Totales | Ausencia | Ausencia |
| pH | 6.5 – 9.5 | 6.5 – 8.5 |
| TDS | 1000 mg/l | 500 mg/l |
| Conductividad eléctrica | - | 1000 μ S/cm |
| Cloro residual | >0.5 mg/l | |
| Turbidez | 5 NTU | 1 NTU |
| Dureza Total | 500 mg/l | 500 mg/l |

Fuente: OMS Y EPA

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se pudo observar los principales problemas observados en los ensayos y análisis de parámetros de la calidad del agua presentamos un evidente problema con la entrega de agua potable con un alto contenido de sales disueltas, tanto de bicarbonatos de Ca^{++} y Mg^{++} lo que se traduce en un agua dura la cual según la OMS no afecta de manera directa a la salud. Pero representa un problema en el desarrollo de las actividades diarias de las comunidades, debido que este tipo de agua presenta un sabor característico que no es agradable e incluso en la limpieza se necesita un mayor contenido de detergente para que esta presente espuma.

2.5.2. Comparación de Parámetros por años

Los parámetros comparados en la Tabla 2.25 fueron tomados en el año 2005, 2009 y 2020. Los valores de los años 2005 y 2009 son datos mencionados en el documento “Estudios Integrales del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para las comunidades de Guachún, Pampa Negra, Cristo Rey, La Victoria, Bellavista Pueblo Nuevo y El Descanso pertenecientes a la Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay. Informe Final: Fase II”. Cabe mencionar que la muestra en el 2020 no fue realizada en el punto de captación sino a la entrada de la planta.

Se puede observar que a lo largo del tiempo los valores de turbidez han disminuido, esto puede deberse a que en el 2005 pudo existir la presencia de remanentes de materiales desprendidos en el proceso de perforación. Los valores de pH se mantienen en un estado neutro a lo largo del tiempo.

En cuanto a la CE se observa que ha aumentado, sin embargo, ésta siempre fue muy alta lo que indica la presencia de sustancias disueltas. El incremento probablemente se deba a un aumento en la contaminación de la fuente ya sea por actividades antropogénicas como la agricultura, minería, descargas de aguas residuales, etc.

Los valores de TDS como ya se mencionó anteriormente son cualitativos y es posible que por esto los valores fluctúen de esta forma. Es marcada la ausencia de coliformes totales probablemente debido a la profundidad a la que se encuentra el acuífero.

En cuanto a la dureza total se puede observar que desde los estudios preliminares se encuentra en niveles no recomendables, demostrando que para el 2020 hubo un incremento de casi el doble de la obtenida en años anteriores. Si en el documento se hace referencia a que con estos valores de dureza se puede tener condiciones limitantes para el uso de esta agua para actividades como: limpieza, cocción de alimentos, hervir agua o alimentos, pues estos se marcarían más al obtener valores de durezas más altos tal y como está sucediendo en la actualidad.

Tabla 2.25 Parámetros medidos de la captación en los años 2005 y 2009, y a la entrada de la PTAP en el 2020

| Parámetros | Punto de Captación | | Ent. Planta | |
|--------------------------------|--------------------|--------|-------------|----------|
| | 2005 | 2009 | 2020 | |
| Turbidez | 9.1 | 8.7 | 3 | 1.3 |
| pH | 7.2 | 7.0 | 7.4 | 7.1 |
| Conductividad eléctrica | 1249.5 | 1097.0 | 1552.0 | 1645.0 |
| TDS | 824.6 | 724.0 | 1024.3 | 826.0 |
| Coliformes totales | 21 | --- | Ausencia | Ausencia |
| Dureza Total | 255.0 | 268 | 230 | 446 |
| --- No se reporta dato | | | | |

Fuente: Datos del cliente y resultados experimentales obtenidos

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Igual que hace más de 10 años se llega a la conclusión de que el agua captada no es la óptima debido a que necesita una relevante remoción de sulfatos y ablandamiento del agua. Pero en vista de que no existe otra posible fuente de captación, se recomienda analizar alternativas para el ablandamiento del agua, tomando en cuenta los factores socioeconómicos de la comunidad.

2.6. Planteamiento de Alternativas

Debido a que la capacidad de agua que proporciona la planta no abastece a la comunidad de manera suficiente sobre todo los fines de semana los fines de semana se propone el Rediseño de la planta para aumentar su capacidad. También se incluye una propuesta de mejora en la operación y mantenimiento de la PTAP.

De acuerdo con los datos obtenidos, unos principales inconvenientes es la Dureza por lo que se planteó tres alternativas para solucionar el mismo, las cuales fueron:

- Reactor Pellet
- Uso de Cal
- Combinar el uso de cal e implementación del reactor Pellet

Cabe recalcar que no se coloca como opción la ósmosis inversa a pesar de ser uno de los métodos más eficientes para la desalinización del agua, debido a que sería necesario una alta inversión inicial pero principalmente porque la zona es rural y no

se cuenta con el presupuesto para un personal capacitado para la operación y mantenimiento de un método como éste.

2.6.1. Alternativa 1 (A1): Reactor Pellet

Según (Van Dijk, 2007), el reactor de pellet es un reactor de flujo ascendente que está formado por un recipiente (cilíndrico, cónico, etc) que consta de 3 zonas:

- Zona de dispersión
- Zona de reacción
- Zona de Separación

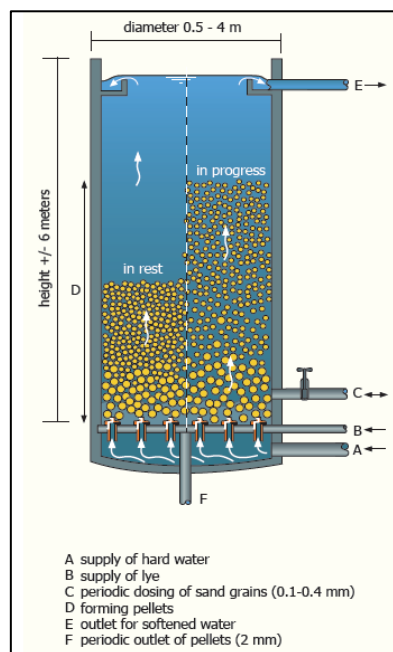


Figura 2.26 Esquema del funcionamiento de un reactor pellet

Fuente y elaboración: (Van Dijk, 2007)

En la zona de dispersión (parte inferior del reactor) se coloca una cama de arena con diámetro entre 0.2 – 0.6 mm. El agua a tratar se bombea de forma ascendente a través del reactor a velocidades entre 60 – 100 m/h para que la cama de arena funcione a condición fluidizada. En esta zona también se inyecta el químico que hará que las partículas contenidas en el agua reaccionen rápidamente con la arena, formando carbonato de calcio.

En la zona de reacción, el carbonato de calcio se precipitará sobre el material de siembra adhiriéndose, haciendo que los granos se vuelvan más pesados y así se depositen en el fondo del reactor.

En la zona de separación se encuentra la salida del agua ya descalcificada, por lo general se usa un vertedero de desbordamiento.

En esta alternativa, se tendrá que realizar un reactor a escala en el laboratorio, para probar su eficiencia en el ablandamiento del agua. Sin embargo, después de este proceso se recomienda una filtración rápida debido a que existe la posibilidad de un aumento de materia en suspensión, es por ello que tal como se muestra en la Figura 2.27 el reactor de pellet sería colocado antes de los filtros de arena.

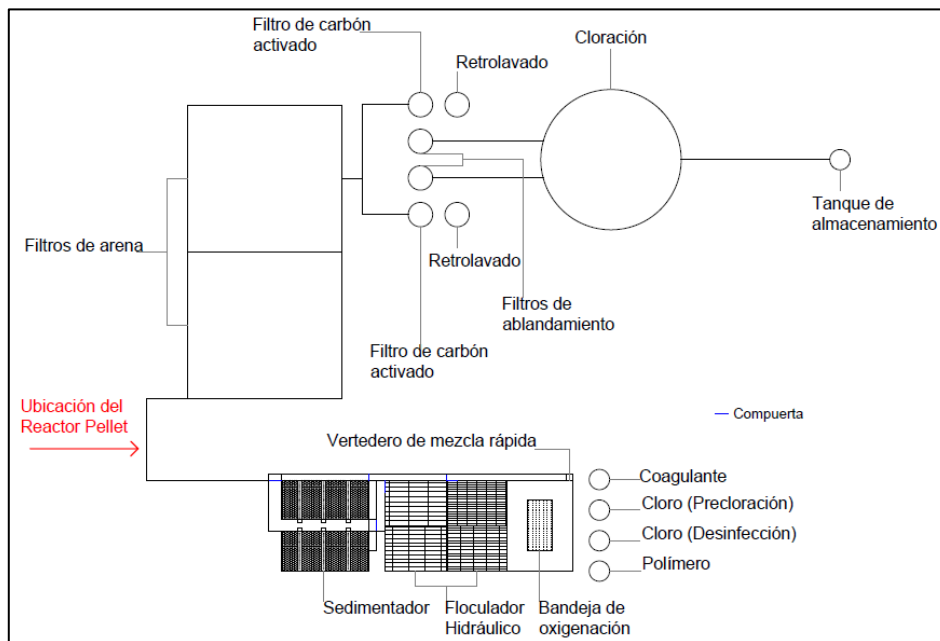


Figura 2.27 Ubicación del Reactor Pellet en la PTAP

Elaboración: Salcedo-Sevillano

2.6.2. Alternativa 2 (A2): Aplicación de cal

El uso de cal dentro del tratamiento del agua potable ha demostrado excelentes resultados en la reducción de la dureza temporal, ayudando a la eliminación en su mayor parte del carbonato de calcio Ca^{++} . Esto es una ventaja puesto que en su mayor parte la dureza total viene dada por altos contenidos de bicarbonato de Ca^{++} que de bicarbonatos de Mg^{++} . Mediante el uso de cal es importante mantener un control sobre el pH del agua.

Mediante esta alternativa se quiere disolver las sales presentes en el agua haciéndolas insolubles para que de esta manera se formen flóculos de tamaños considerables y estén sean atrapadas mediante filtros o sedimentadores. Por otro lado, se mejorarían los niveles de turbidez, así como la eliminación de otras impurezas

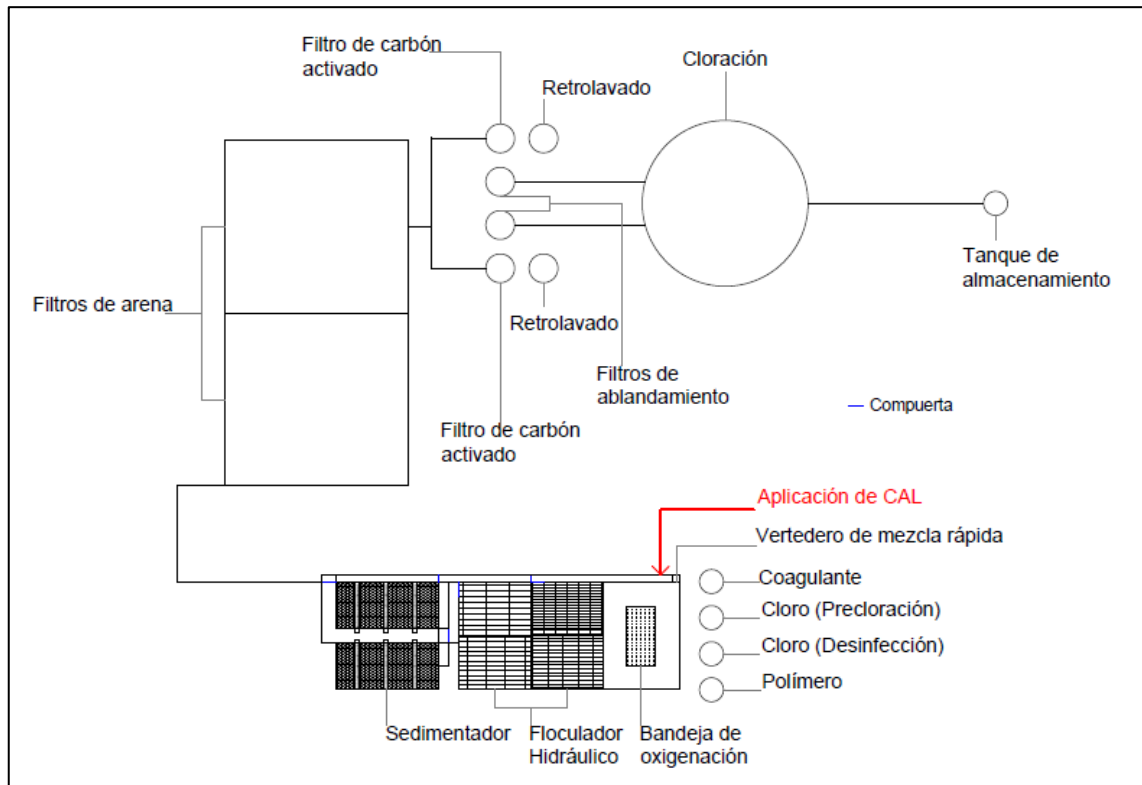


Figura 2.28 Ubicación de la aplicación de cal en la PTAP

Elaboración: Salcedo-Sevillano

Para la aplicación de esta alternativa como se puede ver en la Figura 2.28 haciendo uso del esquema actual de la planta, se va a aprovechar el vertedero de mezcla rápida para la aplicación o adición del hidróxido de cal dentro del tratamiento de purificación y depuración del agua potable. Donde luego se analizarán los efectos que se pueden producir en el proceso de la floculación.

2.6.3. Alternativa 3 (A3): Combinar el uso de cal e implementación del reactor Pellet

En esta alternativa se propone que, en caso de que las dos alternativas anteriores de forma independiente tengan baja eficiencia sin llegar a los parámetros mínimos requeridos de dureza, proceder al uso de ambas con el objetivo de así obtener un

mayor porcentaje de remoción de la dureza como se indica a continuación en la Figura 2.29.

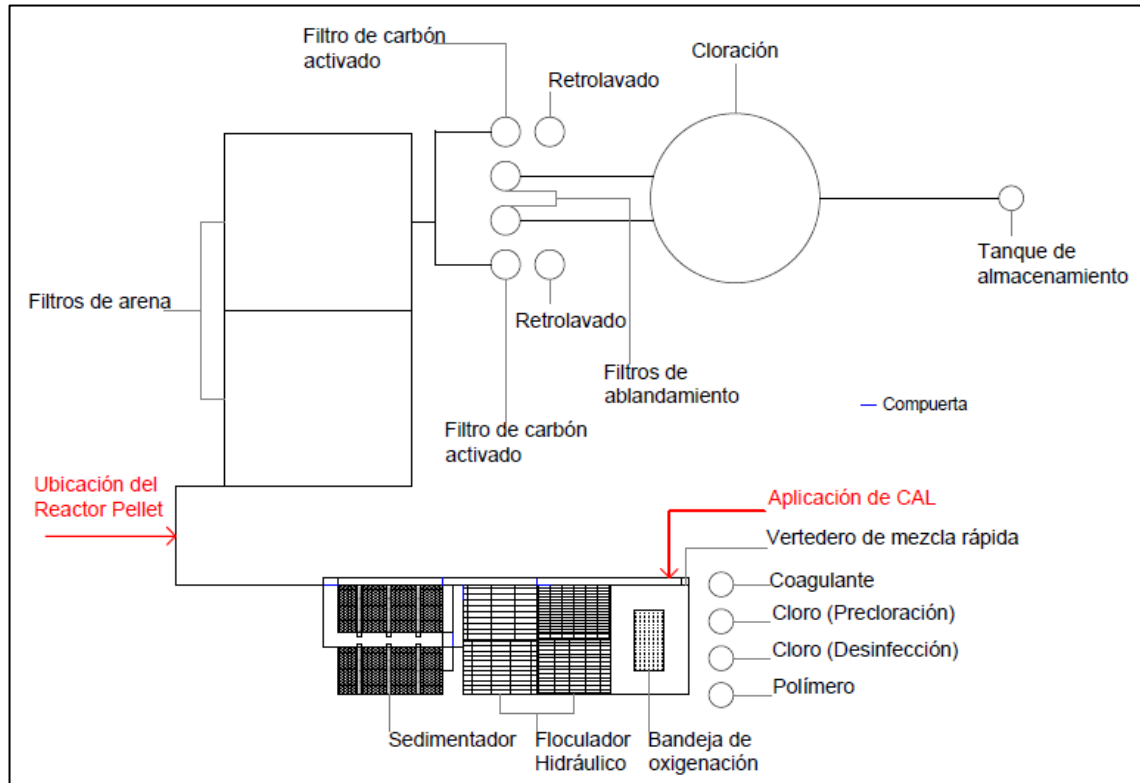


Figura 2.29 Ubicación de la aplicación de cal y del reactor pellet en la PTAP

Elaboración: Salcedo-Sevillano

2.7. Selección de Alternativas

Dentro de la selección de las alternativas se tomó en consideración parámetros de afectación del ambiente, la afectación social debido a la inversión de cada una de las soluciones y el requerimiento dentro de la operación y mantenimiento de las mismas. De acuerdo con las restricciones que se encuentran en el presente proyecto se han propuesto 3 posibles soluciones en las que en todas las alternativas exista una baja generación de lodos o desechos peligrosos.

Desde el punto de vista social todas las alternativas son viables para el manejo del personal con el que cuenta la planta (no calificado). Desde el ámbito económico, los mayores costos generados podrían ser por inversión inicial. Sin embargo, los costos de operación y mantenimiento aspiran a ser inferiores en comparación a las mejoras y beneficios que recibiría la comunidad, tal como se indica en la Tabla 2.26.

Tabla 2.26 Análisis de cada alternativa propuesta

| Alternativas | Análisis | | | |
|--|---|--|--|--|
| | Fortalezas | Oportunidades | Debilidades | Amenazas |
| Reactor de Pellet A1 | <ul style="list-style-type: none"> - Residuos fáciles de transportar. - Operación simple. - Bajo impacto ambiental. - Cambio anual de material de siembra (arena) - Alto porcentaje de remoción. | <ul style="list-style-type: none"> - Residuos reutilizables en industrias. - Posibilidad de obtener ingresos por la venta de los residuos (pellets) -Innovación | <ul style="list-style-type: none"> - Alta inversión inicial - Posible necesidad de mantenimiento repentino -Mayor costo operativo | <ul style="list-style-type: none"> - Poco común en el país - Posibilidad de alteraciones en algunos parámetros (pH, temperatura, etc.) |
| Uso de cal A2 | <ul style="list-style-type: none"> -No necesita instalación extra. -Ayuda en la eliminación de impurezas -Neutraliza la acidez del agua -Producto alcalino más efectivo y de menor costo. -Bajo impacto ambiental. | <ul style="list-style-type: none"> -Se aprovecha la infraestructura actual de la PTAP -No se requiere personal altamente calificado | <ul style="list-style-type: none"> -Aumento del mantenimiento periódico de los filtros -Aumento de costo operativo | <ul style="list-style-type: none"> -Posibilidad de afectar en la dosificación de coagulante. -Error humano -Eficiencia Variable |
| Uso de cal y Reactor de Pellet A3 | <ul style="list-style-type: none"> - Mayor porcentaje de remoción | <ul style="list-style-type: none"> -Residuos reutilizables en industrias. -Posibilidad de obtener ingresos por la venta de los residuos (pellets) | <ul style="list-style-type: none"> -Mayor inversión inicial -Mayor inversión periódica -Requerimiento de personal capacitado | <ul style="list-style-type: none"> -Posibilidad de alteraciones en algunos parámetros (pH, temperatura, etc.) |

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Las alternativas presentadas son de alcance experimental debido que todas presentan similitudes en los parámetros tomados en consideración para escoger la adecuada se considera el desarrollo de las alternativas A1 y A2 en laboratorio, teniendo como una optimización de las soluciones planteadas el desarrollo de la Alternativa A3.

Realizando una valoración de cada una de las alternativas en donde se ha utilizado el siguiente criterio detallado en la Tabla 2.27.

Tabla 2.27. Valoración a usar para el análisis de alternativas

| Muy Favorable | Favorable | Ni favorable, ni desfavorable | Desfavorable | Muy desfavorable |
|---------------|-----------|-------------------------------|--------------|------------------|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

En la Tabla 2.28 se analizó cada una de las alternativas desde un aspecto distinto. En el aspecto constructivo se analiza lo favorable o desfavorable desde el punto de vista económico para la comunidad. En el aspecto operativo y de mantenimiento se toma en cuenta tanto la parte económica como el personal calificado para la ejecución de ambos. Para la eficiencia de remoción se han asignados valores de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, pero en realidad se deben evaluar en el laboratorio. En la parte ambiental se ha valorizado desde el punto de vista de generación de lodos y su remoción.

Tabla 2.28 Análisis valorativo de las alternativas planteadas

| ASPECTO | A1 | A2 | A3 |
|-------------------------------|----|----|----|
| Constructivo | 2 | 5 | 1 |
| Operativo | 2 | 4 | 4 |
| Mantenimiento | 3 | 4 | 2 |
| Eficiencia de remoción | 5 | 3 | 5 |
| Ambiental | 4 | 2 | 3 |
| TOTAL | 16 | 18 | 15 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

CAPITULO 3

3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

3.1. Metodología

Para el desarrollo de las alternativas propuestas para controlar la dureza que se presenta en el agua durante el proceso de potabilización se optó por hacer la simulación en el laboratorio de cada una, para luego estos resultados poder escalarlos y dimensionarlos a la planta actual dando una solución óptima.

Para esto es necesario tener en claro el funcionamiento del reactor y sus características esenciales en las que se basa su desarrollo.

3.1.1. Reactor de Pellet

El reactor de pellet es catalogado como uno de los métodos más innovadores para la remoción de dureza en el agua, la cual suele ser alta en aguas subterráneas. La principal ventaja del uso de este reactor con respecto a tratamientos convencionales es que no produce lodos. En el proceso de cristalización se forman perlas sólidas de cristal, pequeñas y delgadas que reciben el nombre de pellets, las cuales no son nocivas, ni tóxicas y además son reutilizables en industrias.(Mahvi et al., 2005)

Como se mencionó en capítulos anteriores, el reactor maneja un flujo ascendente, por lo que es necesario el uso de un dispositivo que impulse el agua hacia arriba. Como se observa en la Figura 3.1 hace uso de una cama de arena que funciona como lecho fluidizado con una expansión entre 100 y 200%, con el objetivo de garantizar un tiempo adecuado para la formación de los cristales y que estos logren adherirse a los granos de arena. Además, se puede trabajar con cal, la cual es muy común en procesos de ablandamiento, lo que la hace de fácil adquisición. Cuando se trabaja con hidróxido de calcio (cal) es recomendable manejar un proceso de filtración al efluente del pellet.

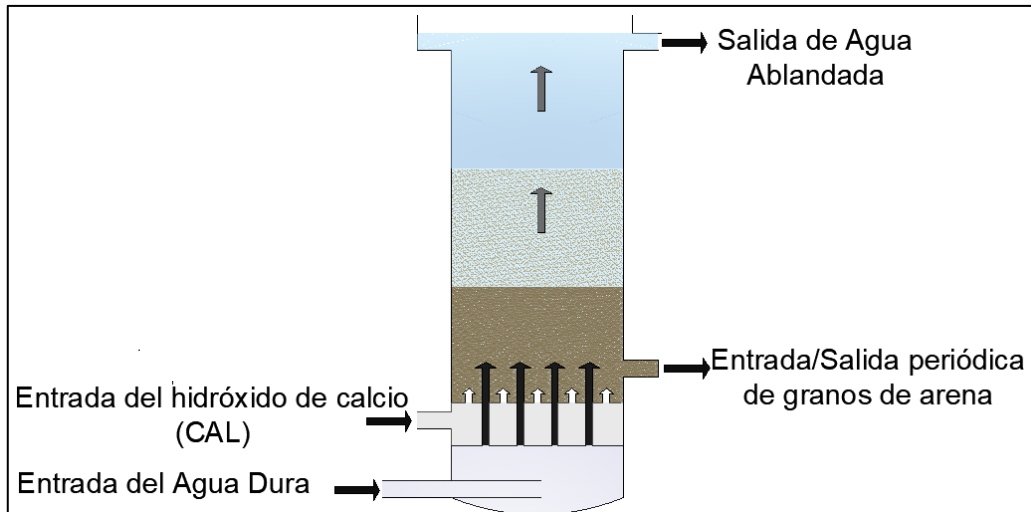


Figura 3.1 Esquema del funcionamiento del reactor pellet

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Según Mahvi, este reactor pudo ser experimentado a escala en laboratorio obteniendo remociones de dureza en promedio del 50% sin importar la concentración de dureza inicial del afluente. Incluso, tal como se muestra en la Figura 3.2 constataron como cambió el color de la arena antes y después de la cristalización, lo cual es congruente pues se formaron los pellets.

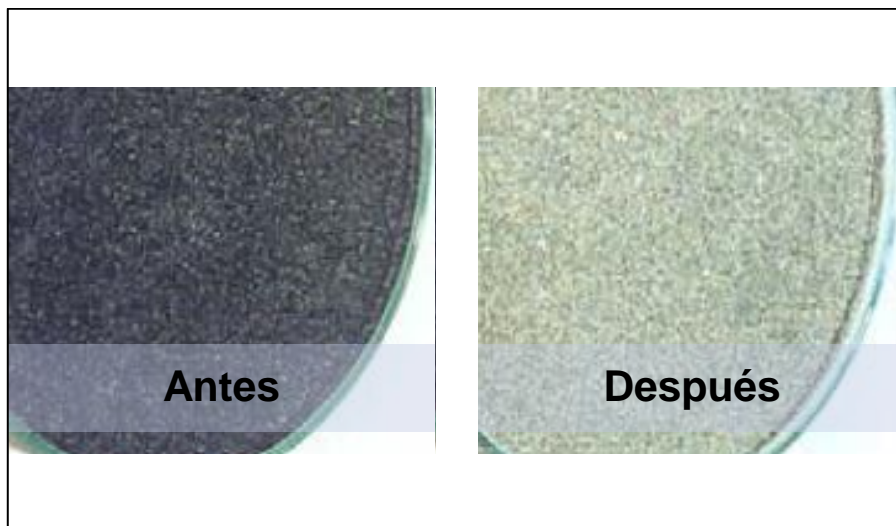


Figura 3.2 Arena antes y después de la cristalización

Fuente: Mahvi et al., 2005.

Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.1.2. Plan de trabajo

Dentro del laboratorio se diseñó un plan de trabajo para ir desarrollando cada una de las alternativas propuesta, tomando en consideración los materiales y equipos necesarios para cada una de las propuestas, detalladas en las Tablas 3.1 y 3.2 respectivamente

Tabla 3.1 Cronograma de actividades en el laboratorio

| PASO | ACTIVIDAD | DETALLES | PARÁMETROS A ANALIZAR |
|--------------|-------------------------------------|---|--|
| Día 1 | | | |
| 1 | Test de Jarras | Realizar el test de jarras con la muestra tomada antes de la coagulación. Usar las dosis indicadas en la sección de Alternativa 2. Usar la guía de procedimiento de test de Jarra (documento adjunto) Luego del proceso de sedimentación el agua superficial con la dosis óptima, se almacenará para ser usada en la experimentación de la Alternativa 3 (no debe ser pasada por el filtro de arena) | Turbidez pH Dureza total (Ca y Mg) |
| 2 | Dureza por Mg | Realizar el ensayo de dureza por magnesio (MÉTODO DE HACH) en los procesos: entrada de la planta, Sedimentador, Filtración, antes y después del ablandador. | --- |
| 3 | Filtro de arena a escala (A2) | Se debe lavar la arena a usar en el filtro y en el reactor. Se permitirá el paso de agua limpia por el filtro para confirmar que salga limpia. El agua superficial del test de jarras deberá pasar por el filtro de arena | Turbidez pH Dureza total (Ca y Mg) |
| 4 | Reactor pellet a escala | Como el reactor será armado en casa. En laboratorio, se colocará la cama de arena (ya lavada) dentro de este con un material en la base (gasa) para hacer pruebas con la bomba con agua limpia. Realizar el bombeo con la muestra tomada después de la filtración. | --- |
| Día 2 | | | |
| 1 | Uso de reactor pellet a escala (A1) | Se procederá a realizar el proceso de ablandamiento con las dosis de hidróxido de calcio. Y se medirán los parámetros establecidos luego del proceso para así obtener la dosis óptima. | Turbidez pH Dureza total (Ca y Mg) |
| 2 | Filtro de arena a escala (A1) | Luego del proceso anterior el agua ablandada pasará por el filtro de arena. | Turbidez pH Dureza total (Ca y Mg) |

| | | | |
|---|-------------------------------------|---|--|
| 3 | Uso de reactor pellet a escala (A3) | Se usará el agua proveniente de la alternativa 1. Se procederá a realizar el proceso de ablandamiento con las dosis de óxido de calcio. Y se medirán los parámetros establecidos luego del proceso. | Turbidez pH Dureza total (Ca y Mg) |
| 4 | Filtro de arena a escala (A3) | El agua del proceso anterior pasará por el filtro de arena. | Turbidez pH Dureza total (Ca y Mg) |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Tabla 3.2 Lista de materiales y equipo

| PASO | ACTIVIDAD | VOL. DE MUESTRA | EQUIPOS | MATERIALES | REACTIVOS |
|--------------|-------------------------------------|-----------------|--|--|---|
| Día 1 | | | | | |
| 1 | Test de Jarras | 4 litros | Floculador Multiparamétrica Turbidímetro | 4 vasos de precipitación (1000ml c/u) Probeta Pipeta | Hidróxido de calcio Coagulante (Sulfato de Aluminio) Hidróxido de potasio |
| 2 | Dureza por Mg | 20ml c/proceso | --- | Bureta Pipeta Matraz | *Serán proporcionados por el laboratorio de sanitarias |
| 3 | Filtro de arena a escala (A2) | 40 ml | Multiparamétrica Turbidímetro | Bureta Pipeta Matraz | --- |
| 4 | Reactor pellet a escala | - | | Cautín Tijera Gasa Silicón | --- |
| Día 2 | | | | | |
| 1 | Uso de reactor pellet a escala (A1) | 1000 ml c/dosis | Multiparamétrica Turbidímetro | Bureta Pipeta Matraz | Hidróxido de calcio |
| 2 | Filtro de arena a escala (A1) | 40ml | Multiparamétrica Turbidímetro | Bureta Pipeta Matraz | --- |
| 3 | Uso de reactor pellet a escala (A3) | | Multiparamétrica Turbidímetro | Bureta Pipeta Matraz | Óxido de calcio |
| 4 | Filtro de arena a escala (A3) | 40 ml | Multiparamétrica Turbidímetro | Bureta Pipeta Matraz | --- |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2. Rediseño de la planta

3.2.1. Estimación de población futura

Para la estimación de la población futura se recaudaron datos de censos poblacionales (Tabla 3.3) para poder obtener varios métodos de cálculo, y así poder

escoger el que más se aproxime al comportamiento del crecimiento de las comunidades de la Parroquia San Cristóbal (Figura 3.3).

Tabla 3.3 Datos de censos poblacionales

| Año | Población (hab.) |
|------|------------------|
| 1982 | 2179 |
| 1990 | 1942 |
| 2001 | 2203 |
| 2010 | 2412 |

Fuente: Sistema Nacional de Información

Elaboración: Salcedo – Sevillano

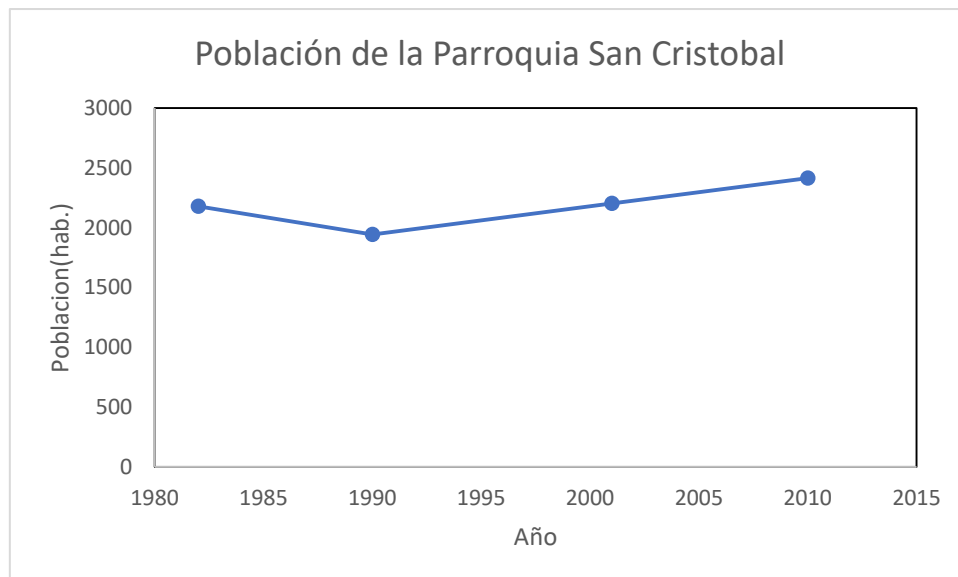


Figura 3.3 Evolución de la población de la parroquia San Cristóbal

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Es importante recordar que para la estimación de la población futura se deben al menos realizar utilizando 3 métodos conocidos, los empleados fueron:

- Método aritmético
- Método geométrico
- Método exponencial

3.2.1.1. Método aritmético

Este método asume que la población crece siguiendo un comportamiento de una progresión aritmética, por lo que se calcula usando la siguiente formula:

$$P_f = P_0 + r * t \text{ [hab]} \quad (3.1)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_{i+1} - P_i}{t_{i+1} - t_i}}{n-1}$$

Donde

P_f = Población futura

P_0 = Población inicial [hab]

r = tasa de crecimiento

n = número de datos censales

t = tiempo entre las poblaciones [años]

Obteniendo como resultado de población futura en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Población futura método aritmético

| Año | Población (hab.) |
|------|------------------|
| 2020 | 2470 |
| 2035 | 2556 |
| 2050 | 2643 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

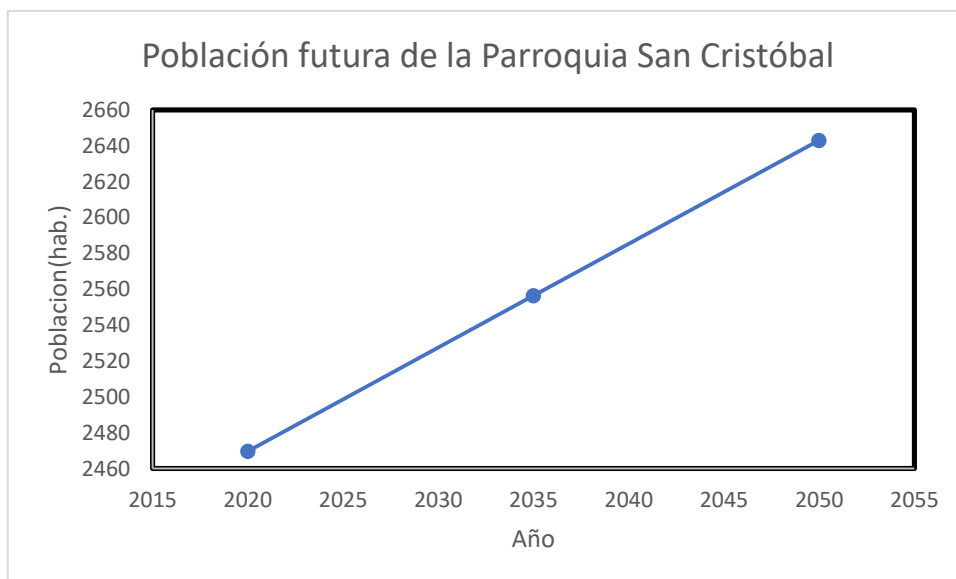


Figura 3.4 Población futura mediante método aritmético

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.1.2. Método geométrico

Este método asume que la población crece siguiendo una tasa constante, por lo que se calcula usando la siguiente formula:

$$P_f = P_0 * (1 + r)^n \text{ [hab]} \quad (3.2)$$
$$r = \left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Donde:

P_f = Población futura

P_0 = Población inicial [hab]

r = tasa de crecimiento

P_t = Población final censada [hab]

t = tiempo entre las poblaciones [años]

n = periodo de diseño [años]

Obteniendo como resultado de población futura en la Tabla 3.5:

Tabla 3.5 Población futura método geométrico

| Año | Población (hab.) |
|------|------------------|
| 2020 | 2472 |
| 2035 | 2564 |
| 2050 | 2660 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

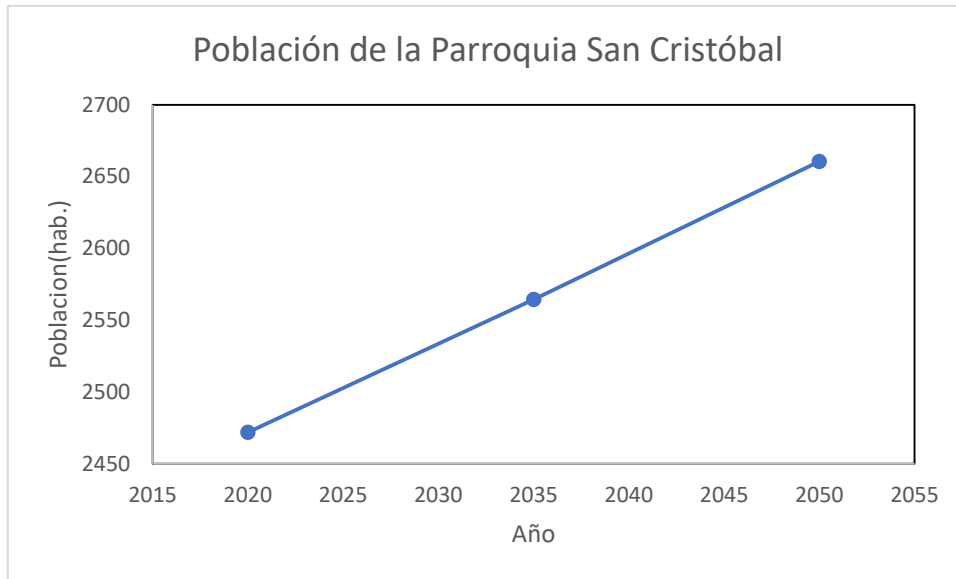


Figura 3.5 Población futura mediante método geométrico

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.1.3. Método exponencial

Este método asume que la población crece siguiendo una tasa constante, por lo que se calcula usando la siguiente formula:

$$P_f = P_0 * e^{k*t} [hab] \quad (3.3)$$

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{\ln P_{i+1} - \ln P_i}{t_{i+1} - t_i}}{n-1}$$

Donde:

P_f = Población futura

P_0 = Población inicial [hab]

k = tasa de crecimiento

n = número de datos censales

t = tiempo entre las poblaciones [años]

Obteniendo como resultado de población futura en la Tabla 3.6:

Tabla 3.6 Población futura método exponencial

| Año | Población (hab.) |
|------|------------------|
| 2020 | 2470 |
| 2035 | 2560 |
| 2050 | 2653 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

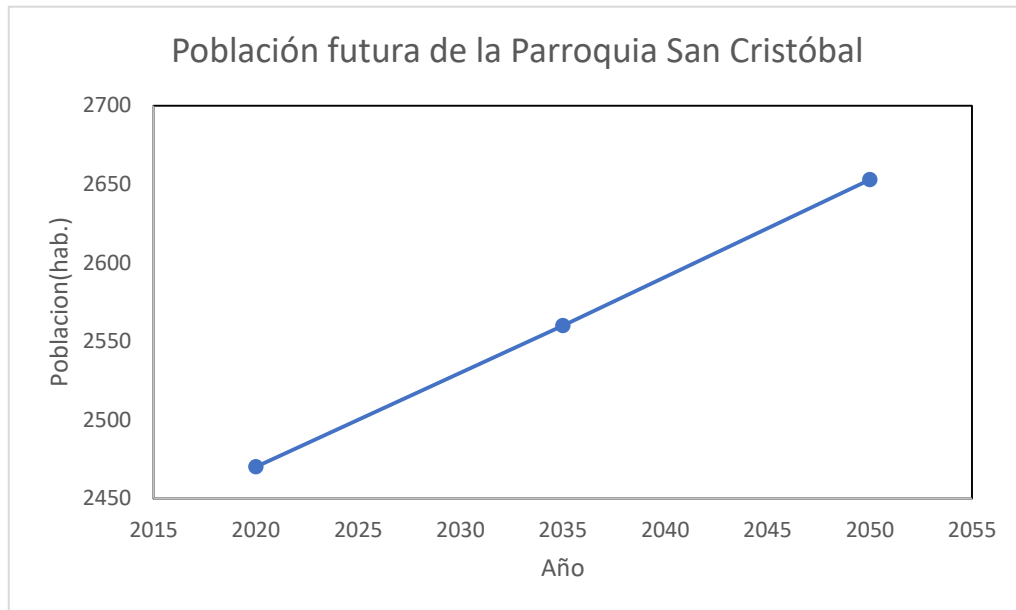


Figura 3.6 Población futura mediante método exponencial

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.1.4. Análisis y resultados

En el cálculo de la estimación de la población futura se obtuvo los siguientes resultados de la Tabla 3.7:

Tabla 3.7 Población Futura estimada por de cada método

| Método | Aritmético | Geométrico | Exponencial |
|--------|------------|------------|-------------|
| 2020 | 2470 | 2472 | 2470 |
| 2035 | 2556 | 2564 | 2560 |
| 2050 | 2643 | 2660 | 2653 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

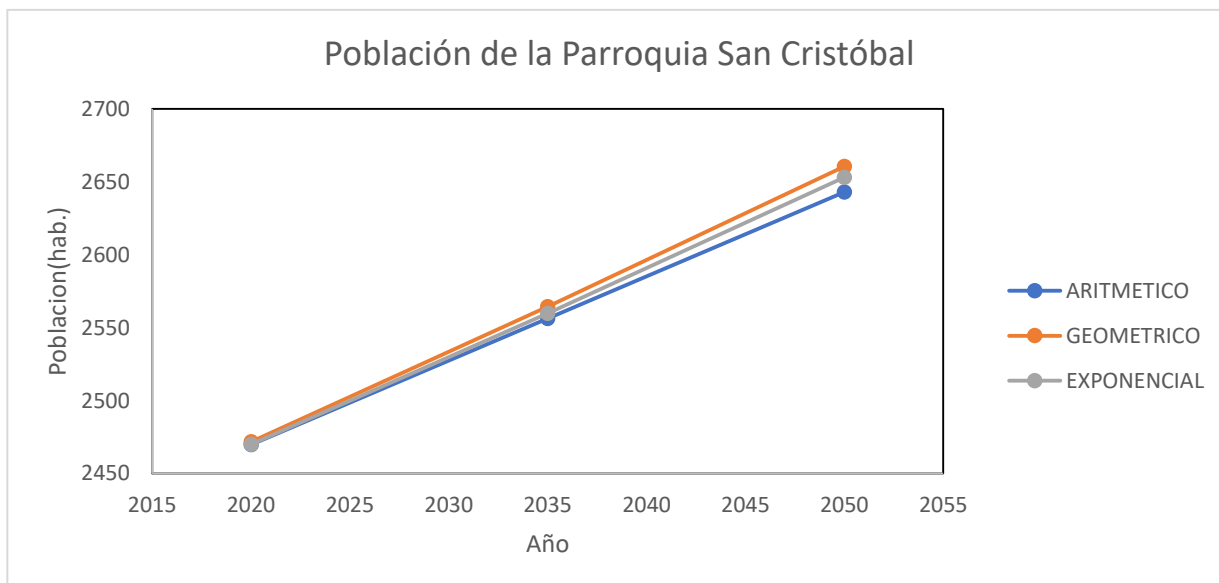


Figura 3.7 Comparación de los métodos de población futura

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Para la estimación de la población de diseño como se puede observar en la Figura 3.7 tanto el método aritmético, el geométrico y el exponencial presentan un comportamiento similar. Por esta razón se tomó como población de futura o de diseño 2653 habitantes dentro de un periodo de diseño de 30 años que es lo mínimo permitido en la Norma CP INEN 05.

3.2.2. Caudales de Diseño

Para los caudales se tuvo en consideración los dos tramos contemplados para realizar el abastecimiento a todas las comunidades, esto se detalla a continuación en la Tabla 3.8:

Tabla 3.8 Distribución de la población de diseño

| Zona | Alta (%) | Baja (%) |
|------------------|----------|----------|
| Población | 51.2 | 48.7 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.2.1. Normativa a usar

Para el desarrollo de la estimación y el cálculo de los caudales de diseño, se emplearon las especificaciones y recomendaciones de la Norma CO 10.7-602 Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el área Rural.

3.2.2.2. Caudal medio

Para el cálculo de caudal medio se consideró la distribución de la población de diseño mostrado en la Tabla 3.8, de tal forma:

Tabla 3.9 Población de diseño por zona

| Zona | Población de diseño (hab.) |
|------|----------------------------|
| Alta | 1353 |
| Baja | 1300 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Es necesario establecer el nivel de servicio que brinda el proyecto, por lo que se usó el IIb de los niveles de Servicio para Sistemas de Abastecimiento de Agua, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos provisto en la Norma CO 10.7-602 de la Tabla 5.2. Ver Tabla 2.9

Para el cálculo de caudal medio se usó la expresión: ver ecuación (2.2)

$$Q_m = f * \frac{P * D}{86400} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.2)$$

Donde se estimó una dotación de $120 \left[\frac{l}{\text{hab.} * \text{dia}} \right]$ y se obtuvo el caudal medio para cada zona, resultando la Tabla 3.10:

Tabla 3.10 Resultado de Caudal medio

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|--------------|------|------|
| Medio | 2.26 | 2.17 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.2.3. Caudal máximo diario

La expresión utilizada para la estimación del caudal máximo diario fue: ver ecuación (2.3)

$$Q_{md} = KMD * Q_m \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2.3)$$

Donde se obtuvo la Tabla 3.11:

Tabla 3.11 Resultado de Caudal máximo diario

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|----------------------|------|------|
| Máximo diario | 2.82 | 2.71 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.2.4. Caudal máximo horario

De igual manera se obtuvo el caudal máximo horario mediante la expresión: ver ecuación (2.4)

$$Q_{md} = KMh * Q_m \left[\frac{l}{s} \right] \quad (3.4)$$

Donde se obtuvo la Tabla 3.12:

Tabla 3.12 Resultado de Caudal máximo horario

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|-----------------------|------|------|
| Máximo horario | 6.77 | 6.50 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.2.5. Caudal de captación

Para la estimación del caudal de captación se usó: ver ecuación (2.5)

$$Q_{cap} = 1.2 * Q_{md} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (3.5)$$

Dando los siguientes resultados de la Tabla 3.13:

Tabla 3.13 Resultado de Caudal de captación

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|------------------|------|------|
| Captación | 3.38 | 3.25 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.2.6. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se obtuvo con la siguiente formula: ver ecuación (2.6)

$$Q_b = 1.05 * Q_{md} * \frac{24}{n} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (3.6)$$

Dando los siguientes resultados en la Tabla 3.14:

Tabla 3.14 Resultado de Caudal de captación

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|---------------|------|------|
| Bombeo | 4.74 | 4.55 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.2.7. Caudal de distribución

Para la estimación del caudal de distribución solo se hace mención al caudal máximo horario puesto que estos son iguales según la norma detallada para esta sección. Resultando los datos de la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 Resultado de Caudal de distribución

| Caudal (l/s) | Alta | Baja |
|---------------------|------|------|
| Distribución | 6.77 | 6.50 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.3. Pre-dimensionamiento

3.2.3.1. Tanque

Este fue diseñado con el Qmd obtenido en la sección 3.2.2.3, además del tiempo de bombeo manejado en la planta de 15 horas. Ver Tabla 3.16

Tabla 3.16 Parámetros iniciales

| Parámetros | |
|------------|------|
| Qmd (l/s) | 5.35 |
| tb (h) | 15 |
| tr (h) | 1 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Para calcular el volumen del tanque se usó la ecuación (3.4)

$$V_{tanque} = tr * (Qmd * tb) * \frac{24 h}{horas\ de\ flujo} [m^3] \quad (3.4)$$

Donde:

tr = tiempo de retención (%)

tb = tiempo de bombeo (s)

Para el dimensionamiento se asumió una altura efectiva de 2.5 m, sabiendo que la profundidad máxima es de 5 m, un borde libre de 0.50-1.00 m y que ancho/largo= 0.5. Ver Tabla 3.17:

Tabla 3.17 Dimensionamiento

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--------------|-------|--------|
| V_{tanque} | 22.00 | m^3 |
| h | 2.50 | m |
| Área | 8.36 | m^2 |
| d | 3,25 | m |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se revisaron las dimensiones y parámetros para obtener las dimensiones finales del tanque, ver Tabla 3.18

Tabla 3.18 Dimensiones del tanque

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--------------|-------|--------|
| h | 2.50 | m |
| Área | 8.50 | m^2 |
| d | 3,50 | m |
| V_{tanque} | 26.00 | m^3 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.3.2. Floculador hidráulico

Se tomaron como datos iniciales el peso específico y viscosidad del agua, además se consideró un gradiente de velocidad de 300 para garantizar el ablandamiento. Ver Tabla 3.19

Tabla 3.19 Parámetros iniciales

| Parámetros | |
|------------|-------|
| Qmd (l/s) | 5.35 |
| t (min) | 40.00 |

| | |
|------------------------------|----------|
| γ (N/m ³) | 9800.00 |
| μ (N*s/m ²) | 0.001139 |
| G (s ⁻¹) | 300.00 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Luego se calculó la pérdida de cabezal, para poder determinar el número de mamparas necesarias, así como el volumen y largo de la unidad de tratamiento usando la ecuación (3.5):

$$G = \frac{\gamma \sqrt{h_l}}{t * \mu} [s^{-1}] \quad (3.5)$$

Donde:

- γ = peso específico (N/m³)
- μ = viscosidad dinámica (N*s/m²)
- t = tiempo de detención (s)
- h_l = pérdida de cabezal (m)

Para el dimensionamiento se tomó en cuenta dos espaciamientos para las mamparas, así como, el número para poder calcular la longitud del floculador usando la ecuación (3.6):

$$Longitud = \#mamparas * d_{mamparas} [m] \quad (3.6)$$

Donde:

- $d_{mamparas}$ = espaciamiento de las mamparas (m)

Tabla 3.20 Dimensionamiento

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------|-------------|----------------|
| floculador | 2 | u |
| $V_{floculador}$ | 13.27 | m ³ |
| #mamparas | 19 | u |
| $d_{mamparas}$ | 0.22 y 0.25 | m |

| | | |
|----------|------|---|
| Longitud | 4.50 | m |
| Ancho | 2.25 | m |
| h | 1.18 | m |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se revisaron las dimensiones y parámetros para obtener las dimensiones finales de los floculadores, ver Tabla 3.21

Tabla 3.21 Dimensiones del floculador

| Parámetro | Valor | Unidad |
|----------------|-------------|--------|
| floculador | 2 | u |
| #mamparas | 19 | u |
| $d_{mamparas}$ | 0.22 y 0.25 | m |
| Longitud | 4.50 | m |
| Ancho | 3.00 | m |
| h | 1.00 | m |
| V_{max} | 20.25 | m^3 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.3.3. Sedimentador

En este proceso se inició con la estimación de la carga lineal tiempo de detención para obtener el volumen usando la ecuación (3.7):

$$V = \frac{Qmd}{q} [m^3] \quad (3.7)$$

Donde:

$$q = \text{carga lineal} \left(\frac{m^3}{m^2} * d \right)$$

Tabla 3.22 Parámetros iniciales

| Parámetros | |
|------------------------------|-------|
| Qmd (l/s) | 5.35 |
| t (h) | 2.00 |
| q ($m^3/m^2 * d$) | 20.00 |
| $V_{sedimentador}$ (m^3) | 23.87 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Para el dimensionamiento se tomó en cuenta dividir el volumen entre dos unidades, asumiendo una altura efectiva de 1.5m, un borde libre de 0.50-1.00 m y verificando ancho/largo= 0.5. Ver Tabla 3.23:

Tabla 3.23 Dimensionamiento

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--------------------|-------|--------|
| sedimentador | 2 | u |
| $V_{sedimentador}$ | 11.93 | m^3 |
| h | 1.50 | m |
| Área | 7.95 | m^2 |
| Longitud | 4.00 | m |
| Ancho | 1.89 | m |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se revisaron las dimensiones y parámetros para obtener las dimensiones finales de los sedimentadores. Ver Tabla 3.24

Tabla 3.24 Dimensiones del sedimentador

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--------------|-------|--------|
| sedimentador | 2 | u |
| h | 1.50 | m |
| Longitud | 4.00 | m |
| Ancho | 2.00 | m |
| Borde libre | 0.50 | m |
| V_{max} | 12 | m^3 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.3.4. Filtro de arena

Para el filtro de arena se consideró la velocidad de filtración para obtener el área superficial del mismo usando las siguientes ecuaciones (3.8), (3.9) y (3.10):

$$A_s = \frac{Qmd}{N*V_f} [m^2] \quad (3.8)$$

$$k = \frac{2*N}{N+1} \quad (3.9)$$

$$L = (A_s * k)^{\frac{1}{2}} [m] \quad (3.10)$$

Donde:

A_s = área superficial [m^2]

N = número de filtros

V_f = velocidad de filtración [m/h]

L = longitud [m]

k = coeficiente mínimo

Tabla 3.25 Parámetros y dimensionamiento

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-------------|-------|--------|
| Qmd | 5.35 | l/s |
| V_f | 0.20 | m/h |
| Lecho arena | 0.50 | m |
| t | 0.4 | h |
| N | 2 | u |
| A_s | 49.77 | m^2 |
| k | 1.33 | - |
| L | 8.14 | m |
| Ancho | 6.10 | m |
| h | 1.75 | m |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se revisaron las dimensiones y parámetros para obtener las dimensiones finales de los filtros de arena. Ver Tabla 3.26:

Tabla 3.26 Dimensiones del filtro de arena

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-------------|-------|--------|
| Lecho arena | 0.50 | m |
| N | 2 | u |
| Longitud | 8.14 | m |
| Ancho | 6.10 | m |
| h | 1.75 | m |
| Borde libre | 0.5 | m |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.2.3.5. Reservorio

Se consideró el volumen acumulado dentro de la planta para poder obtener las dimensiones del tanque. Ver Tabla 3.27

Tabla 3.27 Parámetros y dimensionamiento

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------|--------|--------|
| V_{acum} | 298.46 | m^3 |
| t | 0.5 | h |
| V | 104.46 | m^3 |
| d | 7 | m |
| h | 2.75 | m |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se revisaron las dimensiones y parámetros para obtener las dimensiones finales de los filtros de arena. Ver Tabla 3.28:

Tabla 3.28 Dimensiones del reservorio

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------|-------|----------|
| reservorio | 1 | circular |
| d | 7 | m |
| h | 2.75 | m |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Para una mejor apreciación del pre diseño de la PTAP se puede revisar la parte de Anexos donde se encuentra cada uno de los procesos y operaciones unitarias detallado con su respectivo plano.

3.3. A1: Diseño del reactor

3.3.1. Prototipo

Se establecieron las condiciones necesarias que debe poseer el prototipo del reactor entre las cuales están:

- Sistema de bombeo
- Inyección de químico de forma uniforme
- Arena con diámetro entre 0.2 y 0.6 mm.

El primer prototipo contaba con una bomba sumergible de 34 watts de potencia con un cabezal máximo de 2 metros, además de contar con un sistema de inyección del hidróxido de cal de manera uniforme, tal como se muestra en la Figura 3.8. Contaba con una altura de 22 centímetros y un diámetro de 7.



Figura 3.8 Reactor con altura de 22 cm

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Posteriormente, por limitantes experimentales se decidió modificar el reactor aumentando la altura del mismo. Ahora se trabajó con un reactor de 134 cm de alto, 1.9 cm ($\frac{3}{4}$ pulg) de diámetro como se muestra en la Figura 3.9.



Figura 3.9 Reactor con altura de 1.34 metros

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Finalmente se cambió la bomba 34 watts por una de 373 watts (1/2 hp), debido a las entradas y salidas de flujo de la bomba se trabajó con un diámetro de reactor de 2.54 centímetros (1 pulgada) y una altura de 2 metros. Figura 3.10.



Figura 3.10 Reactor con altura de 2 metros

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.3.2. Pruebas en el laboratorio

La experimentación preliminar del funcionamiento del reactor de pellet construido con el primer prototipo, se la realizó considerando un lecho de arena de 3 cm con una expansión del mismo mayor al 200% y un diámetro de 7. Sin embargo, a pesar de haber mantenido una expansión adecuada necesaria para obtener eficiencias de remoción óptima se obtuvo una eficiencia del 3% en promedio. Esto pudo deberse a la baja altura del lecho de arena, por lo cual la formación de los cristales de carbonato de calcio como “semillas” en la arena ocurrió pobremente.

Tabla 3.29 Ensayos realizados con reactor h=22cm

| # de ensayo | Dureza cálcica a la salida del sedimentador | Dureza cálcica a la salida del reactor de Pellet | % Remoción de Ca ⁺² | % Remoción promedio de Ca ⁺² |
|-------------|---|--|--------------------------------|---|
| | mg/L | mg/L | | |
| 1 | 328 | 328 | 0 | 3 |
| 2 | 328 | 304 | 7 | |
| 3 | 328 | 310 | 5 | |
| 4 | 328 | 328 | 0 | |
| 5 | 328 | 310 | 5 | |
| 6 | 328 | 320 | 2 | |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Debido a la descrita limitante experimental, se decidió aumentar la columna de arena desde los 25 hasta los 40 cm de alto utilizando un reactor de pellet de diámetro=1.9 cm.

Como se observa en la Tabla 3.30 a pesar de los esfuerzos para aumentar la altura de la cama de arena, los niveles de expansión de las mismas se mantuvieron entre el 75 al 100% de expansión (debido a la limitación de la potencia de la bomba de 34 W), resultando en un promedio de remoción de la dureza cálcica del 33%.

A pesar que este modelo experimental de reactor de pellet no obtuvo eficiencias mayores al porcentaje reportado, se logró una mejora significativa en el tiempo de

detención dentro del reactor permitiendo incrementar la eficiencia hasta 10 veces más aproximadamente, es decir la eficiencia de remoción de Ca^{2+} aumentó de 3 a 33%.

Es importante mencionar que la turbidez a la salida del reactor aumentó de forma sustancial, por ejemplo, de $T_o= 6$ NTU a $T_f= 321$ NTU debido a la adición de CaOH_2 al agua tratada. Estas altas concentraciones de turbidez fueron minimizadas a 4 NTU en promedio mediante el uso de una unidad de filtración con una altura de 16 cm y 8cm de diámetro. El material filtrante correspondió al utilizado en campo en la planta de tratamiento de agua estudiada.

Tabla 3.30 Dimensiones del prototipo

| # de ensayo | Características del Reactor | | | | | Dureza cálcica (mg/L) | | % de remoción promedio de dureza cálcica | T_o entrada del reactor (NTU) | T_f salida del reactor (NTU) |
|-------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|
| | Diámetro (cm) | h_r reactor (cm) | h lecho de arena (cm) | h de fluidización de lecho de arena (cm) | % de expansión del lecho de arena | Entrada del reactor | Salida del reactor | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 1 | 1.9 | 95 | 25 | 50 | ~100 | 328 | 228 | 31 | 11 | 19 |
| 2 | | 95 | 25 | 60 | | 328 | 226 | | 11 | 14 |
| 3 | | 134 | 30 | 60 | 100 | 328 | 220 | 31 | 11 | - |
| 4 | | 134 | 30 | 60 | | 328 | 234 | | 11 | - |
| 5 | | 134 | 30 | 100 | >200 | 302 | 180 | 38 | 6 | 321 |
| 7 | | 134 | 30 | 100 | | 302 | 196 | | 11 | 209 |
| 8 | | 134 | 40 | 60 | 75 | 302 | 200 | 32 | 6 | 200 |
| 9 | | 134 | 40 | 60 | | 302 | 210 | | 11 | 120 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Debido a las limitaciones experimentales de la potencia de la bomba (34 W), esta fue reemplazada por una de 373 W, por el hecho de que el cabezal de la misma no permitía una mayor expansión del lecho de arena. Entonces con el cambio de la bomba se aumenta la altura del reactor a 200 centímetros, con una altura de la cama de arena de 60 centímetros con una expansión de 150cm. Sin embargo, en este nuevo prototipo el reto era la inyección de la cal.

Por ejemplo, como se observa en la Tabla 3.31 en los ensayos no se disminuyó el calcio probablemente porque no se distribuyó la cal adecuadamente. Además de una posible combinación del agua de la salida del sedimentador (2 muestras distintas)

con agua potable que se utilizó inicialmente para ensayos de fluidización de la cama de arena. Posibilidad de colmatación del filtro de arena.

Tabla 3.31 Parámetros obtenidos con el reactor de 2 m de altura y diversas formas de inyección de cal

| ENSAYO | Sal. Sedim. | | Salida del reactor | | | | |
|--------|-------------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|
| | Dureza cálcica <i>mg/l</i> | T °C | pH | CE <i>uS/cm</i> | TDS <i>mg/l</i> | t <i>NTU</i> | Dureza cálcica <i>mg/l</i> |
| 11 | 288.0 | 24.0 | 7.5 | 1331.0 | 662.0 | 92.6 | 164.0 |
| 12 | 316.0 | 24.0 | 7.9 | 1324.0 | 689.0 | 66.7 | 180.0 |
| 13 | 316.0 | - | - | - | - | - | 300.0 |
| 14 | 316.0 | - | - | - | - | - | 316.0 |
| 15 | 316.0 | 24.0 | 8.1 | 1356.0 | 696.0 | 111.0 | 182.0 |
| 16 | 316.0 | 24.0 | 8.2 | 1494.0 | 769.0 | 110.0 | 158.0 |
| 17 | 316.0 | 24.0 | 8.4 | 1262.0 | 641.0 | 223.0 | 128.0 |
| 18 | 316.0 | 26.0 | 8.3 | 1480.0 | 726.0 | 122.0 | 192.0 |
| 19 | 316.0 | 26.0 | 9.1 | 1143.0 | 554.0 | - | 56.0 |
| 20 | 316.0 | 24.0 | 8.4 | 1265.0 | 641.0 | - | 138.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se procedió a realizar 4 ensayos más, ahora colocando la dosis óptima de cal de forma paulatina de acuerdo con el volumen captado a la salida del reactor, lo que permitió un mayor tiempo de contacto entre el lecho de arena, la cal y el agua dura. Obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 3.32.

Tabla 3.32 Parámetros obtenidos con el reactor de 2 m de altura después del filtro

| ENSAYO | Sal. Sedim. | | Salida del reactor | | Después del filtro | | | |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----|--------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|
| | Dureza cálcica <i>mg/l</i> | Dureza cálcica <i>mg/l</i> | T °C | pH | CE <i>uS/cm</i> | TDS <i>mg/l</i> | t <i>NTU</i> | Dureza cálcica <i>mg/l</i> |
| 11 | 288.0 | 164.0 | 23.0 | 8.5 | 246.0 | 430.0 | 5.9 | 100.0 |
| 12 | 316.0 | 180.0 | 24.0 | 8.2 | 1051.0 | 530.0 | 3.1 | - |
| 13 | 316.0 | 300.0 | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 316.0 | 316.0 | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 316.0 | 182.0 | 24.0 | 8.2 | 1104.0 | 559.0 | 3.1 | - |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|------|-----|--------|-------|-----|-------|
| 16 | 316.0 | 158.0 | 24.0 | 8.3 | 518.0 | 257.0 | 2.7 | - |
| 17 | 316.0 | 128.0 | 24.0 | 8.4 | 1064.0 | 540.0 | 1.6 | 156.0 |
| 18 | 316.0 | 192.0 | 25.0 | 8.0 | 1208.0 | 603.0 | 1.7 | 196.0 |
| 19 | 316.0 | 56.0 | 26.0 | 8.4 | 911.0 | 441.0 | 2.6 | 86.0 |
| 20 | 316.0 | 138.0 | 25.0 | 8.4 | 1038.0 | 526.0 | 2.5 | - |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.3.3. Análisis y resultados

Realizando un análisis de los 3 prototipos utilizados, tal como se observa en la Tabla 3.33, cuando se tiene un mayor tiempo de contacto del hidróxido de cal, la arena y el agua dura se obtiene un mayor porcentaje de remoción de dureza. Esto es debido a que se crea una mayor cantidad de carbonatos de calcio, los cuales se adhieren a los granos de arena para la formación de pellets.

Tabla 3.33 Porcentaje de eficiencia de remoción del reactor pellet y filtro de arena

| DUREZA CÁLCICA | | | | | |
|----------------|--------|------------|----------|------------|----------|
| PROTOTIPO | PRUEBA | REACTOR | | FILTRO | |
| | | % Remoción | Promedio | % Remoción | Promedio |
| 1 | 1 | 23 | 23 | 26 | 26 |
| | 2 | 30 | 34 | 98 | 43 |
| 2 | 3 | 31 | | 20 | |
| | 4 | 40 | | 11 | |
| | 5 | 33 | | 0 | |
| | 6 | 29 | | 28 | |
| | 7 | 40 | | 26 | |
| | 8 | 34 | | 26 | |
| | 9 | 30 | | 26 | |
| | 10 | 35 | | 26 | |
| 3 | 11 | 43 | | 52 | 39 |
| | 12 | 43 | 26 | | |
| | 15 | 42 | 26 | | |
| | 16 | 50 | 26 | | |
| | 17 | 59 | 26 | | |
| | 18 | 39 | 26 | | |
| | 19 | 82 | 26 | | |

3.4. A2: Aplicación de cal

3.4.1. Consideraciones iniciales

Se realizó la aplicación de la lechada de cal al 20% (0.2 g de cal) en las muestras de agua en diferentes dosis para poder establecer la eficacia de la cal en la reducción de la dureza del agua tratada en la planta.

Para luego poder establecer de qué manera se vería afectada la aplicación de la cal en presencia del coagulante, que sería lo planteado para llevar a cabo en la planta para poder ablandar el agua potable.

Para aumentar la precisión del modelo se escaló un filtro de arena como el que se presenta en la planta para obtener el porcentaje de remoción de la dureza de calcio y dureza total.

En la Figura 3.11 se puede observar el procedimiento de la preparación de la lechada de cal al 20% el cual es la solución utilizada para poder reducir el contenido de dureza de las muestras de agua tomadas de la PTAP.

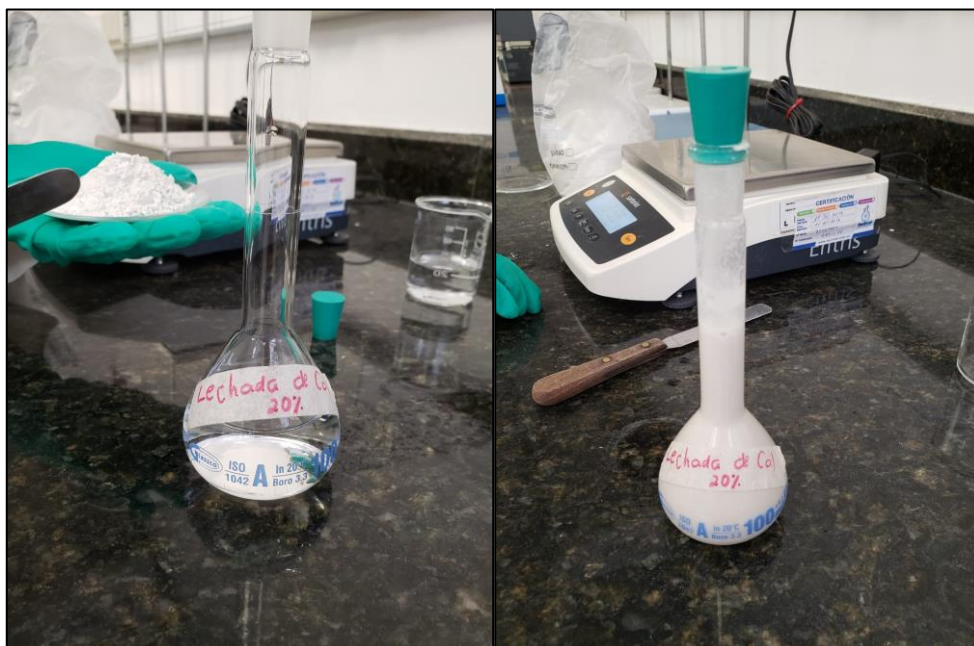


Figura 3.11 Lechada de cal al 20%

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.4.2. Pruebas en el laboratorio

Dentro del laboratorio se realizó 3 simulaciones para ver el efecto de la cal dentro del proceso del tratamiento del agua, de la siguiente manera:

- Aplicación solo de cal (S1)
- Aplicación de cal y luego coagulante (S2)
- Aplicación de cal y coagulante de manera simultánea (S3)

A continuación, se presentan los datos obtenidos en cada simulación:

Tabla 3.34 Parámetros iniciales de S1

| Aplicación: Sólo de hidróxido de cal | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-----|--------------|-------------|------------|----------------|
| ENSAYO | Antes | | | | | |
| | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica |
| | °C | | <i>uS/cm</i> | <i>mg/l</i> | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> |
| 1 | 25.6 | 8.5 | 1561.0 | 818.0 | 15.3 | 352.0 |
| 2 | 25.9 | 8.4 | 1585.0 | 804.0 | 13.4 | 352.0 |
| 3 | 25.7 | 8.4 | 1601.0 | 809.0 | 15.8 | 352.0 |
| 4 | 25.6 | 8.2 | 1560.0 | 775.0 | 11.8 | 352.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

En la Tabla 3.34 se observa que la muestra tomada a la entrada de la planta, evidentemente presenta un alto contenido de dureza de calcio de 352 *mg/l* $CaCO_3$ cómo se mencionó en el desarrollo y justificación del proyecto.

Tabla 3.35 Parámetros finales de S1

| Aplicación: Sólo de hidróxido de cal | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------|-----|--------------|-------------|------------|----------------|
| ENSAYO | Dosificación | Después | | | | | |
| | CAL | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica |
| | <i>mg/l</i> | °C | | <i>uS/cm</i> | <i>mg/l</i> | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> |
| 1 | 0.5 | 26.1 | 8.8 | 1471.0 | 716.0 | 30.7 | 200.0 |

| | | | | | | | |
|----------|-----|------|-----|--------|-------|------|-------|
| 2 | 1.0 | 25.9 | 8.7 | 1339.0 | 655.0 | 37.8 | 114.0 |
| 3 | 1.5 | 25.6 | 9.1 | 1260.0 | 618.0 | 38.5 | 62.0 |
| 4 | 2.0 | 25.3 | 9.4 | 1156.0 | 568.0 | 39.1 | 52.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Los parámetros finales que se mostraron en la Tabla 3.35 demuestran excelentes resultados al reducir la dureza de calcio durante la simulación de S1, con lo que comprobamos su efectividad para ablandar el agua de la planta, a pesar de aumentar la turbiedad del agua hasta 40 NTU lo cual se puede controlar y disminuir durante el proceso de potabilización del agua.

Tabla 3.36 Parámetros iniciales de S2

| Aplicación: Hidróxido de cal - 27min agitación- 10 min reposo- coagulante | | | | | | |
|--|--------------|-----|--------------|-------------|------------|----------------|
| ENSAYO | Antes | | | | | |
| | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica |
| | °C | | <i>uS/cm</i> | <i>mg/l</i> | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> |
| 5 | 25.7 | 7.9 | 1639.0 | 786.0 | 11.6 | 352.0 |
| 6 | 25.9 | 7.8 | 1641.0 | 786.0 | 9.3 | 352.0 |
| 7 | 25.7 | 7.8 | 1639.0 | 783.0 | 11.0 | 352.0 |
| 8 | 25.6 | 7.7 | 1628.0 | 772.0 | 11.2 | 352.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Para la S2 como se observó en la Tabla 3.36 para realizar la aplicación de cal y luego dar 27 min de agitación con 10 min de reposo para luego aplicar la cal, se inició con una dureza de 352 *mg/l CaCO₃*.

Como se muestra en la Tabla 3.37 los parámetros finales de la dureza de calcio en S2 es muy baja en relación con la de S1, la dureza se disminuyó hasta 242 *mg/l CaCO₃* se puede ver que la eficiencia de reducción de dureza de calcio se ve afectada por la adición del coagulante.

Tabla 3.37 Parámetros finales de S2

Aplicación: Hidróxido de cal - 27min agitación- 10 min reposo- coagulante

| ENSAYO | Dosificación | | Después | | | | | |
|--------|--------------|------|---------|-----|--------------|-------------|------------|----------------|
| | CAL | COAG | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica |
| | mg/l | mg/l | °C | | <i>uS/cm</i> | <i>mg/l</i> | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> |
| 5 | 0.5 | 20.0 | 24.9 | 7.0 | 1542.0 | 751.0 | 30.3 | 300.0 |
| 6 | 1.0 | 20.0 | 25.1 | 6.9 | 1432.0 | 694.0 | 52.8 | 274.0 |
| 7 | 1.5 | 20.0 | 25.2 | 6.8 | 1411.0 | 680.0 | 50.4 | 264.0 |
| 8 | 2.0 | 20.0 | 25.0 | 6.7 | 1354.0 | 651.0 | 31.8 | 242.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Para poder terminar el diagrama del tratamiento de la PTAP se pasó el agua tratada de S2 por el filtro de arena diseñado en el laboratorio, dando los resultados de la Tabla 3.38:

Tabla 3.38 Datos del filtrado de S2

| Aplicación: Hidróxido de cal - 27min agitación- 10 min reposo- coagulante | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|-----|--------------|-------------|------------|----------------|--------------------|-----|--------------|-------------|------------|----------------|
| ENSAYO | Antes del filtro | | | | | | Después del Filtro | | | | | |
| | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica |
| | °C | | <i>uS/cm</i> | <i>mg/l</i> | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> | °C | | <i>uS/cm</i> | <i>mg/l</i> | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> |
| 5 | 24.9 | 7.0 | 1542.0 | 751.0 | 30.3 | 300.0 | 26.3 | 4.6 | 1574.0 | 765.0 | 2.3 | 226.0 |
| 6 | 25.1 | 6.9 | 1432.0 | 694.0 | 52.8 | 274.0 | 25.7 | 6.7 | 1516.0 | 746.0 | 1.3 | 188.0 |
| 7 | 25.2 | 6.8 | 1411.0 | 680.0 | 50.4 | 264.0 | 25.7 | 5.0 | 1503.0 | 739.0 | 0.6 | 206.0 |
| 8 | 25.0 | 6.7 | 1354.0 | 651.0 | 31.8 | 242.0 | 25.9 | 6.9 | 1480.0 | 724.0 | 1.1 | 180.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Finalmente, para la S3 como se muestra en la Tabla 3.39 se trabajó con la dureza de calcio inicial indicada en cada uno de los ensayos.

Tabla 3.39 Parámetros iniciales de S3

| Aplicación: Hidróxido de cal y coagulante simultáneamente | | | | | | |
|---|-------|----|--------------|-------------|------------|----------------|
| Ensayo | Antes | | | | | |
| | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica |
| | °C | | <i>uS/cm</i> | <i>mg/l</i> | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> |

| | | | | | | |
|-----------|------|-----|--------|-------|------|--------------|
| 9 | 25.7 | 8.3 | 1560.0 | 781.0 | 11.8 | 352.0 |
| 10 | 25.9 | 8.2 | 1555.0 | 775.0 | 11.4 | 352.0 |
| 11 | 25.7 | 8.1 | 1562.0 | 779.0 | 11.5 | 352.0 |
| 12 | 25.6 | 8.1 | 1564.0 | 781.0 | 12.3 | 352.0 |
| 13 | 24.4 | 7.9 | 1522.0 | 770.0 | 13.5 | 376.0 |
| 14 | 24.2 | 7.9 | 1526.0 | 775.0 | 13.2 | 376.0 |
| 15 | 24.3 | 8.0 | 1531.0 | 758.0 | 12.3 | 376.0 |
| 16 | 24.3 | 7.9 | 1534.0 | 775.0 | 13.5 | 376.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano



Figura 3.12 Aplicación de lechada de cal

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se muestra en la Tabla 3.40 los parámetros finales de la dureza de calcio de S3 mejoraron en relación con la de S2, la dureza se disminuyó hasta 84 mg/l $CaCO_3$ se puede ver que la eficiencia de reducción de dureza de calcio se puede recuperar con la adición del coagulante de manera simultánea.

Tabla 3.40 Parámetros finales de S3

| Aplicación: Hidróxido de cal y coagulante simultáneamente | | | | | | | | |
|---|--------------|------|---------|-----|------------|-------|-----|----------------|
| Ensayo | Dosificación | | Después | | | | | |
| | CAL | COAG | T | pH | CE | TDS | t | Dureza cálcica |
| | mg/l | mg/l | °C | | $\mu S/cm$ | mg/l | NTU | mg/l |
| 9 | 0.5 | 20.0 | 24.9 | 7.9 | 1619.0 | 805.0 | 1.8 | 338.0 |
| 10 | 1.0 | 20.0 | 25.1 | 7.9 | 1624.0 | 804.0 | 1.8 | 330.0 |

| | | | | | | | | |
|-----------|-----|------|------|-----|--------|-------|-----|--------------|
| 11 | 1.5 | 20.0 | 25.2 | 8.0 | 1602.0 | 789.0 | 1.1 | 350.0 |
| 12 | 2.0 | 20.0 | 25.0 | 8.1 | 1499.0 | 739.0 | 1.2 | 258.0 |
| 13 | 2.0 | 20.0 | 25.0 | 8.2 | 1493.0 | 736.0 | 1.4 | 268.0 |
| 14 | 3.0 | 20.0 | 24.9 | 8.4 | 1320.0 | 649.0 | 1.2 | 144.0 |
| 15 | 4.0 | 20.0 | 24.9 | 9.0 | 1225.0 | 601.0 | 1.3 | 108.0 |
| 16 | 5.0 | 20.0 | 25.0 | 9.1 | 1223.0 | 598.0 | 2.0 | 84.0 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Dentro del desarrollo de la alternativa A2 se consideró medir como parámetro de evaluación la dureza total presente del agua por lo que se obtuvo los resultados de la Tabla 3.41

Tabla 3.41 Dureza total en la PTAP

| Proceso | DUREZA (mg/l) | | |
|--------------------|---------------|---------|----------|
| | Total | Cálcica | Magnesio |
| Ent. Planta | 446 | 376 | 70 |
| Sal Sed | 536 | 354 | 182 |
| Sal Filtr | 530 | 210 | 320 |
| Ant. Abland | 552 | 358 | 194 |
| Dsp. Abland | 540 | 366 | 174 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se observa en la Tabla 3.42 se tomaron como parámetros iniciales a la entrada de la planta, debido a que el desarrollo de la alternativa A2 se la realizó en ese punto de la PTAP.

Tabla 3.42 Determinación de la dureza total y de magnesio

| ENSAYO | Parámetros de dureza de S3 | | | |
|-----------|----------------------------|-------|-----------------|-------|
| | DUREZA TOTAL | | DUREZA MAGNESIO | |
| mg/l | Inicial | Final | Inicial | Final |
| 13 | 446 | 448 | 70 | 180.0 |
| 14 | 446 | 304 | 70 | 160.0 |
| 15 | 446 | 210 | 70 | 102.0 |
| 16 | 446 | 204 | 70 | 120.0 |

Se pudo observar un incremento en la dureza de magnesio por lo que se revisó el método de titulación usado en donde indicaba que este tipo de interferencia en la medición se genera por ciertos metales presentes en el agua, tales como:

- Aluminio
- Cobalto
- Cobre
- Hierro
- Manganeso
- Níquel
- Zinc

Se realizó un análisis de contenido de cobre en el agua debido a la naturaleza del agua tratada en la PTAP la cual se observa en la Tabla 3.43.

Tabla 3.43 Análisis de cobre

| Proceso | Cu (Abs) | |
|-------------|----------|-------|
| | Inicial | Final |
| Ent. Planta | 0.054 | 0.021 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano



Figura 3.13 Análisis de cobre realizado a la muestra de S3

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Se observa en la Figura 3.13 una disminución del contenido de cobre al realizar la simulación S3, con esto se corrobora que el cobre está siendo precipitado ocasionando un aumento del contenido de dureza total y de dureza por magnesio. Para la estimación de la contribución de mg/l $CaCO_3$ del cobre se utilizó la curva de calibración del cobre de la Figura 3.14, para luego poder determinar el contenido de cobre precipitado durante la simulación de S3 y convertirlo usando el método descrito provisto por la HACH en el “Hardness, Total 0-25.000 mg/l $CaCO_3$ ” obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 3.44:

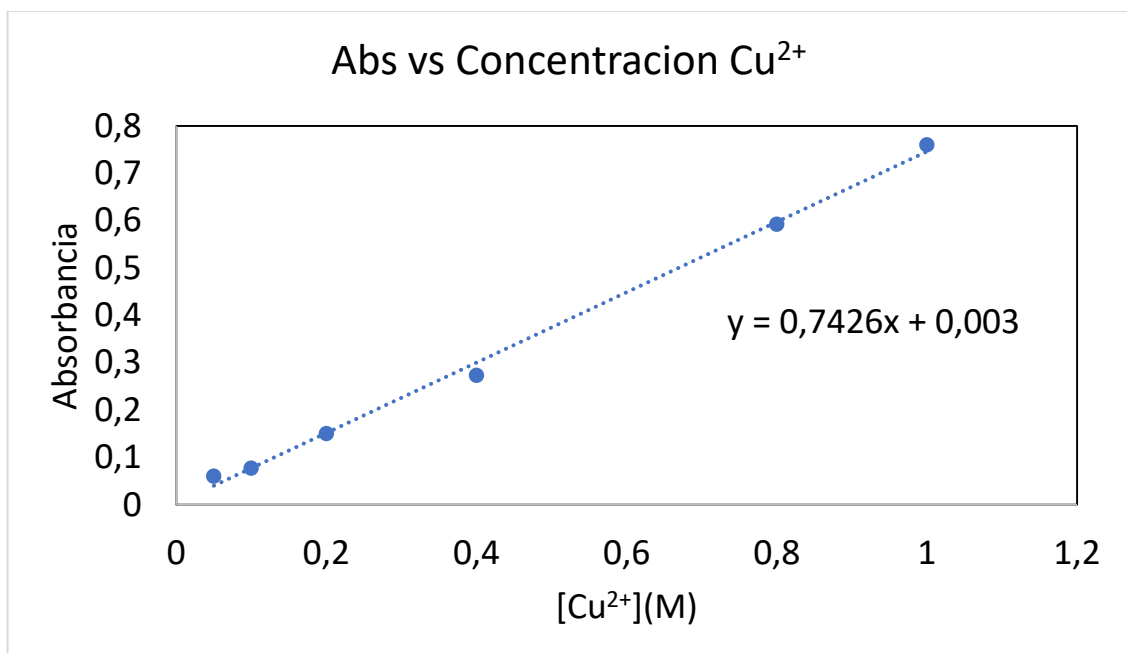


Figura 3.14 Curva de calibración del cobre

Fuente y Elaboración: Laboratorio de Sanitaria de ESPOL

Tabla 3.44 Estimación de la contribución de cobre

| Parámetro | Cu (Abs) | Cu (mg/l) | Factor de conversión | Cu (mg/l $CaCO_3$) |
|-----------|----------|-----------|----------------------|---------------------|
| Final | 0.021 | 24.239 | 1.575 | 38.176 |

Fuente y Elaboración: Salcedo y Sevillano

Con la contribución estimada de cobre se puede saber la dureza de magnesio presente en la muestra de agua, que resultado: ver Tabla 3.45

Tabla 3.45 Estimación de dureza por magnesio

| ENSAYO | Parámetros de dureza de S3 | | |
|--------|----------------------------|-------|-------|
| | DUREZA MAGNESIO | | |
| mg/l | Inicial | Cu | Final |
| 15 | 102.00 | 38.18 | 63.82 |

Fuente y Elaboración: Salcedo y Sevillano

3.4.3. Análisis y resultados

Después de realizar las simulaciones en el laboratorio se obtuvo que la eficiencia de la cal fue de alrededor del 70% como se observa en la Tabla 3.46 a continuación:

Tabla 3.46 Eficiencia de remoción de dureza cálcica de S1

| Eficiencia en remoción de dureza cálcica | |
|--|------------|
| ENSAYO | REACTOR |
| | % Remoción |
| 1 | 43 |
| 2 | 68 |
| 3 | 82 |
| 4 | 85 |
| PROMEDIO | 70 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

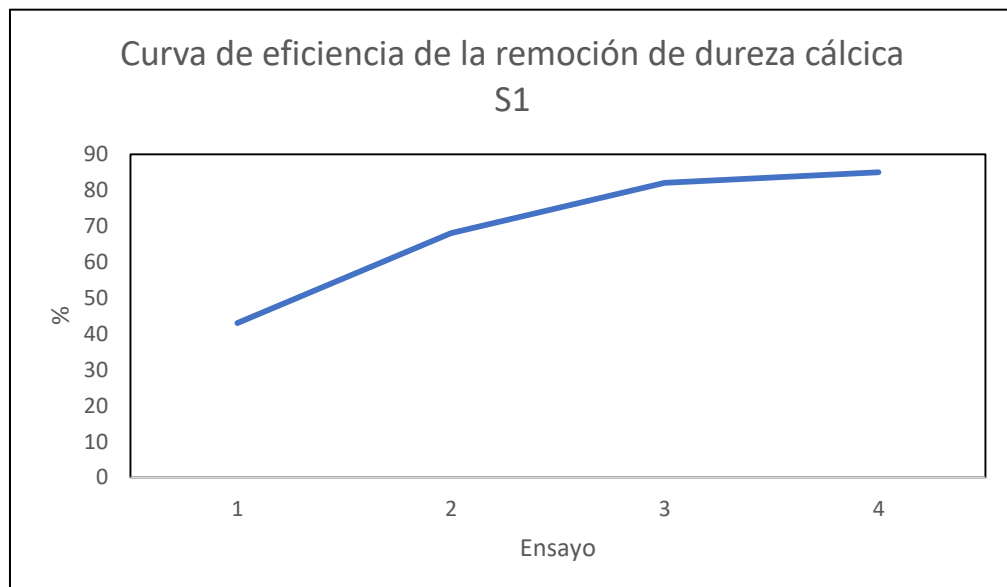


Figura 3.15 Porcentaje de eficiencia de S1

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Aunque se observa un excelente resultado de remoción en la Figura 3.15 es algo que no se busca en el proyecto debido que no queremos eliminar la dosificación de coagulante, y este produce un incremento de la turbidez inicial del agua.

Para la simulación S2 se notó que la eficiencia disminuía en presencia de la adición de coagulante después de 30 min, pero se podría mejorar esa eficiencia al usar el filtro de arena como se ve en la Tabla 3.47 a continuación:

Tabla 3.47 Eficiencia de remoción de dureza cálcica de S2

| Eficiencia en remoción de dureza cálcica | | | |
|--|------------|------------|------------|
| ENSAYO | CAL+COAG | FILTRO | TOTAL |
| | % Remoción | % Remoción | % Remoción |
| 5 | 15 | 25 | 36 |
| 6 | 22 | 31 | 47 |
| 7 | 25 | 22 | 41 |
| 8 | 31 | 26 | 49 |
| PROMEDIO | 23 | 26 | 43 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

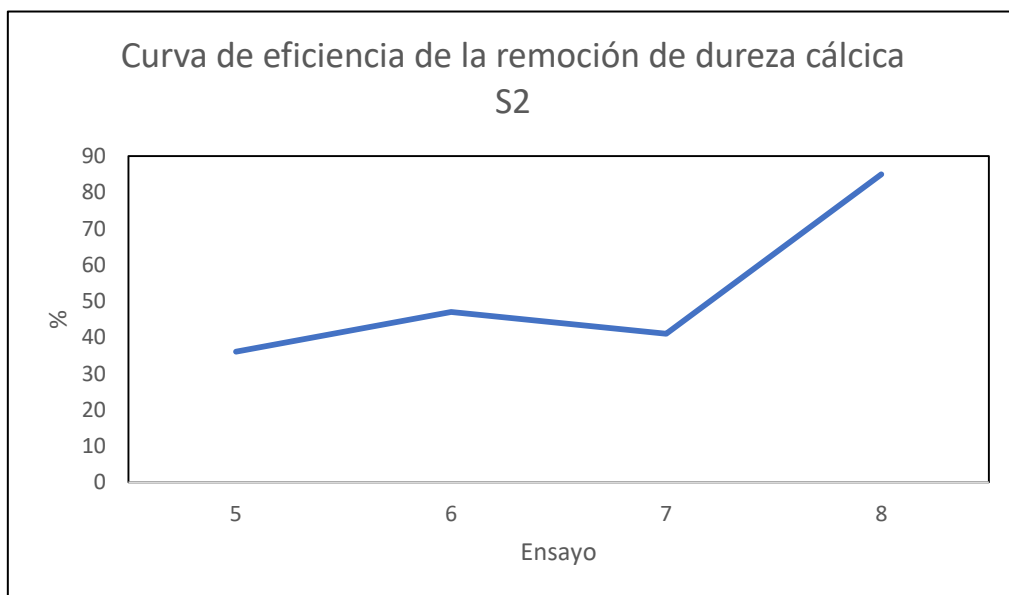


Figura 3.16 Porcentaje de eficiencia de S2

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se ve en la Figura 3.16 la combinación de S2 más el filtro de arena se obtiene un promedio de remoción del 43%, con un decrecimiento considerable en la remoción de la dureza cálcica. Esto se debe a la configuración de los químicos en donde un 26% será recuperado por los filtros de arena.

Debemos considerar que se tiene una remoción mínima del 23%, al momento de llevar a cabo la configuración de S2 que implicaría la colocación de uno o más trenes de tratamientos lo cual no sería factible para el desarrollo y ejecución del proyecto.

Para la simulación de S3 se realizaron dos pruebas (P1 y P2) en donde se aumentó las dosis esperando que la curva de eficiencia de remoción de la dureza aumente. Ver Tabla 3.48

Tabla 3.48 Eficiencia de remoción de dureza cálcica de S3

| Eficiencia en remoción de dureza cálcica | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|
| ENSAYO | % Remoción | | |
| | CAL+COAG | FILTRO | TOTAL |
| 9 | 4 | 26 | 30 |
| 10 | 6 | 26 | 32 |
| 11 | 1 | 26 | 27 |
| 12 | 27 | 26 | 53 |
| 13 | 29 | 26 | 55 |
| 14 | 62 | 26 | 88 |
| 15 | 71 | 26 | 97 |
| 16 | 78 | 26 | 104 |
| PROMEDIO | 60 | 26 | 86 |
| Se utilizó un promedio eficiencia del filtro | | | |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Curva de eficiencia de la remoción de dureza cálcica
S3

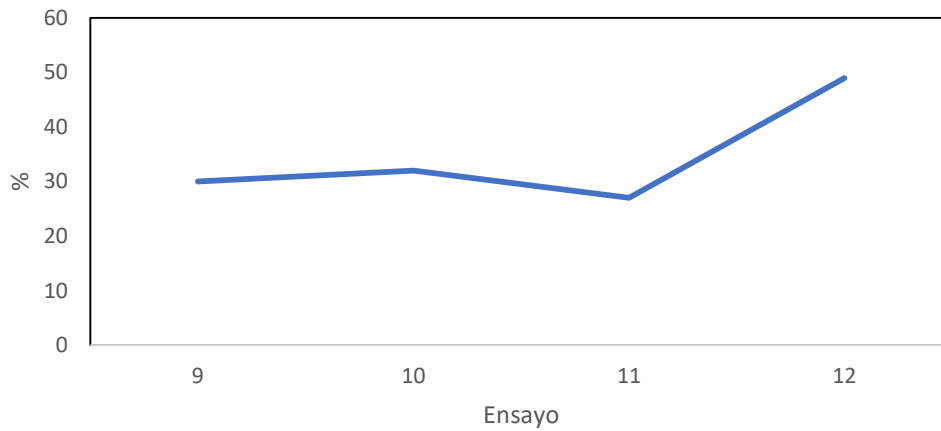


Figura 3.17 Porcentaje de eficiencia de S3 P1

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Curva de eficiencia de la remoción de dureza cálcica
S3

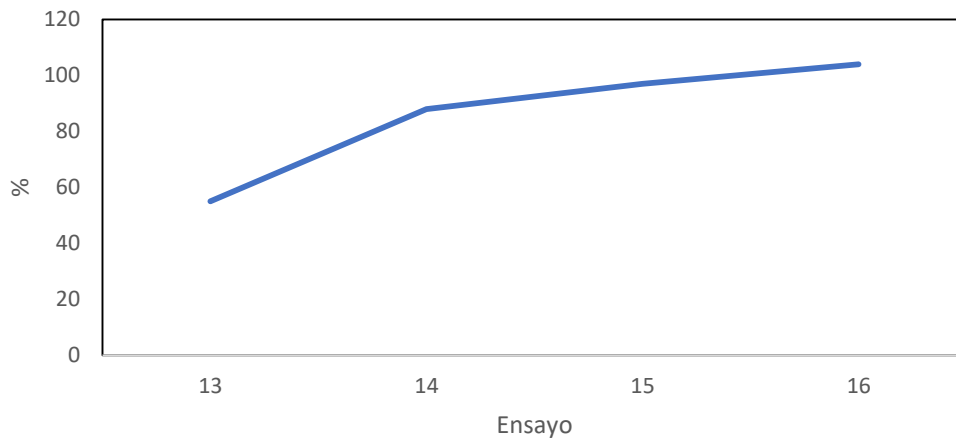


Figura 3.18 Porcentaje de eficiencia de S3 P2

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se aprecia en las Figuras 3.17 y 3.18 con la simulación de S3 se obtuvo un excelente porcentaje promedio de remoción del 60%, y al aumentar el filtro de arena se obtiene un porcentaje de remoción del 86%. Por lo cual esta opción sería la alternativa óptima para el desarrollo del proyecto.

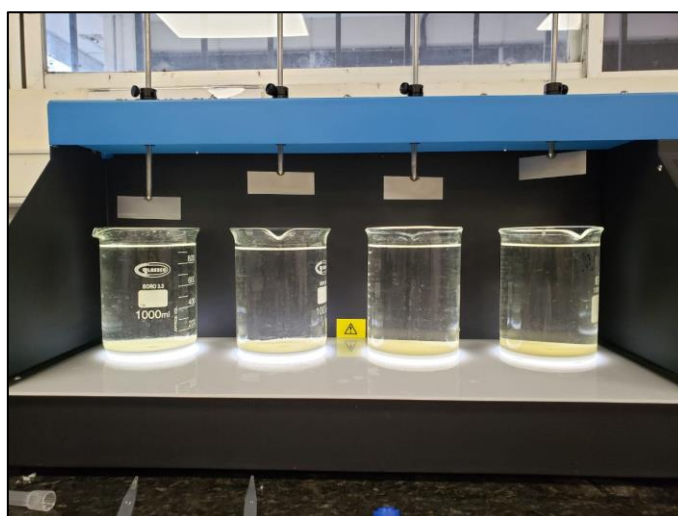


Figura 3.19 Simulación de S3

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

En la Figura 3.19 se puede apreciar como en la simulación de S3 se obtiene una alta precipitación de carbonatos los cuales generan el alto contenido de dureza presente en el agua de la PTAP.

Se analizó el contenido total de la dureza del agua para poder realizar la comparación con las respectivas normativas.

El análisis del contenido de dureza total se la realizo a la simulación de S3 donde se obtuvo excelentes resultados en la remoción de dureza cálcica, donde se pudo observar que con la dosis optima elegida de 4 mg/l de cal al 20% logramos los siguientes resultados: ver Tabla 3.49

Tabla 3.49 Eficiencia de remoción con 4 mg/l de cal al 20%

| Eficiencia en la remoción de dureza total | | | | | | |
|---|----------------|--------------|-------|-----------------|--------------|------|
| ENSAYO | DUREZA TOTAL | | | DUREZA MAGNESIO | | |
| | Inicial (mg/l) | Final (mg/l) | % | Inicial (mg/l) | Final (mg/l) | % |
| 15 | 446.00 | 210.00 | 53.00 | 70.00 | 63.82 | 8.89 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

En la Tabla 3.50 se puede observar de manera resumida los resultados obtenidos con la alternativa A2 con la dosificación de 4 mg/l de cal al 20%.

Tabla 3.50 Resultados de A2

| Eficiencia en la remoción de dureza | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|--------------|-------|-----------------|--------------|------|----------------|--------------|-------|
| ENSAYO | DUREZA TOTAL | | | DUREZA MAGNESIO | | | DUREZA CÁLCICA | | |
| | Inicial (mg/l) | Final (mg/l) | % | Inicial (mg/l) | Final (mg/l) | % | Inicial (mg/l) | Final (mg/l) | % |
| 15 | 446.00 | 210.00 | 53.00 | 70.00 | 63.82 | 8.89 | 376.00 | 108.00 | 71.00 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Finalmente, como se observa en la Figura 3.20 se obtuvo una disminución significativa para tanto para la dureza total y dureza cálcica con una eficiencia del 53% y 71% respectivamente, y un 9% para la dureza de magnesio con lo cual se corrobora los excelentes resultados obtenidos con la aplicación de cal al tratamiento de agua.

Dentro de esta alternativa se espera mejorar el rendimiento de la eficiencia de remoción debido al 26% que aporta el filtro de arena presente en la planta con lo que se esperaría una remoción de cerca del 70% para la dureza total y un 86% para la dureza cálcica.

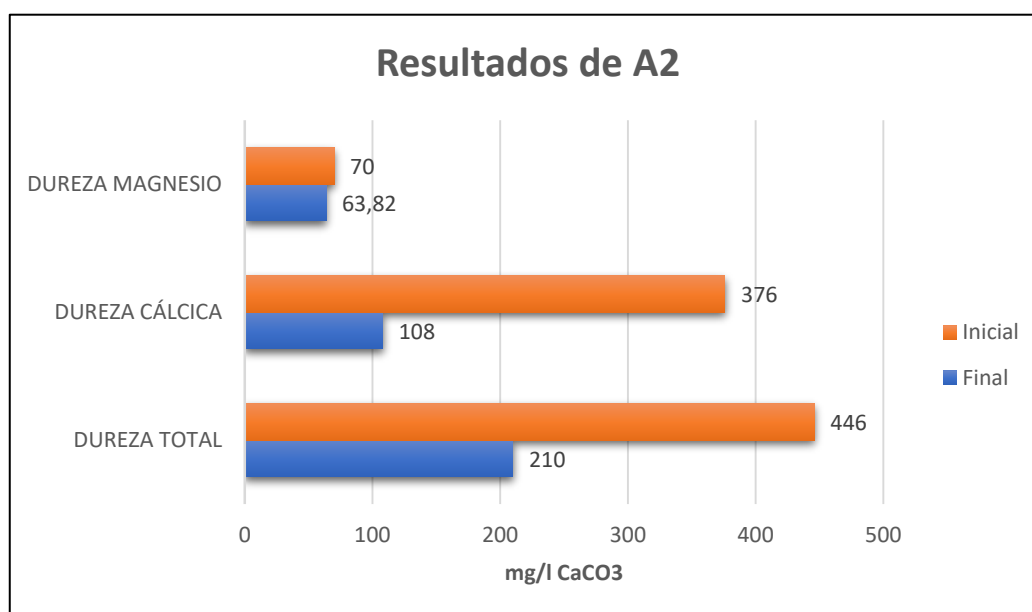


Figura 3.20 Remoción de dureza de la alternativa A2

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

3.5. A3: Aplicación de cal y uso de reactor

3.5.1. Consideraciones iniciales

Debido a las limitaciones presentadas en el prototipo del reactor de pellet, se desarrolló esta alternativa de manera teórica considerando la eficiencia obtenida con las alternativas A1 y A2 sin considerar la eficiencia proporcionada por el filtro de arena.

3.5.2. Análisis y resultados

Tabla 3.51 Estimación de eficiencia A3

| DUREZA CÁLCICA | | |
|----------------|----------------|-------|
| %Eficiencia A1 | %Eficiencia A2 | TOTAL |
| 47 | 60 | 107% |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se observa en la Tabla 3.51 al combinar las alternativas A1 y A2 se obtiene una remoción del 100% de manera teórica. A pesar de ser la opción con mayor remoción esta no resulta replicable debido a los aspectos considerados dentro de la selección de las alternativas analizadas en el capítulo 2.

3.6. Propuestas y soluciones técnicas

- Se recomienda revisar el estado de las tuberías dentro del sistema de tratamiento de agua potable y realizar el cambio de las mismas debido que en algunas partes como en la dosificación de los químicos se utilizan mangueras y no tuberías.
- Realizar una evaluación a cada uno de los trenes de tratamiento dentro de la planta sobre el estado y funcionamiento estructural de las mismas debido a que actualmente la planta va a cumplir su periodo de diseño.
- Se recomienda mantener una dosificación de 20 mg/l de coagulante para tener una buena eficiencia en el floculador hidráulico, debido a que esta fue la dosificación óptima desarrollada en el laboratorio obteniendo valores bajos de turbidez.
- Dentro de la planta es necesario tener un laboratorio de control donde se parametrize y se registre la calidad del agua en cada uno de los procesos

llevados a cabo, para mejorar la calidad del agua potable entregada por la planta.

- Es importante realizar un tratamiento de los lodos generados por la planta de tratamiento de agua potable, debido a que esto produce un impacto ambiental negativo por lo que es indispensable este tratamiento.
- El filtro de arena no está funcionando de manera adecuada por lo que se debe tomar mejores medidas de operación y mantenimiento reduciendo el tiempo que actualmente se da para realizar el retrolavado de los filtros.
- Se recomienda cambiar las bandejas de oxidación debida que estas se encuentran en mal estado. Al mejorar el estado de estas se recomienda colocar piedra caliza para que esta ayude en el tratamiento de ablandamiento del agua el cual es el principal problema dentro de la planta de tratamiento.

CAPITULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Objetivo

4.1.1. Objetivo General

Realizar el estudio preliminar de impacto ambiental del proyecto llamado “Diagnóstico, Optimización y Propuestas Técnicas para la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la zona rural en la Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia de Azuay” para identificar las principales afectaciones al ambiente y recomendar medidas de prevención que minimicen estas afectaciones.

4.1.2. Objetivos Específicos

1. Identificar las actividades del proyecto que afectan a los factores ambientales y generan impactos ambientales con el fin de minimizar la afectación al ambiente.
2. Elaborar un presupuesto y cronograma del plan de manejo ambiental para disminuir la afectación ambiental.
3. Concluir si la ejecución del presente proyecto representa un beneficio para la comunidad mediante el análisis de las actividades que deben realizarse dentro del proyecto.

4.2. Descripción del proyecto

La planta de tratamiento de agua potable de la parroquia San Cristóbal se encuentra funcionando desde hace doce años, por lo que está cerca de cumplir su periodo de diseño. Es por ello que se plantea un redimensionamiento de la misma. Además, los habitantes registran problemas de colmatación de las tuberías, por lo que surge la necesidad de una evaluación de los parámetros del agua tratada para conocer las condiciones con las que se está distribuyendo a la comunidad y así proponer soluciones técnicas para la operación y mantenimiento a futuro. Revisar Anexo A

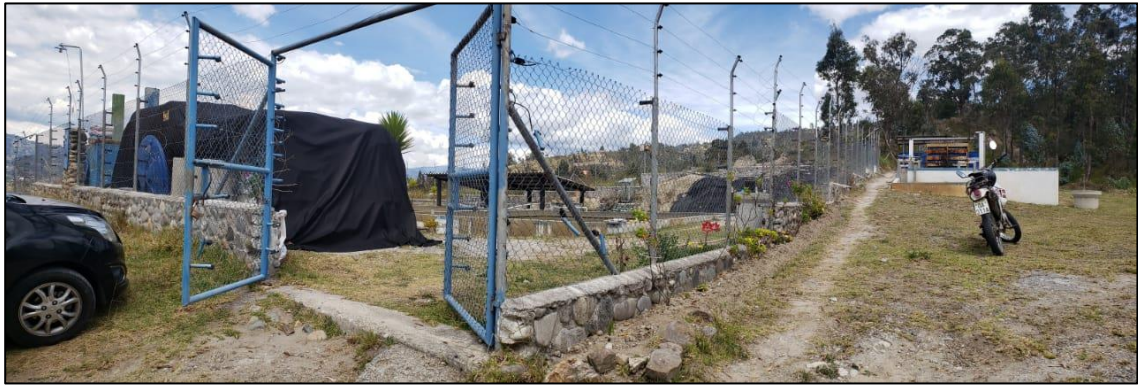


Figura 4.1 Vista panorámica de la PTAP El Descanso

Fuente: Salcedo – Sevillano

4.2.1. Ubicación geográfica

Para la ubicación geográfica del proyecto se facilitará información de las coordenadas del mismo, las cuales deben estar en sistemas de coordenadas WSG82 zona 17 detalladas en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1 Datos geográficos

| Ubicación Geográfica | | |
|---------------------------------|-----------|----------------|
| SISTEMA DE COORDENADAS (WGS-84) | | |
| ESTE (X) | NORTE (Y) | ALTITUD (msnm) |
| 736664,2 | 9687132,7 | 2400 |
| 736708,4 | 9687144,2 | |
| 736712,7 | 9687114,4 | |
| 736674,7 | 9687105,9 | |
| PROVINCIA | CANTON | PARROQUIA |
| Azuay | Paute | San Cristóbal |
| TIPO DE ZONA | | Rural |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Las comunidades de Bellavista, Cristo Rey, El Descanso, Guachún, La Victoria, La Pampa Negra y Pueblo Nuevo, forman parte de la Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay, tal como se muestra en la Figura 4.2. Las cuales están ubicadas a una distancia de cerca de 25 Km, de la cabecera cantonal, lo que nos da un tiempo aproximado de 30 min por la vía asfaltada Paute-El Descanso.

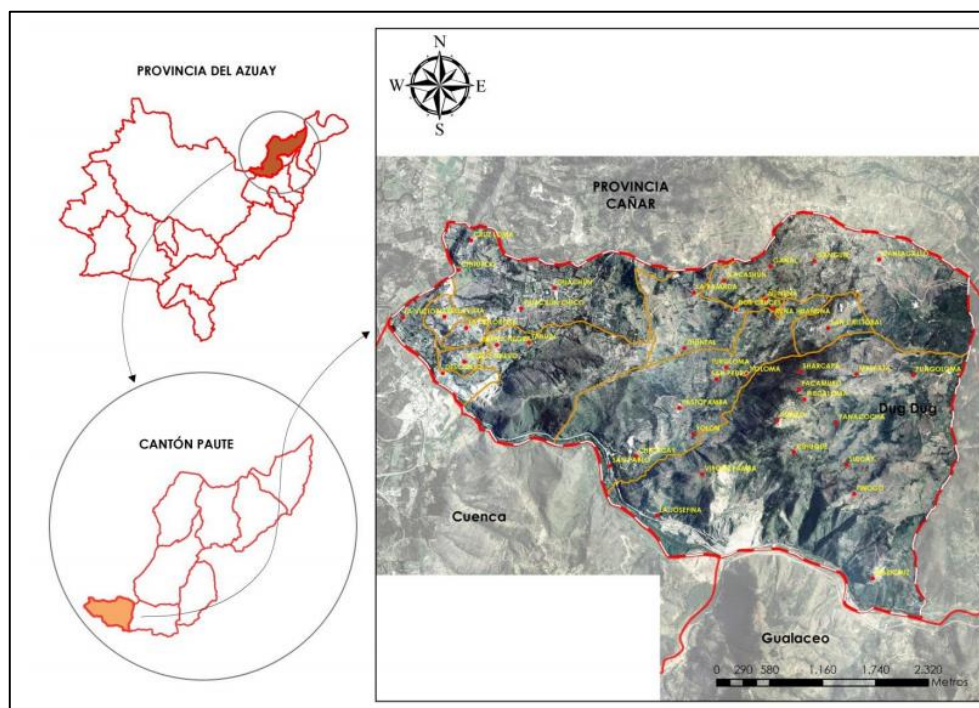


Figura 4.2 Ubicación geográfica

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial San Cristóbal, 2015

4.3. Categoría del estudio ambiental

En la Tabla 4.2 se observa que el presente proyecto de acuerdo al Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (CCAN) del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) entra en la categoría de: Construcción y/u operación de plantas de potabilización de agua con capacidad menor o igual 600 l/s. La actividad al tratarse de una “Construcción y/u operación de plantas de potabilización de agua” necesita de un registro ambiental como se observa en la Figura 4.3.

Tabla 4.2 Detalle según catálogo del SUIA

| ACTIVIDAD ECONOMICA Según Catálogo de proyecto, obra o actividad) | |
|--|---|
| Código de catalogo | |
| 23.4.2 | Construcción de proyectos de ingeniería hidráulica y gestión del agua |
| 23.4.2.1 | Proyectos de agua potable |
| 23.4.2.1.3 | Potabilización |
| 23.4.2.1.3.2 | Construcción y/u operación de plantas de potabilización de agua con capacidad menor o igual 600 l/s |

Fuente: Sistema Único de Información Ambiental (SUIA)

Elaboración: Salcedo – Sevillano

Consulta de Actividades Ambientales

Para conocer la Actividad Ambiental a la que pertenece su proyecto, el proceso que corresponde (Registro Ambiental o Licencia Ambiental), el tiempo de emisión y los costos que genera, haga clic en buscar.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Descripción de la actividad | CONSTRUCCIÓN Y/U OPERACIÓN DE PLANTAS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA |
| Su trámite corresponde a un(a) | REGISTRO AMBIENTAL |
| Tiempo de emisión | Inmediato. |
| Costo del trámite | 180.0 dólares (Tiene un costo adicional si existe remoción de cobertura vegetal nativa) |

Especifique el rango de operación *

litros/ segundo (l/s)

Figura 4.3 Identificación de actividad provista por el SUIA

Fuente: Sistema Único de Información Ambiental (SUIA)

4.4. Certificado de intersección

El certificado de intersección es un documento proporcionado por el Ministerio de Ambiente el cual se obtiene a través del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), cuyo propósito es certificar si un proyecto se encuentra o no dentro de una zona que sea parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Bosques Protectores (BP) o Patrimonio Forestal del Estado (PFE).

Tal como se observa en la Figura 4.4, el SUIA certifica que, de acuerdo con las coordenadas ingresadas en la plataforma, el área del presente proyecto no interseca con alguna zona protegida del país. Revisar Anexo B

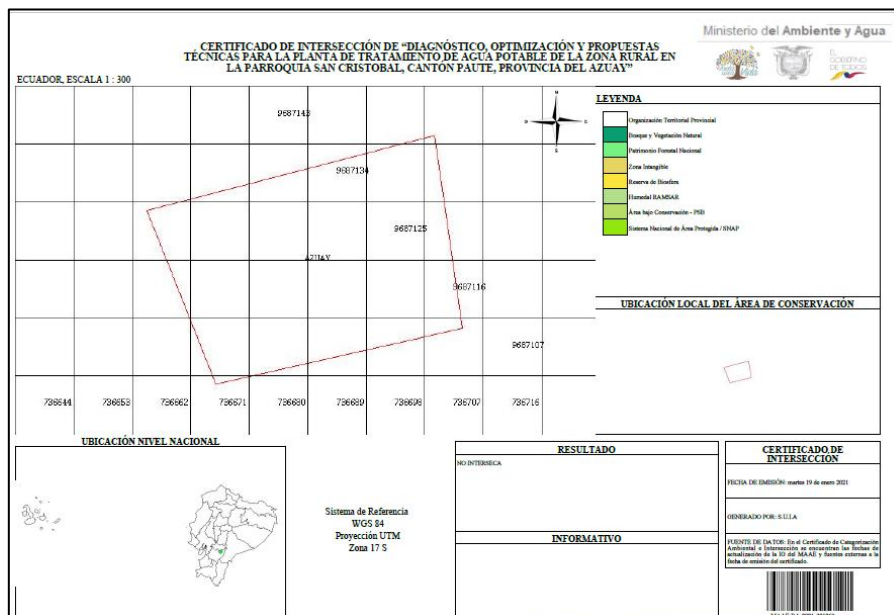


Figura 4.4 Mapa del Certificado de Intersección del proyecto

Fuente: Sistema Único de Información Ambiental (SUIA)

4.5. Línea base ambiental

A continuación, se detallan las condiciones de los medios: físico, biológico y socio-económico. La información ha sido basada en el documento Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San Cristóbal, cantón Paute, en el año 2015.

4.5.1. Medio Físico

4.5.1.1. Clima

En la parroquia San Cristóbal predomina el clima frío, tal como se muestra en la Figura 4.5, cuenta con dos rangos de temperatura promedio entre: 12 a 14°C y 14 a 16°C, las zonas han sido denominadas como de baja temperatura y de media temperatura, respectivamente. El rango de precipitaciones está entre 500 y 750 mm anuales. La humedad relativa se encuentra entre el 65 a 85%.

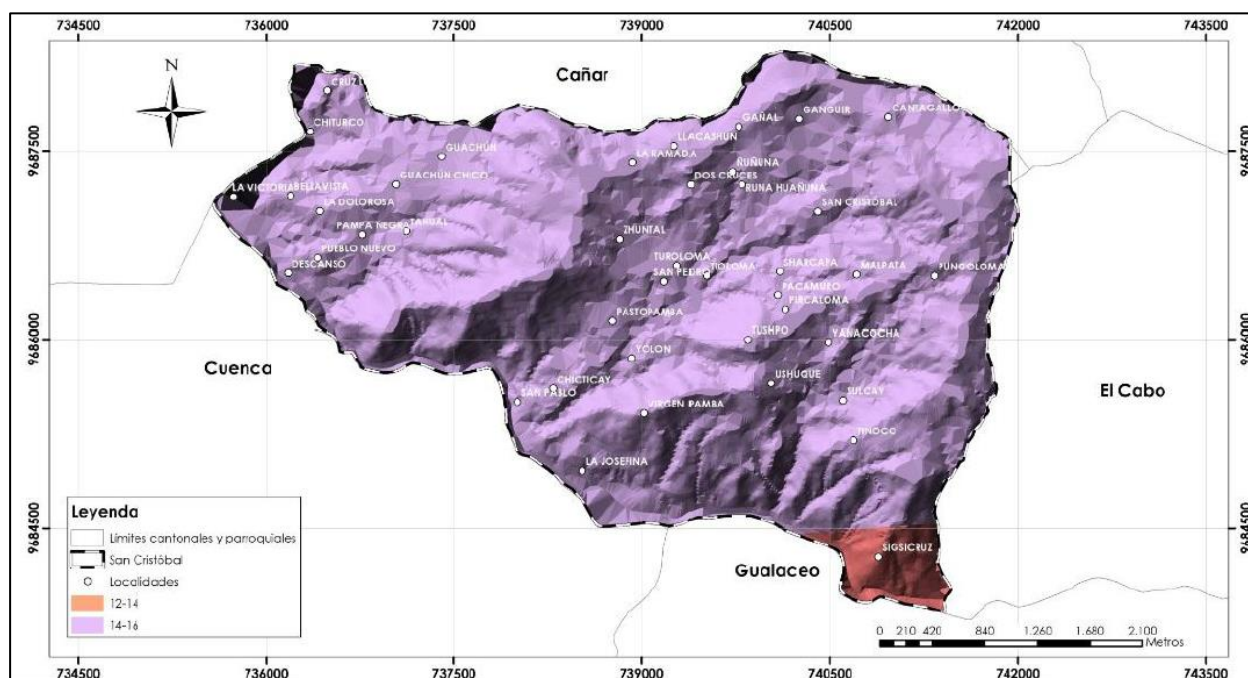


Figura 4.5 Mapa de isotermas de la parroquia San Cristóbal

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial San Cristóbal, 2015

4.5.1.2. Relieve

El terreno es bastante irregular y accidentado, presenta diversas características de relieve como: montañas, cerros, planicies, depresiones, valles, cañadas, cuencas. Dentro de la parte topográfica la parroquia es relativamente plana, especialmente en las zonas centrales del valle, donde se visualiza la presencia de quebradas y zonas semidesérticas. Predominando zonas de suelo rocoso en su mayoría, junto a terrenos áridos por falta de agua. La zona donde se encuentra ubicada la PTAP está ubicada al noroeste de la parroquia, la cual se encuentra entre 2325 -2600 m.s.n.m. tal como se muestra en la Figura 4.6.

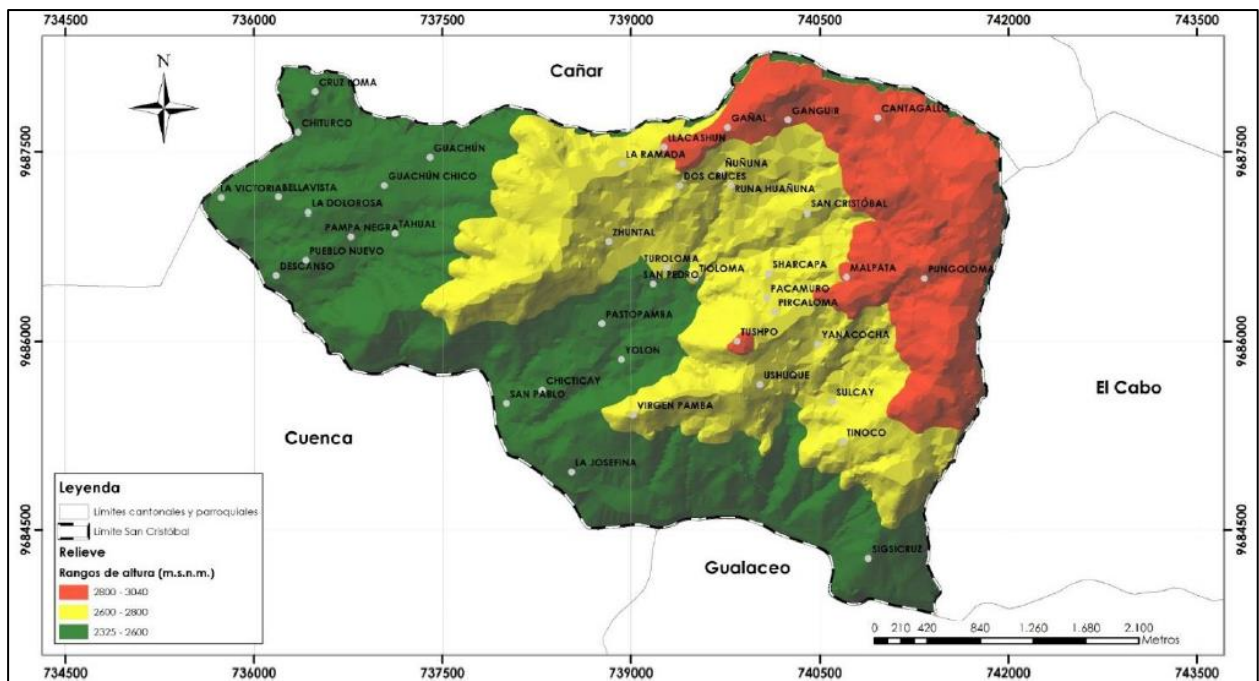


Figura 4.6 Mapa relieve de la parroquia San Cristóbal

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial San Cristóbal, 2015

4.5.1.3. Hidrografía

La parroquia tiene pocos afluentes activos debido a la morfología, características meteorológicas, ubicación, deforestación y desbroce de zonas para la agricultura.

Calidad del agua subterránea: Las principales causas que crean afectaciones en el agua son: alteración de los cursos naturales del agua, pastoreo en las zonas de captación, deforestación de la zona de recarga hídrica y uso inadecuado del recurso.

Según el Informe del Proyecto de agua potable para 7 comunidades de San Cristóbal el agua subterránea presenta un grado medio de mineralización acorde con las características de la zona en que se encuentra el acuífero, indica también una alta presencia de hierro, manganeso y califica el agua como dura.

Como se muestra en la Figura 4.7 el 37,17% de las viviendas tienen agua entubada proveniente de la red pública; el 10,73% la toman de un pozo; el 32,97% acceden al agua directamente del río, vertiente, acequia o canal; el 11,66% de carro repartidor y el 7,47% de las viviendas obtienen el agua de agua lluvia o albarrada.

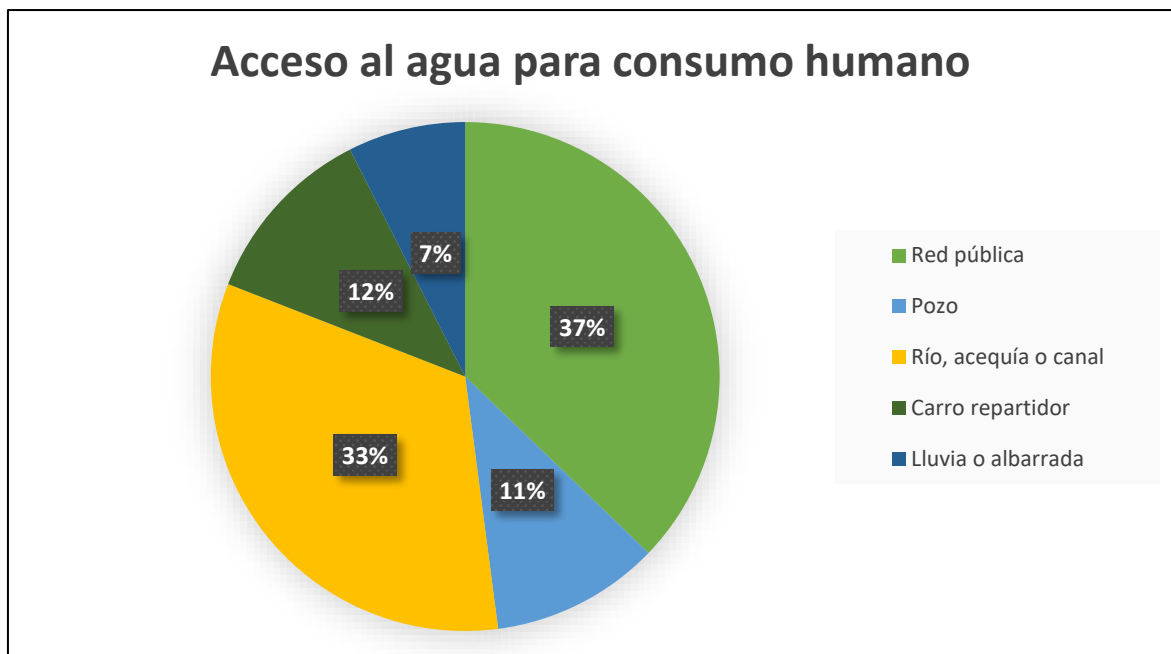


Figura 4.7 Distribución del acceso al agua para el consumo humano de los habitantes de la parroquia.

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial San Cristóbal, 2015

Elaboración: Salcedo – Sevillano

4.5.2. Medio Biológico

4.5.2.1. Flora, fauna y vegetación

Poseen las siguientes unidades de vegetación: vegetación de ribera, en los ríos Burgay y Paute, bosque montano, en la parte alta de la parroquia, matorral interandino, dispersos en toda la parroquia.

Existen especies representativas como: venados, conejos, raposos, chucurrillo, zorrillos, puerco espín y 23 especies de aves registradas.

4.5.3. Medio Socio-económico

4.5.3.1. Población económicamente activa

La densidad parroquial es de 1,41 habitantes por hectárea lo cual denota bajos niveles de ocupación en la parroquia y especialmente en sus comunidades.

Personas entre 15 y 64 años de edad, con ocupaciones como: cuenta propia (38%), empleado u obrero privado (27%), jornalero y peón (17%), los empleados u obrero público, socio, trabajador nuevo, no declarado o no remunerado representan valores de porcentajes muy bajos.

4.5.3.2. Perfil epidemiológico

Las enfermedades diarreicas ambulatorias y parasitosis se ubican entre las 10 principales causas de morbilidad; sin embargo, existen más casos de enfermedades diarreicas agudas que parasitosis. Según los integrantes de la Junta Parroquial, se asoció con la calidad del agua que consumen los habitantes, que según se manifestó: “la mayoría de la población no cuenta con acceso a agua potable y se abastecen de agua entubada, sin tratamiento o de la compra de agua a tanqueros”

4.6. Actividades del proyecto

Durante el desarrollo del proyecto se presentan tres actividades las cuales se generan de la necesidad de cumplir con los objetivos planteados en el capítulo 1. A continuación, se detallan cada una de ellas en la Tabla 4.3:

Tabla 4.3 Actividades del proyecto

| DESCRIPCION DE PROCESOS | |
|---|--|
| ACTIVIDAD | MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS |
| Diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento de agua potable de San Cristóbal. | Materiales y equipos de laboratorio: multiparamétrica, turbidímetro, espectrofotómetro, floculador, bomba de vacío, balanza. |
| Rediseño de la planta de agua potable de San Cristóbal (pre-factibilidad) | Materiales y maquinaria para la construcción de la ampliación de la planta: hormigón, |

| | |
|--|--|
| | acero, madera, retroexcavadora, hormigonera. |
| Soluciones técnicas de la operación y mantenimiento de la planta de agua potable de San Cristóbal | Sulfato de aluminio, hidróxido de calcio, cloro. |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

4.7. Identificación de impactos ambientales

Para la identificación de los impactos ambientales se consideraron cada una de las actividades a desarrollarse dentro del proyecto dando como resultado lo siguiente detallado en la Tabla 4.2:

Tabla 4.4 Impactos ambientales

| IMPACTOS POTENCIALES | |
|--|--------------------------------------|
| ACTIVIDAD | FACTOR |
| Diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento de agua potable de San Cristóbal. | Agua Socio-económico |
| Rediseño de la planta de agua potable de San Cristóbal (pre-factibilidad) | Acústico Suelo Socio-económico |
| Soluciones técnicas de la operación y mantenimiento de la planta de agua potable de San Cristóbal | Agua Socio-económico |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

4.8. Valoración de impactos ambientales

En la valoración se tomó en cuenta cada una de las actividades, así como, cada uno de los factores que repercutían de manera positiva o negativa dentro del desarrollo del proyecto, ver Tabla 4.3

Tabla 4.5 Valoración de los impactos potenciales

| VALORACIÓN DE IMPACTOS | | |
|---|-------------------------|---|
| ACTIVIDAD | FACTOR | IMPACTO |
| Diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento de agua potable de San Cristóbal. | Agua Socio-económico | Positivo, que permite conocer la calidad del agua potable que está recibiendo la población y si los parámetros analizados cumplen con lo establecido en la normativa vigente. |

| | | |
|--|--------------------------------------|--|
| Rediseño de la planta de agua potable de San Cristóbal (pre-factibilidad) | Acústico Suelo Socio-económico | Positivo, permitiendo abastecer de manera eficiente y aumentando el periodo de diseño de la planta, así como generar fuentes de trabajo en la zona promoviendo el desarrollo económico de la parroquia. Negativo, aumento de los niveles de ruido debido al uso de maquinaria, generación de escombros, interrupción temporal del proceso de potabilización del agua. |
| Soluciones técnicas de la operación y mantenimiento de la planta de agua potable de San Cristóbal | Agua Socio-económico | Positivo, pues se mejora el servicio que actualmente brinda la planta en el tratamiento de agua optimizando sus procesos y calidad del agua tratada. Negativo, incremento en la generación de lodos producto del proceso de adición de cal en el proceso de coagulación/floculación. |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

4.9. Medidas de mitigación

Como parte del estudio del impacto ambiental se propone un Plan de Manejo Ambiental (PMA) el mismo que debe ser revisado y evaluado, debido que lo propuesto a continuación solo contempla la pre-factibilidad del rediseño de la planta detallado en la Tabla 4.4:

Tabla 4.6 Plan de manejo ambiental (Pre-Factibilidad)

| PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) | | | | |
|---|--------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| Plan de relaciones comunitarias (PRC) | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha inicio | Fecha fin | Presupuesto |
| Información y participación ciudadana Informar a la comunidad, haciendo uso de publicidad indicando que existirán remodelaciones y mejoras en la PTAP | Contratista | mes 1 | mes 2 | UDS300 |
| Plan de manejo de desechos (PMD) | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha inicio | Fecha fin | Presupuesto |

| Ampliación de la planta Durante la construcción de la ampliación de la PTAP se debe tener un plan sobre el manejo de los escombros y desechos sólidos generados durante la construcción. | Contratista | mes 3 | mes 6 | UDS550 |
|--|--------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| Plan de comunicación y capacitación (PCC) | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha inicio | Fecha fin | Presupuesto |
| Capacitación Realizar talleres dirigidos al personal que opera y administra la planta para el adecuado manejo de las operaciones y los procesos unitarios. | Contratista | mes 5 | mes 6 | UDS300 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

También se presenta un cronograma valorado del PMA el cual se detalla en la Tabla 4.7:

Tabla 4.7 Cronograma valorado del PMA

| Cronograma del Plan de Manejo Ambiental | | | | | | | |
|--|--------------|---|---|---|---|---|-----------------|
| PMA | Meses | | | | | | Costo \$ |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Plan de relaciones comunitarias | X | X | | | | | \$300.00 |
| Plan de manejo de desechos | | | X | X | X | X | \$550.00 |
| Plan de comunicación y capacitación | | | | | X | X | \$300.00 |
| Costo Total | | | | | | | \$1150.00 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

4.10. Conclusiones y recomendaciones

- Según el Sistema Único de Información Ambiental, la categoría de impacto ambiental corresponde a un registro ambiental. Además, certifica que toda el área de implantación del presente proyecto no se encuentra dentro de zonas protegidas del Ecuador.
- El proyecto contribuye a la mejora de la calidad de vida de los usuarios; tanto en la salud debido a una mejora en la calidad del agua potable, como en el aspecto económico debido a que se solucionaría el problema de colmatación

de tuberías que provoca daños en los tubos de distribución y electrodomésticos.

- Se recomienda al promotor del proyecto realizar el trámite para la obtención del registro ambiental y así cumplir con las leyes del Gobierno de la República del Ecuador.
- Se puede concluir que, dentro del desarrollo del proyecto, las actividades a desarrollarse generan un impacto ambiental controlable y de valoración positiva para la parroquia.
- En la construcción del rediseño de la planta, en el cual este estudio ambiental está basado en estudios de pre-factibilidad desarrollados, se contempla implementar un control sobre los escombros y desechos sólidos generados en la construcción de la misma.
- Es importante tener en cuenta que este estudio de impacto ambiental está basado en las actividades constructivas de pre-factibilidad, por lo que se recomienda realizar uno en base a los estudios definitivos.

Se recomienda en futuras inspecciones, introducir un plan de manejo de lodos los cuales actualmente no se llevan a cabo de manera correcta dentro de la planta, el mismo que genera un impacto ambiental en los alrededores de la zona de ubicación de la PTAP.

CAPITULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1. Descripción de rubros

5.1.1. Limpieza del terreno

Se necesita hacer una limpieza previa del terreno para poder realizar la preparación del terreno donde se va a desarrollar el proyecto, donde se necesita sacar maleza que crece propia del terreno.

5.1.2. Tanque homogenizador

Debido a que, el tanque homogenizador es la única estructura que se construirá desde sus cimientos se deberá tomar en cuenta obras preliminares como: desbroce y limpieza del área y el desalojo de este material, además del trazado preliminar y excavación/relleno para nivelar la zona en que se ubicará el tanque. En cuanto a la componente estructural, se requerirá hormigón simple para el replantillo realizado en obra y hormigón premezclado $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con inhibidores de corrosión, aditivos y transportación a la zona del proyecto, acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y la impermeabilización del tanque. También debe incluir el material de encofrado y desencofrado, la instalación de la tapa metálica 0.60 x 0.60 m de la boca de vista. No se incluirá información sobre la línea de conducción como detalles de la tubería y accesorios requeridos.

5.1.3. Hidróxido de cal

El hidróxido de cal o conocido comúnmente con cal es la sustancia que cumplirá con la labor de ablandar el agua. Comúnmente se vende por sacos laminados de polipropileno de 25 ó 50 kg, los cuales permanecen inalterables hasta 3 meses de almacenados siempre y cuando el saco no posea daños físicos y se conserven en un lugar seco, aireado, sin humedad, ni contacto con el agua.

5.1.4. Caseta de químicos

Para el desarrollo de la alternativa se necesita ampliar el espacio donde se realiza la adicción de químicos que se aplican en cada uno de los procesos del tratamiento del

agua. Por lo que se procederá a ampliar el espacio para colocar el tanque de donde se realizara la adición de cal al 20%.

5.1.5. Laboratorio de control

Es importante tener un laboratorio para poder monitorear cada uno de los procesos dentro de la PTAP y llevar un registro de los parámetros y calidad del agua. Por lo que se contempla la adecuación de un laboratorio donde se puedan llevar acabo las actividades antes mencionadas.

Tabla 5.1 Listado de rubros

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD |
|--------------|--|---------------|
| 1 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m2 |
| 2 | TANQUE HOMOGENIZADOR | |
| 2.01 | Excavación, relleno y desalojo para cimentación | m3. |
| 2.02 | Hormigón simple $f'c=180$ kg/cm ² - Replanteo | m3. |
| 2.03 | Losa de cimentación, $f'c= 280$ kg/cm ² | m3. |
| 2.04 | Hormigón simple $f'c= 280$ kg/cm ² | m3. |
| 2.05 | Acero de refuerzo $f'y=4200$ kg/cm ² | kg. |
| 2,06 | Encofrado y desencofrado | m2 |
| | | |
| 3 | HIDROXIDO DE CAL | |
| 3.01 | Dosificación por día | kg. |
| | | |
| 4 | CASETA DE QUIMICOS | |
| 4.01 | Losa de cimentación $f'c=280$ kg/cm ² | m3 |
| 4.02 | Tanque de agua- plastigama | u. |
| | | |
| 5 | LABORATORIO DE CONTROL | u |
| | | |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se observa en la Tabla 5.1 se encuentra detallado y en listado cada uno de los rubros que forman parte del desarrollo del proyecto.

5.2. Análisis de costos unitarios

Se tomó en consideración que dentro de cada rubro se consideraría como costo indirecto (CI) un 20% correspondiente a un 6% de gastos generales, un 4% de utilidades y un 10% de otros indirectos.

Tabla 5.2 Análisis de Precios Unitarios

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | Equipo | Mano de obra | Material | CD | CI (20%) | P. Unitario |
|----------|---|-----------|-------------|--------------|----------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m2 | 0.09 | 1.71 | - | 1.80 | 0.36 | 2.20 |
| 2 | TANQUE HOMOGENIZADOR | | | | | | | |
| 2.01 | Excavación, relleno y desalojo para cimentación | m3. | 6.63 | 1.86 | 0.30 | 8.79 | 1.76 | 10.55 |
| 2.02 | Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - Replanto | m3. | 2.34 | 11.99 | 76.38 | 90.72 | 18.14 | 109.00 |
| 2.03 | Losa de cimentación, f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 1.68 | 14.79 | 93.75 | 110.22 | 22.04 | 132.30 |
| 2.04 | Hormigón simple f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 2.57 | 15.35 | 76.38 | 94.30 | 18.86 | 113.50 |
| 2.05 | Acero de refuerzo f'y=4200kg/cm2 | kg. | 0.04 | 0.46 | 1.10 | 1.60 | 0.32 | 2.00 |
| 2,06 | Encofrado y desencofrado | m2 | 0.45 | 11.09 | 9.06 | 20.60 | 4.12 | 24.75 |
| | | | | | | | | |
| 3 | HIDROXIDO DE CAL | | | | | | | |
| 3.01 | Dosificación por día | kg. | 0.05 | - | 0.95 | 1.00 | 0.20 | 1.20 |
| | | | | | | | | |
| 4 | CASETA DE QUIMICOS | | | | | | | |
| 4.01 | Losa de cimentación f'c=280 kg/cm2 | m3 | 1.68 | 14.79 | 93.75 | 110.22 | 22.04 | 132.30 |
| 4.02 | Tanque de agua-plastigama | u. | 11.31 | - | 226.12 | 237.43 | 47.48 | 285.00 |
| | | | | | | | | |
| 5 | LABORATORIO DE CONTROL | u | | | | | | 3575.00 |
| | | | | | | | | |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se observa en la Tabla 5.2 se obtuvo el valor referencial unitario para cada uno de los rubros contemplados en la implementación del proyecto. Revisar Anexo C

5.3. Descripción de cantidades de obra

Para poder realizar la estimación del costo del proyecto es necesario conocer las cantidades de cada uno de los rubros como se detalla en la Tabla 5.3 a continuación:

Tabla 5.3 Cantidades de obra

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD |
|----------|-----------------------------|-----------|--------------|
| 1 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m2 | 23,76 |

| 2 | TANQUE HOMOGENIZADOR | | |
|----------|---|----------|----------|
| 2.01 | Excavación, relleno y desalojo para cimentación | m3. | 11,31 |
| 2.02 | Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - Replanto | m3. | 0,59 |
| 2.03 | Losa de cimentación, f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 2,39 |
| 2.04 | Hormigón simple f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 8,60 |
| 2.05 | Acero de refuerzo f'y=4200kg/cm2 | kg. | 278,96 |
| 2,06 | Encofrado y desencofrado | m2 | 90,97 |
| 3 | HIDROXIDO DE CAL | | |
| 3.01 | Dosificación por día | kg. | 23,00 |
| 4 | CASETA DE QUIMICOS | | |
| 4.01 | Losa de cimentación f'c=280 kg/cm2 | m3 | 0,98 |
| 4.02 | Tanque de agua- plastigama | u. | 1,00 |
| 5 | LABORATORIO DE CONTROL | u | 1 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

5.4. Valoración integral del costo del proyecto

Dentro de la valoración del proyecto se consideraron todas las mejoras propuestas dentro del desarrollo de la alternativa óptima para mejorar tanto la calidad del agua y la eficiencia de la planta de tratamiento.

Tabla 5.4 Costo referencial de las implementaciones del proyecto

| PRESUPUESTO REFERENCIAL: TABLA DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS | | | | | |
|---|---|---------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 1 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m2 | 23,76 | 2,20 | 52,272 |
| | SUBTOTAL | | | | 52,27 |
| 2 | TANQUE HOMOGENIZADOR | | | | |
| 2.01 | Excavación, relleno y desalojo para cimentación | m3. | 11,31 | 10,55 | 119,32 |
| 2.02 | Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - Replanto | m3. | 0,59 | 109,00 | 64,31 |
| 2.03 | Losa de cimentación, f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 2,39 | 132,30 | 316,20 |
| 2.04 | Hormigón simple f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 8,60 | 113,50 | 976,10 |
| 2.05 | Acero de refuerzo f'y=4200kg/cm2 | kg. | 278,96 | 2,00 | 557,92 |
| 2,06 | Encofrado y desencofrado | m2 | 90,97 | 24,75 | 2.251,51 |
| | SUBTOTAL | | | | 4.285,36 |
| 3 | HIDROXIDO DE CAL | | | | |
| 3.01 | Dosificación por día | kg. | 23,00 | 1,20 | 27,60 |

| | | | | | |
|----------|------------------------------------|----------|----------|----------------|----------------|
| | SUBTOTAL | | | | 27,60 |
| 4 | CASETA DE QUIMICOS | | | | |
| 4.01 | Losa de cimentación f'c=280 kg/cm2 | m3 | 0,98 | 132,30 | 129,65 |
| 4.02 | Tanque de agua- plastigama | u. | 1,00 | 285,00 | 285,00 |
| | SUBTOTAL | | | | 414,65 |
| 5 | LABORATORIO DE CONTROL | u | 1 | 3575,00 | 3575,00 |
| | SUBTOTAL | | | | 3.575,00 |
| | | | | Total | 8.354,88 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se observa en la Tabla 5.4 la implementación de las mejoras y soluciones técnicas a largo plazo para mejorar la eficiencia de la planta costaría alrededor de \$8.354,88 dólares.

Es importa recordar que el problema inmediato de la planta referente a la dureza del agua se lo soluciona con la aplicación de cal a la estructura actual de la planta por lo que se tiene un valor mensual del consumo de cal, detallado en la Tabla 5.5

Tabla 5.5 Gasto mensual de consumo de cal

| Rubro | Costo diario | Consumo mensual | Precio |
|-------------------------|--------------|-----------------|-----------|
| Hidróxido de cal | \$ 27.60 | 30 días | \$ 828.00 |

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

Como se observa en la Tabla 5.5 el costo mensual de la adición de cal representaría un valor de \$828.00 para mejorar la calidad de agua tratada en la planta.

5.5. Estructura de desglose de trabajo

Para el desarrollo óptimo del proyecto se consideró hacer una estructura de desglose de trabajo (EDT) para considerar cada una de las actividades llevadas a cabo estas se detallan en el Anexo D

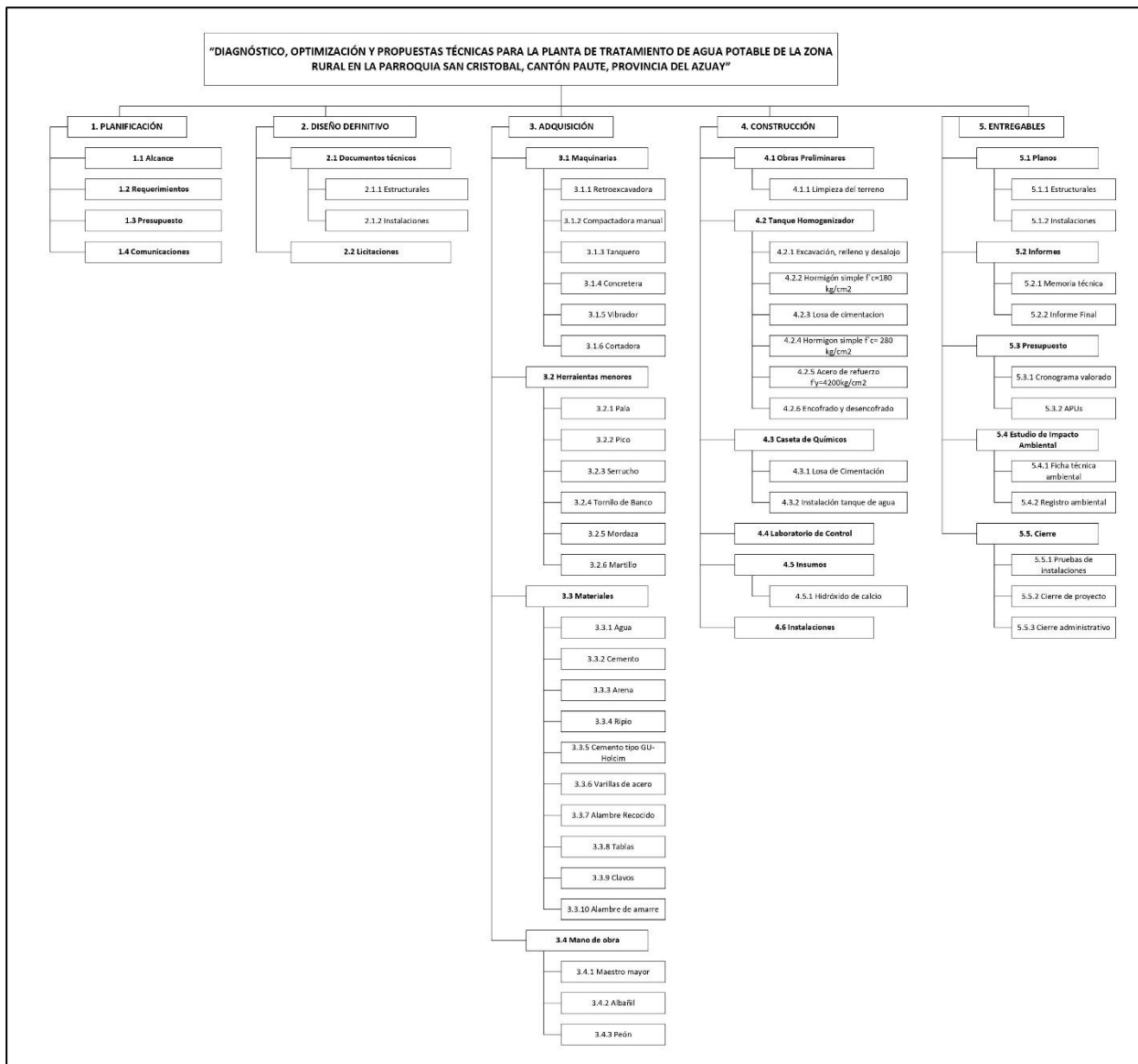


Figura 5.1 Estructura de desglose de trabajo

Fuente y Elaboración: Salcedo – Sevillano

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se pudo realizar el diagnóstico general de la planta donde se encontraron varias inconformidades tanto en operación y mantenimiento de la PTAP, dentro de ellos se evidenció el problema que presenta la planta en relación a la dureza presente en el agua, tanto en el momento de la captación, tratamiento y distribución del agua.
- El problema de la dureza dentro de la planta se puede atacar directamente con la implementación de un sistema de adición de hidróxido de cal, el cual presentó buenos resultados, siendo la alternativa desarrollada debido a la baja inversión inicial. Puesto que, esta aprovechaba la estructura actual de la PTAP.
- Se concluye que se puede mejorar la calidad del agua dentro de la planta si se realizan ciertas mejoras en la parte de la operación y mantenimiento que se le da a la PTAP.
- Se comprobó que la cal es un excelente químico el cual aparte de ayudar en la floculación presenta un alto porcentaje de remoción de la dureza presente en el agua, en el desarrollo de las alternativas se pudo obtener una eficiencia del 77% directamente sobre la dureza cálcica.
- La planta está próxima a cumplir su ciclo de diseño por lo que se debe hacer una inspección estructural de la misma y verificar que los trenes de tratamiento se encuentren aún en condiciones operativas.
- Se pudo comparar como varias alternativas pueden solucionar un problema, pero no es suficiente la innovación o lo novedosa que esta sea, siempre se tiene que realizar un avalúo de los factores tanto económicos y ambientales que estas generan.
- Se provee que con una mejor operación y mantenimiento de los filtros de arena que actualmente están trabajando en la planta, se aumente su eficiencia debida que se comprobó que esa arena contribuye de manera significativa con un 26% de remoción de dureza cálcica.

- Se concluye que se logró obtener agua potable dentro de los parámetros establecidos en la normativa ecuatoriana obteniendo un valor inferior del límite máximo permisible de 500 mg/l de dureza total y 108 mg/l de dureza cálcica, con lo que se disminuye el alto contenido de dureza presente en el agua entregada por la PTAP.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un mantenimiento general a la PTAP, en donde se revisasen cada uno de los trenes de tratamiento verificando el estado de los mismos, asegurando el funcionamiento correcto de los procesos u operaciones unitarias.
- Se recomienda realizar una ampliación de la planta para aumentar la capacidad de la misma y poder abastecer todo el requerimiento de agua potable requerido por la parroquia San Cristóbal
- Es importante realizar un estudio sobre la afectación causada por los minerales presentes en el agua y las razones por las que producen un aumento de la dureza en cada proceso u operación de la planta.
- Se recomienda tomar en consideración la implementación del laboratorio de control de calidad de agua dentro de la planta, debido que con este se puede llevar un mejor control y registro del agua tratada.
- Se recomienda realizar capacitaciones periódicas a los operarios que actualmente manejan la operación y mantenimiento dentro de la planta, para que puedan solventar o informar sobre desperfectos que se puedan generar dentro del funcionamiento de la PTAP.
- Es importante tener en consideración que la dosificación óptima con de la planta debería ser de 20 mg/l de coagulante lo cual nos ayuda a reducir la turbidez del afluente que ingresa a los filtros de carbono activo en la PTAP.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, R. (1997). Agua Potable Para Poblaciones Rurales. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Camacho, N. C. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 29, 153–224. <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/MANUALI/TOMOI/seis.pdf%5Cnhttp://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/5/CDAM0000012-5.pdf>
- Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (2015). Ministerio de Ambiente y Sistema de Único de Información Ambiental.
- Consulta de Actividades Ambientales – ambiente-agua. Suia.ambiente.gob.ec. (2021). Retrieved 9 January 2021, from http://suia.ambiente.gob.ec/?page_id=738.
- Garzon, N., & Rojas, A. (2018). *Estudio de prefactibilidad técnico económica de alternativas para la PTAP La Macarena en el municipio de Sibaté (Cundinamarca)*. Universidad de La Salle.
- Graveland, A., van Dijk, J. C., de Moel, P. J., & Oomen, J. H. C. M. (1983). Developments in water softening by means of pellet reactors. *Journal - American Water Works Association*, 75(12), 619–625. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1983.tb05247.x>
- Huertas, D. A. (2014). *Análisis de la calidad de agua del Río Cutuchi con base a variables físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos*. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595_1.pdf
- Janoudi, F. (2015). *UF1670 - Reparación de equipos mecánicos y eléctricos de plantas de ... - Fátima Janoudi Lagares - Google Libros (5.0)*. Editorial Elearning, S.L. https://books.google.com.ec/books?id=xcZWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Lárraga, B. (2016). Diseño del Sistema de Agua Potable para Augusto Valencia, Cantón Vinces, Provincia de los Ríos [Pontificia Universidad Católica Del Ecuador]. In *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOLÍVAR PATRICIO LÁRRAGA JURADO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, M., López, E., & Azabache, Y. (2018). Mejoramiento De La Calidad Del Agua a Partir De Tecnología De Tratamiento, Fortalecimiento De La Organización Comunal, En El Caserío Santa Cruz, Distrito De Pardo Miguel, Provincia De Rioja-San Martín. *Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto*, 73. <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2799/SANITARIA - Maryela López Pinedo & Eberth Carlos López Panduro.pdf?sequence=1>
- Mahvi, A. H., Shafiee, F., & Naddafi, K. (2005). Feasibility study of crystallization process for water softening in a pellet reactor. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 1(4), 301–304. <https://doi.org/10.1007/bf03325846>
- Manual de procedimientos para la elaboración de ficha ambiental (2013). Subsecretaría de Calidad Ambiental - MAE.
- Martínez, C. (2019). *Potabilización del agua*. EDITORIAL ELEARNING S.L. https://books.google.com.ec/books?id=XfIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Organización Mundial de la Salud. (2018). ANEXO 5: Métodos de tratamiento y eficacia. *Guías Para La Calidad Del Agua de Consumo de Humano*, 566–585.

- Pancorbo, F. (2010). *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación* (Marcombo). https://books.google.com.ec/books?id=ULYPNbQISxC&source=gbs_navlinks_s
- Pérez, L. (2005). *Teoría de la sedimentación*. 23.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. (2015). Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San Cristóbal. <http://gadparroquialmolleturo.gob.ec/azuay/?cat=11>
- Posada, E., Mojica, D., Pino, N., Bustamante, C., & Pineda, A. M. (2013). Establecimiento de índices de calidad ambiental de ríos con bases en el comportamiento del oxígeno disuelto y de la temperatura. aplicación al caso del río Medellín, en el valle de Aburrá en Colombia. *DYNA (Colombia)*, 80(181), 192–200.
- Pulido, H., & Carrillo, M. (2016). *DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA VEREDA DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA*. Universidad Católica de Colombia.
- Ramírez, F., & Uriarte, J. (2019). *Propuesta de un sistema de tratamiento para mejorar la calidad del agua residual de las piscinas municipales del Distrito de Baños del Inca – 2018..pdf*. UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO.
- Ramírez, L., Durán, M., García, J., Montuy, R., & Oaxaca, M. (2008). *Demanda Química de Oxígeno de muestras acuosas* (Vol. 1).
- Ramos-Ortega, L. M., Vidal, L. A., Sandra, V. Q., & Saavedra-Díaz, L. (2010). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biologica Colombiana*, 13(3), 87–98.
- Romero, M. (2008). Tratamientos Utilizados En La Potabilización De Agua. *Boletín Electronico Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar*, 08, 1–12.
- SENAGUA. (2016). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. *Secretaría Del Agua*, 1–44. https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf%0Ahttp://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf
- Sierra, C. (2012). CALIDAD DEL AGUA – Evaluación y diagnóstico –. In *Foreign Affairs* (Vol. 91, Issue 5).
- Stachetti, G., & Bruno, A. (2007). *Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales*. www.mgap.gub.uy/responsable
- Suni, E. (2017). Desarrollo del saneamiento básico sostenible en las comunidades de Totorani, Ccaluyo, Malliripata, Moroyo, Aricoma y Carhua del distrito de Ayaviri, provincia de Melgar - Puno [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*. ù
- Túnez, I., Aurora, G., & Fernández, E. (n.d.). 6. *pH y amortiguadores: Tampones fisiológicos*. 1–11.
- Van Dijk, J. C. (2007). Softening Water Treatment. *TU DELFT OpenCourseWare: Softening: Drinking Water Treatment 1, 2 mm*, 153–172. <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Softening-1.pdf>

PLANOS Y ANEXOS

Anexo A

FORMULARIO DE REGISTRO AMBIENTAL

| | |
|------------------|------------------------------|
| TRAMITE(suia) | Registro Ambiental |
| FECHA | 08-01-2021 |
| PROPONENTE | Ing. Jhonny Encalada Guachún |
| ENTE RESPONSABLE | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Registro Ambiental 1. <u>Información del proyecto</u> 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización | 1. INFORMACION DEL PROYECTO | | |
| | 1.1 PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD (Fases y nombre proyecto) | | |
| | "Diagnóstico, optimización y propuestas técnicas para la planta de tratamiento de agua potable de la zona rural en la parroquia San Cristóbal, cantón Paute, provincia del Azuay" | | |
| | 1.2 ACTIVIDAD ECONOMICA (Según Catalogo de proyecto, obra o actividad) | | |
| | Código de catalogo | Construcción y/u operación de plantas de potabilización de agua con capacidad menor o igual 600 l/s | |

| | | | |
|---|--|-----------|----------------|
| Registro Ambiental 1. Información del proyecto | 2. DATOS GENERALES | | |
| | SISTEMA DE COORDENADAS (WGS-84) | | |
| | ESTE (X) | NORTE (Y) | ALTITUD (msnm) |
| | 736664,2 | 9687132,7 | 2400 |

| | | | |
|---|---|---------------|-------------------------------|
| 2. <u>Datos generales</u> | 736708,4 | 9687144,2 | |
| 3. Marco legal referencial | 736712,7 | 9687114,4 | |
| 4. Descripción del proceso | | | |
| 5. Descripción del área de implantación | 736674,7 | 9687105,9 | |
| 6. Principales impactos ambientales | ESTADO DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD (FASE) | | |
| 7. Plan de manejo ambiental (PMA) | | | Construcción |
| 8. Inventario forestal | X | | Rehabilitación y/o Ampliación |
| 9. finalización | X | | Operación y mantenimiento |
| | | | Cierre y Abandono |
| | | | |
| | PROVINCIA | CANTON | PARROQUIA |
| | Azuay | Paute | San Cristóbal |
| | TIPO DE ZONA | | |
| | Urbana | | |
| | Rural | x | |

| | | | |
|---|--|--|---|
| 1. Información del proyecto 2. <u>Datos generales</u> 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización | DATOS DEL PROMOTOR | | |
| | NOMBRE | | |
| | Ing. Jhonny Encalada Guachún | | |
| | CORREO ELECTRONICO DEL PROMOTOR | | TELEFONO/CELULAR |
| | jrencala@espol.edu.ec | | 099 990 1711 |
| | DOMICILIO DEL PROMOTOR | | |
| | Simón Bolívar 138 - Paute – Azuay | | |
| | CARACTERISTICAS DE LA ZONA | | |
| | Infraestructura: | | |
| | | | |
| | X | | Otros: oficina, pozos, diques, reservorios, redes de distribución |
| | | | |
| DESCRIPCION DE LA ZONA | | | |
| <p>En la zona predomina el clima frío, con una temperatura media de 16°C. Dentro de la parte topográfica la Parroquia es relativamente plana, especialmente en la ubicación hacia el centro del valle, donde se observa quebradas y zonas semidesérticas. Debido a esto el asentamiento poblacional se concentra en los sectores inclinados. Posee pocos remanentes de bosques nativos dentro de las zonas altas, proliferando extensas zonas de pastizales y evidenciando infraestructuras</p> | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---------------|---|--|---|------------------|-----|
| inadecuadas alrededor de quebradas y pendientes. Predominando zonas de suelo rocoso en su mayoría, junto a terrenos áridos por falta de agua. | | | | | | | |
| ESPACIO FISICO DEL PROYECTO | | | | | | | |
| Área del proyecto (m ²) | | 997 | | Área de implantación (m ²) | | 997 | |
| Agua potable | x | SI | | NO | Consumo de agua por mes (m ³) | | 140 |
| Energía eléctrica | X | SI | | NO | Consumo energía eléctrica por mes (Kw/h) | | --- |
| Acceso vehicular | X | SI | | NO | Tipo de vías: | Vías Principales | |
| Alcantarillado | | SI | X | NO | | Vías Secundarias | x |
| SITUACION DEL PREDIO | | | | | | | |
| | | Alquiler | | | | | |
| | | Concesionadas | | | | | |
| | | Propia | | | | | |
| | | x | | Otros | | | |

| | |
|--|--|
| 3. MARCO LEGAL REFERENCIAL | |
| Usted deberá ajustarse al siguiente marco legal | |
| NORMATIVAS | |
| <p>Registro Ambiental</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. <u>Marco legal referencial</u> 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización | <p>Constitución de la República del Ecuador</p> <p>Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i>. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.</p> <p>Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.</p> <p>Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural</p> <p>Ley de Gestión Ambiental</p> <p>Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.</p> <p>Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo</p> <p>Ley de Fomento y Desarrollo Agropecuario</p> <p>Art. ...- Los centros agrícolas, cámaras de agricultura y organizaciones campesinas sujetas de crédito del Banco Nacional de Fomento y las empresas importadoras de maquinaria, equipos, herramientas e implementos de uso agropecuario, nuevos de fábrica, podrán también importar dichos bienes reconstruidos o repotenciados, que no se fabriquen en el país, dotados de los elementos necesarios para prevenir la contaminación del medio ambiente, previa autorización del Ministerio de Agricultura y</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>Ganadería, con la obligación de mantener una adecuada provisión y existencia de repuestos para estos equipos, así como del suministro de servicios técnicos de mantenimiento y reparación durante todo el período de vida útil de estos bienes, reconociéndose como máximo para el efecto, el período de diez años desde la fecha de la importación. El Ministerio de Agricultura y Ganadería sancionará a las empresas importadoras de equipos reconstruidos o repotenciados, que no suministren inmediatamente los repuestos o servicios, con una multa de mil a cinco mil dólares de los Estados Unidos de Norteamérica y, dichas empresas quedarán obligadas a indemnizar al comprador tanto por daño emergente como por lucro cesante, por todo el tiempo que la maquinaria o equipos estuvieren paralizados por falta de repuestos o servicios de reparación</p> <p>Acuerdo Ministerial 134</p> <p>Mediante Acuerdo Ministerial 134 publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 812 de 18 de octubre de 2012, se reforma el Acuerdo Ministerial No. 076, publicado en Registro Oficial Segundo Suplemento No. 766 de 14 de agosto de 2012, se expidió la Reforma al artículo 96 del Libro III y artículo 17 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3516 de Registro Oficial Edición Especial No. 2 de 31 de marzo de 2003; Acuerdo Ministerial No. 041, publicado en el Registro Oficial No. 401 de 18 de agosto de 2004; Acuerdo Ministerial No. 139, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 164 de 5 de abril de 2010, con el cual se agrega el Inventario de Recursos Forestales como un capítulo del Estudio de Impacto Ambiental</p> <p>Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas</p> <p>Art. 150.- Los constructores y contratistas respetarán las ordenanzas municipales y la legislación ambiental del país, adoptarán como principio la minimización de residuos en la ejecución de la obra. Entran dentro del alcance de este apartado todos los residuos (en estado líquido, sólido o gaseoso) que genere la propia actividad de la obra y que en algún momento de su existencia pueden representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores o del medio ambiente.</p> <p>Art. 151.- Los constructores y contratistas son los responsables de la disposición e implantación de un plan de gestión de los residuos generados en la obra o centro de trabajo que garantice el cumplimiento legislativo y normativo vigente</p> <p>Acuerdo Ministerial No. 061</p> <p>Art. 262 "De los Informes Ambientales de Cumplimiento.- Las actividades regularizadas mediante un Registro Ambiental serán controladas mediante un Informe Ambiental de Cumplimiento, inspecciones, monitoreos y demás establecidos por la Autoridad Ambiental Competente.</p> <p>Estos Informes, deberán evaluar el cumplimiento de lo establecido en la normativa ambiental, plan de manejo ambiental, condicionantes establecidas en el permiso ambiental respectivo y otros que la autoridad ambiental lo establezca. De ser el caso el informe ambiental contendrá un Plan de Acción que contemple medidas correctivas y/o de rehabilitación.</p> <p>Art. 263 De la periodicidad y revisión.- Sin perjuicio que la Autoridad Ambiental Competente pueda disponer que se presente un Informe Ambiental de Cumplimiento en cualquier momento en función del nivel de impacto y riesgo de la actividad, una vez cumplido el año de otorgado el registro ambiental a las actividades, se deberá presentar el primer informe ambiental de cumplimiento; y en lo posterior cada dos (2) años contados a partir de la presentación del primer informe de Cumplimiento.</p> <p>Reglamento para Funcionamiento de Aeropuertos en Ecuador</p> <p>Ordenanza que Regula la Aplicación del Subsistema de Manejo Ambiental, Control y Seguimiento Ambiental en el cantón Guayaquil</p> <p>Marco Regulatorio Ambiental del Sector Agua y Saneamiento.</p> <p>He leído y comprendo las Normativas <input checked="" type="checkbox"/></p> |
|--|--|

| | |
|--|------------------------------------|
| | 4. DESCRIPCION DE PROCESOS – FASES |
|--|------------------------------------|

| Registro Ambiental | MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS | ACTIVIDAD | IMPACTOS POTENCIALES |
|--|--|---|--|
| 1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. <u>Descripción del proceso</u> 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización | Materiales y equipos de laboratorio: Multiparamétrica Turbidímetro Espectrofotómetro Floculador Bomba de vacío Balanza | Diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento de agua potable de San Cristóbal. | Positivo, que permite conocer la calidad del agua potable que está recibiendo la población y si los parámetros analizados cumplen con lo establecido en la normativa vigente. |
| | Materiales y maquinaria para la construcción de la ampliación de la planta: Hormigón Acero Madera Retroexcavadora Hormigonera | Rediseño de la planta de agua potable de San Cristóbal (pre-factibilidad) | Positivo, permitiendo abastecer de manera eficiente y aumentando el periodo de diseño de la planta, así como generar fuentes de trabajo en la zona promoviendo el desarrollo económico de la parroquia. Negativo, aumento de los niveles de ruido debido al uso de maquinaria, generación de escombros, interrupción temporal del proceso de potabilización del agua. |
| | Sulfato de aluminio, hidróxido de calcio, cloro. | Soluciones técnicas de la operación y mantenimiento de la planta de agua potable de San Cristóbal | Positivo, pues se mejora el servicio que actualmente brinda la planta en el tratamiento de agua optimizando sus procesos y calidad del agua tratada. Negativo, incremento en la generación de lodos producto del proceso de adición de cal en el proceso de coagulación/floculación. |

| | |
|--------------------|---|
| Registro Ambiental | 5. DESCRIPCION DEL AREA DE IMPLANTACION |
| | CLIMA |

1. Información del proyecto
2. Datos generales
3. Marco legal referencial
4. Descripción del proceso
5. Descripción del área de implantación
6. Principales impactos ambientales
7. Plan de manejo ambiental (PMA)
8. Inventario forestal
9. Finalización

Clima Cálido – húmedo
 Cálido – seco

Tipo de Suelo

Tipo de suelo Arcilloso Arenosos
 Francos Rocosos
 Saturados Otros

Pendiente del Suelo

Pendiente del suelo Llano (pendiente menor al 30%) Montañoso (terreno quebrado)
 Ondulado (pendiente mayor al 30%)

Demografía (población más cercana)

Demografía Entre 0 y 1.000 hbts. Entre 1.001 y 10.000 hbts.
 Entre 10.001 y 100.000 hbts. Más de 100.000 hbts.

Registro Ambiental

1. Información del proyecto
2. Datos generales
3. Marco legal referencial
4. Descripción del proceso
5. Descripción del área de implantación
6. Principales impactos ambientales
7. Plan de manejo ambiental (PMA)
8. Inventario forestal
9. Finalización

Abastecimiento de agua población

Abastecimiento de agua población Agua lluvia Agua potable
 Conexión domiciliaria Cuerpo de aguas superficiales
 Grifo publico Pozo profundo
 Tanquero

Evacuación de aguas servidas población

Evacuación de aguas servidas población

| | | | |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Alcantarillado | <input type="checkbox"/> | Cuerpos de aguas superficiales |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Fosa séptica | <input type="checkbox"/> | Letrina |
| <input type="checkbox"/> | Ninguno | | |

Electrificación

Electrificación

| | | | |
|--------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------|
| <input type="checkbox"/> | Planta eléctrica | <input checked="" type="checkbox"/> | Red publica |
| <input type="checkbox"/> | Otra | | |

Vialidad y acceso a la población

Vialidad y acceso a la población

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Caminos vecinales | <input type="checkbox"/> | Vías principales |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Vías secundarias | <input type="checkbox"/> | Otras |

Organización social

Organización social

| | | | |
|-------------------------------------|---|--------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Primer grado (comunal, barrial, urbanización) | <input type="checkbox"/> | Segundo grado (Cooperativa, Pre-cooperativa) |
| <input type="checkbox"/> | Tercer grado (Asociaciones, recintos) | | |

Componente fauna

Piso zoo geográfico donde se encuentra el proyecto

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Tropical Noroccidental (0-800 msnm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Tropical Oriental (0-800 msnm) |

Grupos faunísticos

| | | | |
|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------|
| <input type="checkbox"/> | Anfibios | <input checked="" type="checkbox"/> | Aves |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Insectos | <input checked="" type="checkbox"/> | Mamíferos |
| <input type="checkbox"/> | Peces | <input type="checkbox"/> | Reptiles |

| |
|--|
| |
|--|

Ninguna

| 6. PRINCIPALES IMPACTOS | | | |
|--|---|----------------------------|--|
| MATERIALES E INSUMOS | | | |
| Registro Ambiental | ACTIVIDAD | FACTOR | IMPACTO |
| 1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. <u>Principales impactos ambientales</u> 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. Inventario forestal 9. Finalización | Diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento de agua potable de San Cristóbal. | Agua Población | Positivo, que permite conocer la calidad del agua potable que está recibiendo la población y si los parámetros analizados cumplen con lo establecido en la normativa vigente. |
| | Rediseño de la planta de agua potable de San Cristóbal (pre-factibilidad) | Aire Suelo Población | Positivo, permitiendo abastecer de manera eficiente y aumentando el periodo de diseño de la planta, así como generar fuentes de trabajo en la zona promoviendo el desarrollo económico de la parroquia. Negativo, aumento de los niveles de ruido debido al uso de maquinaria, generación de escombros, interrupción temporal del proceso de potabilización del agua. |
| | Soluciones técnicas de la operación y mantenimiento de la planta de agua potable de San Cristóbal | Agua Suelo Población | Positivo, pues se mejora el servicio que actualmente brinda la planta en el tratamiento de agua optimizando sus procesos y calidad del agua tratada. Negativo, incremento en la generación de lodos producto del proceso de adición de cal en el proceso de coagulación/floculación. |

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

| | | | | | | | |
|--|--|-----------------|---------------------|--------------|------------|--------------------|----------|
| Registro Ambiental 1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. <u>Plan de manejo ambiental (PMA)</u> 8. Inventario forestal 9. Finalización | 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (ingresar los planes que apliquen a su proyecto, obra o actividad) | | | | | | |
| | Plan de relaciones comunitarias (PRC) | | | | | | |
| | Actividad | Responsa | Fecha inicio | Fecha | fin | Presupuesto | |
| | Información y participación ciudadana Informar a la comunidad, haciendo uso de publicidad indicando que existirán remodelaciones y mejoras en la PTAP | Contratista | mes 1 | mes 2 | UDS300 | | |
| | Plan de manejo de desechos (PMD) | | | | | | |
| | Actividad | Responsa | Fecha inicio | Fecha | fin | Presupuesto | |
| | Ampliación de la planta Durante la construcción de la ampliación de la PTAP se debe tener un plan sobre el manejo de escombros y desechos sólidos generados durante la etapa de construcción. | Contratista | Mes 3 | mes 6 | UDS550 | | |
| | Plan de comunicación y capacitación (PCC) | | | | | | |
| | Actividad | Responsa | Fecha inicio | Fecha | fin | Presupuesto | |
| | Capacitación Realizar talleres dirigidos al personal que opera y administra la planta para el adecuado manejo de las operaciones y los procesos unitarios. | Contratista | mes 5 | mes 6 | UDS300 | | |
| Cronograma del Plan de Manejo Ambiental | | | | | | | |
| PMA | Meses | | | | | | Costo \$ |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Plan de relaciones comunitarias | X | X | | | | | \$300 |
| Plan de manejo de desechos | | | X | X | X | X | \$550 |
| Plan de comunicación y capacitación | | | | | X | X | \$300 |

| 8. INVENTARIO FORESTAL | |
|--|--|
| Registro Ambiental 1. Información del proyecto 2. Datos generales 3. Marco legal referencial 4. Descripción del proceso 5. Descripción del área de implantación 6. Principales impactos ambientales 7. Plan de manejo ambiental (PMA) 8. <u>Inventario forestal</u> 9. Finalización | <p>¿Su proyecto tiene remoción de cobertura vegetal nativa?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO</p> |

Anexo B

CERTIFICADO DE INTERSECCIÓN

DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, 19 de enero de 2021

Sr/a.

SEVILLANO ZAMBRANO ESTEFANIA JAMILEX

En su despacho

CERTIFICADO DE INTERSECCIÓN CON EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP), PATRIMONIO FORESTAL NACIONAL Y ZONAS INTANGIBLES Y CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL PARA EL PROYECTO:**“DIAGNÓSTICO, OPTIMIZACIÓN Y PROPUESTAS TÉCNICAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA RURAL EN LA PARROQUIA SAN CRISTOBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY”****1.-ANTECEDENTES**

A través del Sistema Único de Información Ambiental – SUIA, el operador **SEVILLANO ZAMBRANO ESTEFANIA JAMILEX** del proyecto obra o actividad, adjunta el documento de coordenadas UTM en el sistema de referencia DATUM: WGS-84 Zona 17 Sur y solicita a esta Cartera de Estado el Certificado de Intersección con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Patrimonio Forestal Nacional y Zonas Intangibles y Categorización Ambiental; ubicado en:

| Provincia | Cantón | Parroquia |
|-----------|--------|-------------------------------------|
| AZUAY | PAUTE | SAN CRISTOBAL (CARLOS ORDOÑEZ LAZO) |

2.-CÓDIGO DE PROYECTO: MAAE-RA-2021-381260

El proceso de Regularización Ambiental de su proyecto debe continuar en: **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DEL AZUAY**, localizado en la Jurisdicción Territorial de la Provincia.

3.-RESULTADOS

Del proceso automático ejecutado a la información registrada en el Sistema Único de Información Ambiental - SUIA, se obtiene que el proyecto, obra o actividad “DIAGNÓSTICO, OPTIMIZACIÓN Y PROPUESTAS TÉCNICAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA RURAL EN LA PARROQUIA SAN CRISTOBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY”, **NO INTERSECA** con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Patrimonio Forestal Nacional y Zonas Intangibles.

4.-CATÁLOGO DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES:

De la información ingresada por el operador **SEVILLANO ZAMBRANO ESTEFANIA JAMILEX** del proyecto, obra o actividad; y de acuerdo al proceso de categorización ambiental automático en el SUIA, se determina que:

“DIAGNÓSTICO, OPTIMIZACIÓN Y PROPUESTAS TÉCNICAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA RURAL EN LA PARROQUIA SAN CRISTOBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY”, código CIU **F4100.20**, le corresponde: **CERTIFICADO AMBIENTAL**.

TIPO DE IMPACTO: NO SIGNIFICATIVO.

Yo, **SEVILLANO ZAMBRANO ESTEFANIA JAMILEX** con cédula de identidad **0932040611**, declaro bajo juramento que toda la información ingresada corresponde a la realidad y reconozco la responsabilidad que genera la falsedad u ocultamiento de proporcionar datos falsos o errados, en atención a lo que establece el artículo 255 del Código Orgánico Integral Penal, que señala: *“Falsedad u ocultamiento de información ambiental.- La persona que emita o proporcione información falsa u oculte información que sea de sustento para la emisión y otorgamiento de permisos ambientales, estudios de impactos ambientales, auditorías y diagnósticos ambientales, permisos o licencias de aprovechamiento forestal, que provoquen el cometimiento de un error por parte de la autoridad ambiental, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años”*.





SEVILLANO ZAMBRANO ESTEFANIA JAMILEX

La información geográfica utilizada para la emisión del presente Certificado de Intersección corresponde a:

Información Geográfica Oficial del MAAE:

- MAR TERRITORIAL (17/06/2020)
- OFICINAS_TECNICAS (09/07/2020)
- Área bajo Conservación - PSB (26/02/2020)
- Organización Territorial Provincial (26/02/2020)
- Humedal RAMSAR (26/02/2020)
- Bosque y Vegetación Natural (26/02/2020)
- Sistema Nacional de Área Protegida / SNAP (26/02/2020)
- Patrimonio Forestal Nacional (26/02/2020)
- Zona de Amortiguamiento Yasuni (26/02/2020)
- Zona Intangible (26/02/2020)
- Reserva de Biosfera (26/02/2020)
- ZONIFICACION SNAP (16/03/2020)
- LIMITE INTERNO 20 KM (17/03/2020)
- ECOSISTEMAS (26/02/2020)
- Cobertura y Uso de la Tierra (26/02/2020)

Nota: Información geográfica detallada disponible en el mapa interactivo del Ministerio del Ambiente y Agua.

La cobertura geográfica de corredores de conectividad se encuentra en desarrollo, sin embargo, conforme al RCOA esta cobertura geográfica si se considerará en el certificado ambiental.

Información Geográfica Oficial externa CONALI:

- ORGANIZACIÓN TERRITORIAL PROVINCIAL - (19/04/2019)
- ORGANIZACIÓN TERRITORIAL CANTONAL - (19/04/2019)
- ORGANIZACIÓN TERRITORIAL PARROQUIAL - (19/04/2019)

SISTEMA DE REGULARIZACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL.



Anexo C

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD |
|--------------|---|---------------|
| 1 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m3. |
| 2 | TANQUE HOMOGENIZADOR | |
| 2.01 | Excavación, relleno y desalojo para cimentacion | m3. |
| 2.02 | Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - Replanto | m3. |
| 2.03 | Losa de cimentacion, f'c= 280 kg/cm2 | m3. |
| 2.04 | Hormigon simple f'c= 280 kg/cm2 | m3. |
| 2.05 | Acero de refuerzo f'y=4200kg/cm2 | kg. |
| 2.06 | Encofrado y desencofrado | m2 |
| | | |
| 3 | HIDROXIDO DE CAL | |
| 3.01 | Dosificacion por dia | kg. |
| | | |
| 4 | CASETA DE QUIMICOS | |
| 4.01 | Losa de cimentacion f'c=280 kg/cm2 | m3 |
| 4.02 | Tanque de agua- plastigama | u. |
| | | |
| 5 | LABORATORIO DE CONTROL | u |
| | | |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Limpieza de terreno

UNIDAD: m2

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|-------------------|----------|--------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| | A | B | | | |
| Herramienta menor | | | | | 0,09 |

SUBTOTAL M

| MANO DE OBRA | | | | | |
|---------------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| | A | B | | | |
| Peon | 1,00 | 3,41 | 3,41 | 0,500 | 1,71 |

SUBTOTAL N 1,71

| MATERIALES | | | | |
|-------------------|--------|---------------|---------------|----------------|
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B |
| | | | | |

SUBTOTAL O 0,00

| TRANSPORTE | | | | |
|-------------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
| | | | | |

SUBTOTAL P

| | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|------|
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | Total CD: | 1,80 | |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | % 10,00% | % CD | 0,18 | |
| | OTROS INDIRECTOS | % 10,00% | % CD | 0,18 | |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | CD+U+I+CD | 2,15 |
| | VALOR OFERTADO | | | | 2,20 |

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE
LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Excavación, relleno y desalojo para cimentacion

UNIDAD: m3

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | | |
|--|----------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|--------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R | |
| | A | B | | | | |
| retroexcavadora | 1,00 | 30,00 | 30,00 | 0,125 | 3,75 | |
| compactadora manual | 1,00 | 3,00 | 3,00 | 0,125 | 0,38 | |
| tanquero | 1,00 | 20,00 | 20,00 | 0,125 | 2,50 | |
| SUBTOTAL M | | | | | 6,63 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R | |
| | A | B | | | | |
| Peon | 2,00 | 3,60 | 7,20 | 0,125 | 0,90 | |
| Albañil | 1,00 | 3,65 | 3,65 | 0,125 | 0,46 | |
| Maestro mayor | 1,00 | 4,04 | 4,04 | 0,125 | 0,51 | |
| SUBTOTAL N | | | | | 1,86 | |
| MATERIALES | | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B | | |
| Agua | m3 | 0,12 | 2,00 | 0,24 | | |
| SUBTOTAL O | | | | | 0,24 | |
| TRANSPORTE | | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B | | |
| Agua | m3 | 0,12 | 0,50 | 0,06 | | |
| SUBTOTAL P | | | | | 0,06 | |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | Total CD: | 8,79 |
| | | INDIRECTOS Y UTILIDADES % 10,00% | | | % CD | 0,88 |
| | | OTROS INDIRECTOS % 10,00% | | | % CD | 0,88 |
| | | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | CD+U+I+CD | 10,54 |
| FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso) | | VALOR OFERTADO | | | | 10,55 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - Replanteo

UNIDAD: m3

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|--|---------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| herramienta menor concretera | 1,00 | 2,10 | 2,10 | 0,830 | 0,60 1,74 |
| SUBTOTAL M | | | | | 2,34 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD A | JORNAL/HR B | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| Peon | 3,00 | 3,60 | 10,80 | 0,830 | 8,96 |
| Albañil | 1,00 | 3,65 | 3,65 | 0,830 | 3,03 |
| SUBTOTAL N | | | | | 11,99 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B | |
| Cemento | saco | 6,18 | 8,41 | 51,97 | |
| Arena | m3 | 0,65 | 11,00 | 7,15 | |
| Ripio | m3 | 0,95 | 18,00 | 17,10 | |
| Agua | m3 | 0,24 | 0,66 | 0,16 | |
| SUBTOTAL O | | | | | 76,38 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B | |
| | | | | | |
| SUBTOTAL P | | | | | |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | Total CD: | 90,72 |
| | | INDIRECTOS Y UTILIDADES | % | 10,00% | % CD 9,07 |
| | | OTROS INDIRECTOS | % | 10,00% | % CD 9,07 |
| | | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | CD+U+I+CD | 108,86 |
| FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso) | | VALOR OFERTADO | | | 109,00 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Losa de cimentacion, f'c= 280 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|----------------|----------|--------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| | A | B | | | |
| concretera | 1,00 | 2,10 | 2,10 | 0,800 | 1,68 |

SUBTOTAL M 1,68

MANO DE OBRA

| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
|---------------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| | A | B | | | |
| Peon | 3,00 | 3,60 | 10,80 | 0,800 | 8,64 |
| Albañil | 1,00 | 3,65 | 3,65 | 0,800 | 2,92 |
| Maresto mayor | 1,00 | 4,04 | 4,04 | 0,800 | 3,23 |

SUBTOTAL N 14,79

MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B |
|------------------------|--------|---------------|---------------|----------------|
| Cemento tipo GU-Holcim | saco | 8,25 | 8,41 | 69,38 |
| Arena | m3 | 0,65 | 11,00 | 7,15 |
| Ripio | m3 | 0,95 | 18,00 | 17,10 |
| Agua | m3 | 0,18 | 0,66 | 0,12 |

SUBTOTAL O 93,75

TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| | | | | |

SUBTOTAL P

| | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|--------|-----------|--------|
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | Total CD: | 110,22 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | % | 10,00% | % CD | 11,02 |
| | OTROS INDIRECTOS | % | 10,00% | % CD | 11,02 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | CD+U+I+CD | 132,27 |
| | VALOR OFERTADO | | | | 132,30 |

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE
LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Hormigon simple f'c= 280 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|----------------|----------|--------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| | A | B | | | |
| concretera | 1,00 | 2,10 | 2,10 | 0,830 | 1,74 |
| vibrador | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,830 | 0,83 |

SUBTOTAL M 2,57

MANO DE OBRA

| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
|---------------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| | A | B | | | |
| Peon | 3,00 | 3,60 | 10,80 | 0,830 | 8,96 |
| Albañil | 1,00 | 3,65 | 3,65 | 0,830 | 3,03 |
| Maresto mayor | 1,00 | 4,04 | 4,04 | 0,830 | 3,35 |

SUBTOTAL N 15,35

MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B |
|-------------|--------|---------------|---------------|----------------|
| Cemento | saco | 6,18 | 8,41 | 51,97 |
| Arena | m3 | 0,65 | 11,00 | 7,15 |
| Ripio | m3 | 0,95 | 18,00 | 17,10 |
| Agua | m3 | 0,24 | 0,66 | 0,16 |

SUBTOTAL O 76,38

TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| | | | | |

SUBTOTAL P

| | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------|--------|
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | Total CD: | 94,30 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | % 10,00% | % CD | 9,43 |
| | OTROS INDIRECTOS | % 10,00% | % CD | 9,43 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | CD+U+I+CD | 113,16 |
| | VALOR OFERTADO | | | 113,50 |

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE
LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Acero de refuerzo fy=4200kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|----------------|----------|--------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| cortadora | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 0,025 | 0,04 |

SUBTOTAL M 0,04

MANO DE OBRA

| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
|---------------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| Peon | 3,00 | 3,60 | 10,80 | 0,025 | 0,270 |
| Albañil | 1,00 | 3,65 | 3,65 | 0,025 | 0,091 |
| Maresto mayor | 1,00 | 4,04 | 4,04 | 0,025 | 0,101 |

SUBTOTAL N 0,46

MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|
| Acero varilla | kg | 1,05 | 0,95 | 1,00 |
| alambre recocido | kg | 0,10 | 1,00 | 0,10 |

SUBTOTAL O 1,10

TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| | | | | |

SUBTOTAL P

| | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|-----------|----------------|
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | Total CD: | 1,60 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | % | 10,00% | % CD 0,16 |
| | OTROS INDIRECTOS | % | 10,00% | % CD 0,16 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | CD+U+I+CD 1,92 |
| | VALOR OFERTADO | | | 2,00 |

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE
LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Encofrado y desencofrado

UNIDAD: m2

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|-------------------------------|----------|---------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| | A | B | | | |
| herramienta menor | | | | | 0,45 |
| SUBTOTAL M | | | | | 0,45 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| | A | B | | | |
| Peon | 3,00 | 3,60 | 10,80 | 0,600 | 6,480 |
| Albañil | 1,00 | 3,65 | 3,65 | 0,600 | 2,190 |
| Maresto mayor | 1,00 | 4,04 | 4,04 | 0,600 | 2,424 |
| SUBTOTAL N | | | | | 11,09 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B | |
| tabla dura 0,30m | u | 4,51 | 1,95 | 8,79 | |
| clavos | kg | 0,16 | 0,67 | 0,11 | |
| alambre de amarre No18 | kg | 0,20 | 0,80 | 0,16 | |
| SUBTOTAL O | | | | | 9,06 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B | |
| | | | | | |
| SUBTOTAL P | | | | | |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | | | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | Total CD: | 20,60 |
| | | | INDIRECTOS Y UTILIDADES % | 10,00% | % CD 2,06 |
| | | | OTROS INDIRECTOS % | 10,00% | % CD 2,06 |
| | | | COSTO TOTAL DEL RUBRO | CD+U+I+CD | 24,73 |
| | | | VALOR OFERTADO | | 24,75 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Dosificacion por día

UNIDAD: kg

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|-------------------|----------|--------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| Herramienta menor | | | | | 0,05 |

SUBTOTAL M 0,05

MANO DE OBRA

| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
|---------------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| | | | | | |

SUBTOTAL N 0,00

MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|
| Hidroxico de cal | kg | 1,00 | 0,95 | 0,95 |

SUBTOTAL O 0,95

TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| | | | | |

SUBTOTAL P

| | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------|------|
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | Total CD: | 1,00 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | % 10,00% | % CD | 0,10 |
| | OTROS INDIRECTOS | % 10,00% | % CD | 0,10 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | CD+U+I+CD | 1,20 |
| | VALOR OFERTADO | | | 1,20 |

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE

LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Losa de cimentacion f'c=280 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|----------------|----------|--------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| concretera | 1,00 | 2,10 | 2,10 | 0,800 | 1,68 |

SUBTOTAL M 1,68

MANO DE OBRA

| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
|---------------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|
| Peon | 3,00 | 3,60 | 10,80 | 0,800 | 8,64 |
| Albañil | 1,00 | 3,65 | 3,65 | 0,800 | 2,92 |
| Maresto mayor | 1,00 | 4,04 | 4,04 | 0,800 | 3,23 |

SUBTOTAL N 14,79

MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B |
|------------------------|--------|---------------|---------------|----------------|
| Cemento tipo GU-Holcim | saco | 8,25 | 8,41 | 69,38 |
| Arena | m3 | 0,65 | 11,00 | 7,15 |
| Ripio | m3 | 0,95 | 18,00 | 17,10 |
| Agua | m3 | 0,18 | 0,66 | 0,12 |

SUBTOTAL O 93,75

TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B |
|-------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| | | | | |

SUBTOTAL P

| | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|--------|-----------|--------|
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | Total CD: | 110,22 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES | % | 10,00% | % CD | 11,02 |
| | OTROS INDIRECTOS | % | 10,00% | % CD | 11,02 |
| | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | 132,27 |
| | VALOR OFERTADO | | | | 132,30 |

FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE
LEGAL (según el caso)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

RUBRO Tanque de agua- plastigama

UNIDAD:

DETALLE

| EQUIPOS | | | | | |
|--|---------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| Herramienta menor | | | | | 11,31 |
| SUBTOTAL M | | | | | 11,31 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION (CATEG) | CANTIDAD A | JORNAL/HR B | COSTO HORA C= A*B | RENDIMIEN TO R | COSTO D=C*R |
| | | | | | |
| SUBTOTAL N | | | | | 0,00 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | UNITARIO B | COSTO C=A*B | |
| tanque de agua | u | 1,00 | | 166,12 | |
| Sistema de mezcla | u | 1,00 | | 60,00 | |
| SUBTOTAL O | | | | | 226,12 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA B | COSTO C=A*B | |
| | | | | | |
| SUBTOTAL P | | | | | |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA | | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | Total CD: | 237,43 |
| | | INDIRECTOS Y UTILIDADES % | | 10,00% % CD | 23,74 |
| | | OTROS INDIRECTOS % | | 10,00% % CD | 23,74 |
| | | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | CD+U+I+CD | 284,91 |
| FIRMA DEL OFERENTE O SU REPRESENTANTE LEGAL (según el caso) | | VALOR OFERTADO | | | 285,00 |

TITULO
UBICACIÓN
FECHA

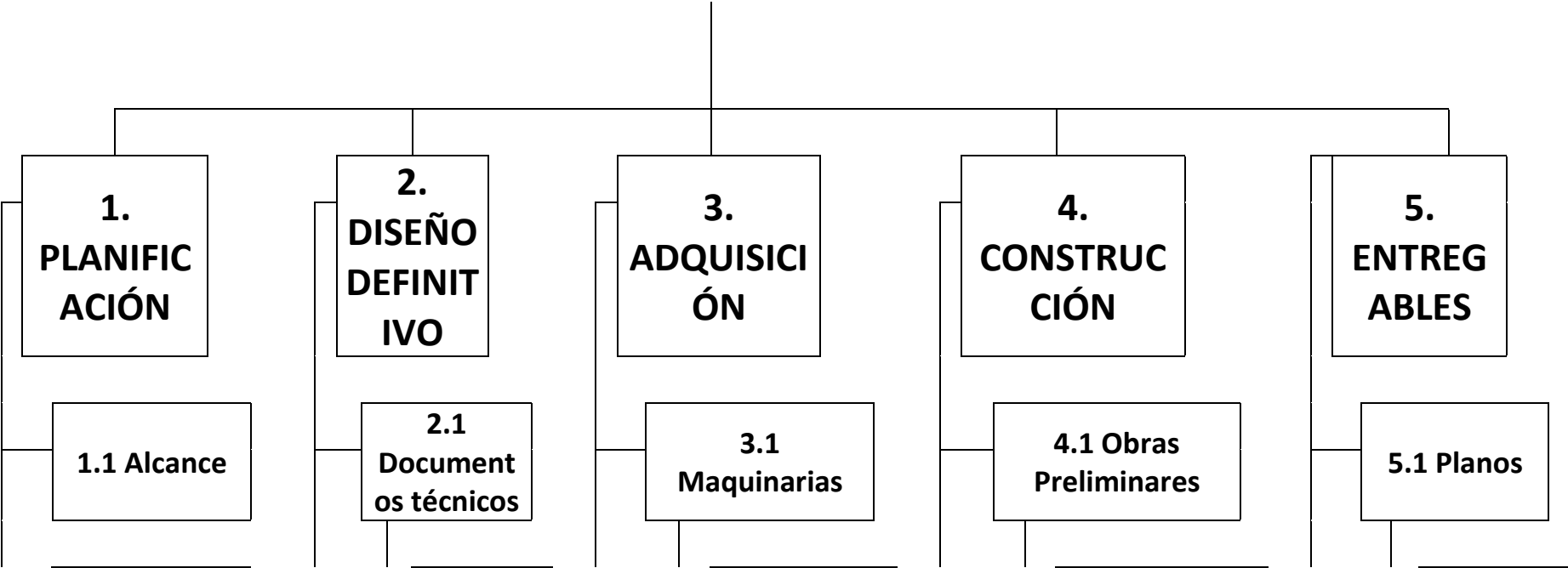
| PRESUPUESTO REFERENCIAL: TABLA DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS | | | | | |
|---|---|-----------|--------------|-----------------|-----------------|
| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 1 | LIMPIEZA DEL TERRENO | m2 | 23,76 | 2,20 | 52,272 |
| | SUBTOTAL | | | | 52,27 |
| 2 | TANQUE HOMOGENIZADOR | | | | |
| 2.01 | Excavación, relleno y desalojo para cimentacion | m3. | 11,31 | 10,55 | 119,32 |
| 2.02 | Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 - Replanteo | m3. | 0,59 | 109,00 | 64,31 |
| 2.03 | Losa de cimentacion, f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 2,39 | 132,30 | 316,20 |
| 2.04 | Hormigon simple f'c= 280 kg/cm2 | m3. | 8,60 | 113,50 | 976,10 |
| 2.05 | Acero de refuerzo f'y=4200kg/cm2 | kg. | 278,96 | 2,00 | 557,92 |
| 2.06 | Encofrado y desencofrado | m2 | 90,97 | 24,75 | 2.251,51 |
| | SUBTOTAL | | | | 4.285,36 |
| 3 | HIDROXIDO DE CAL | | | | |
| 3.01 | Dosificacion por dia | kg. | 23,00 | 1,20 | 27,60 |
| | SUBTOTAL | | | | 27,60 |
| 4 | CASETA DE QUIMICOS | | | | |
| 4.01 | Losa de cimentacion f'c=280 kg/cm2 | m3 | 0,98 | 132,30 | 129,65 |
| 4.02 | Tanque de agua- plastigama | u. | 1,00 | 285,00 | 285,00 |
| | SUBTOTAL | | | | 414,65 |
| 5 | LABORATORIO DE CONTROL | | | | |
| | SUBTOTAL | | 1 | 3575,00 | 3575,00 |
| | | | | | 3.575,00 |
| | | | | Total | 8.354,88 |

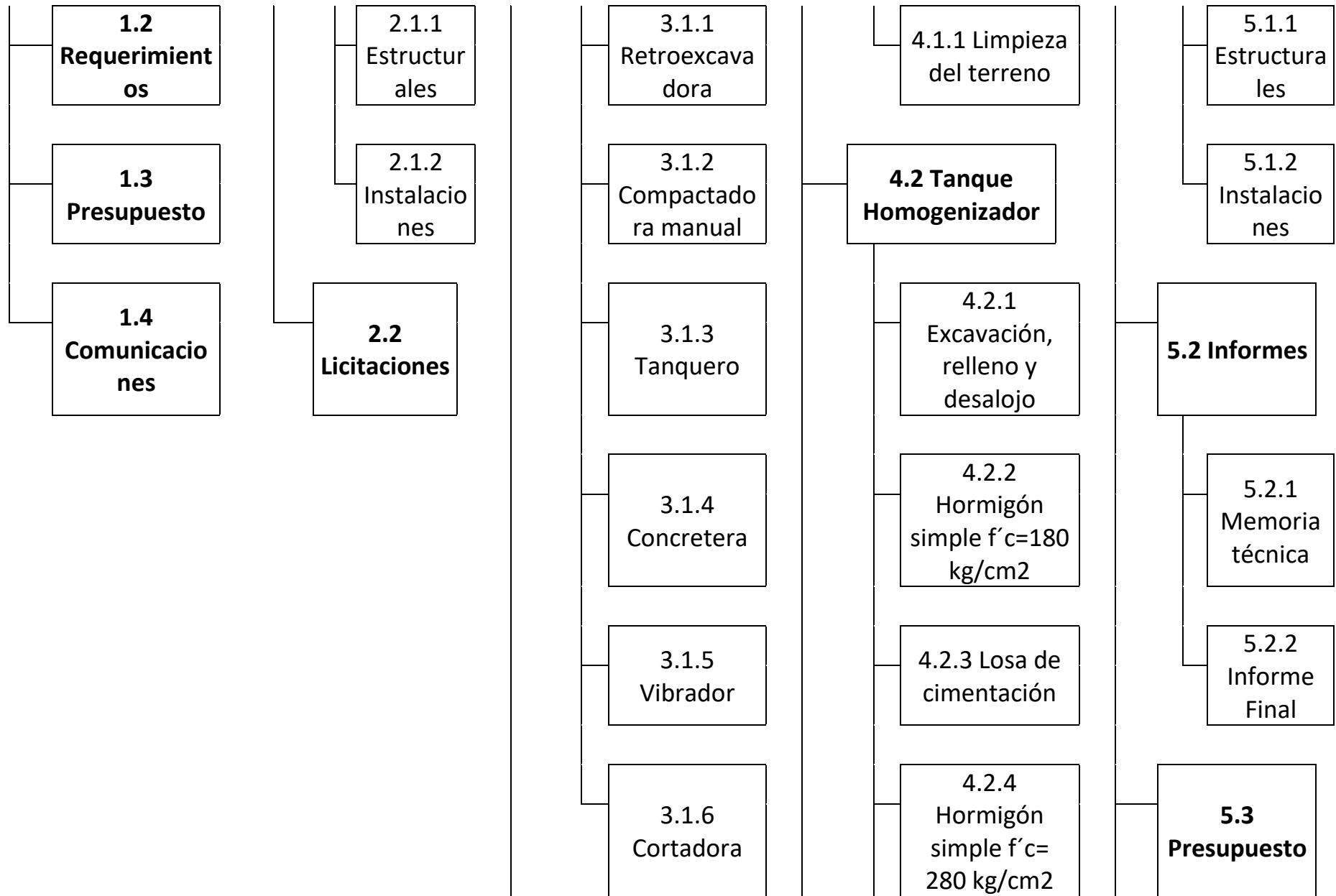
SON:

CONSULTOR - DIRECTOR DEL PROYECTO

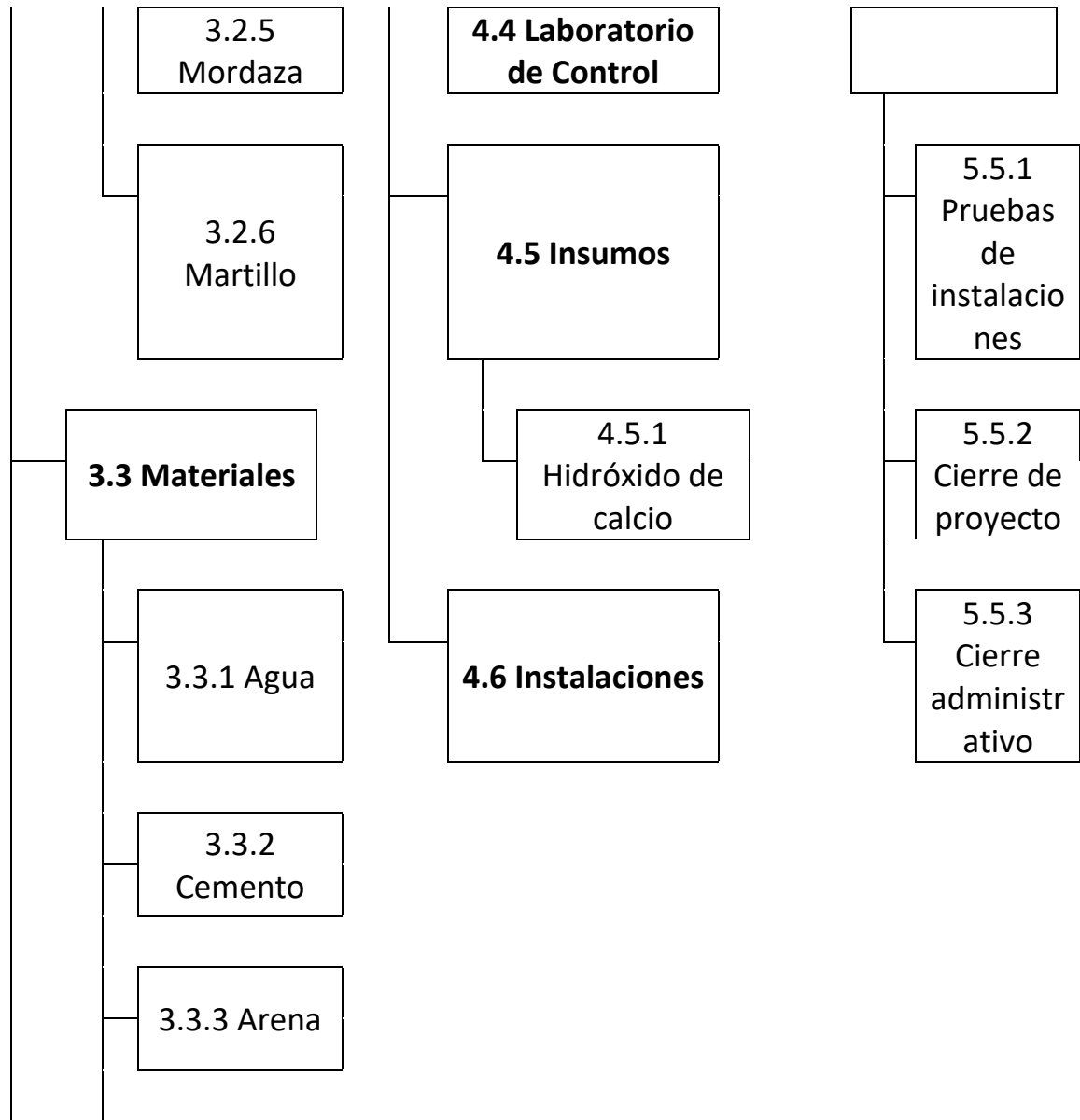
Anexo D

**“DIAGNÓSTICO, OPTIMIZACIÓN Y
PROPUESTAS TÉCNICAS PARA LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA
ZONA RURAL EN LA PARROQUIA SAN
CRISTOBAL, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL
AZUAY”**









3.3.4 Ripio

3.3.5
Cemento
tipo GU-
Holcim

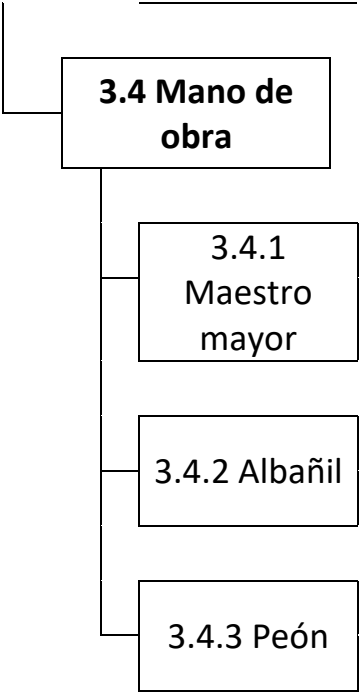
3.3.6 Varillas
de acero

3.3.7
Alambre
Recocido

3.3.8 Tablas

3.3.9 Clavos

3.3.10
Alambre de
amarre

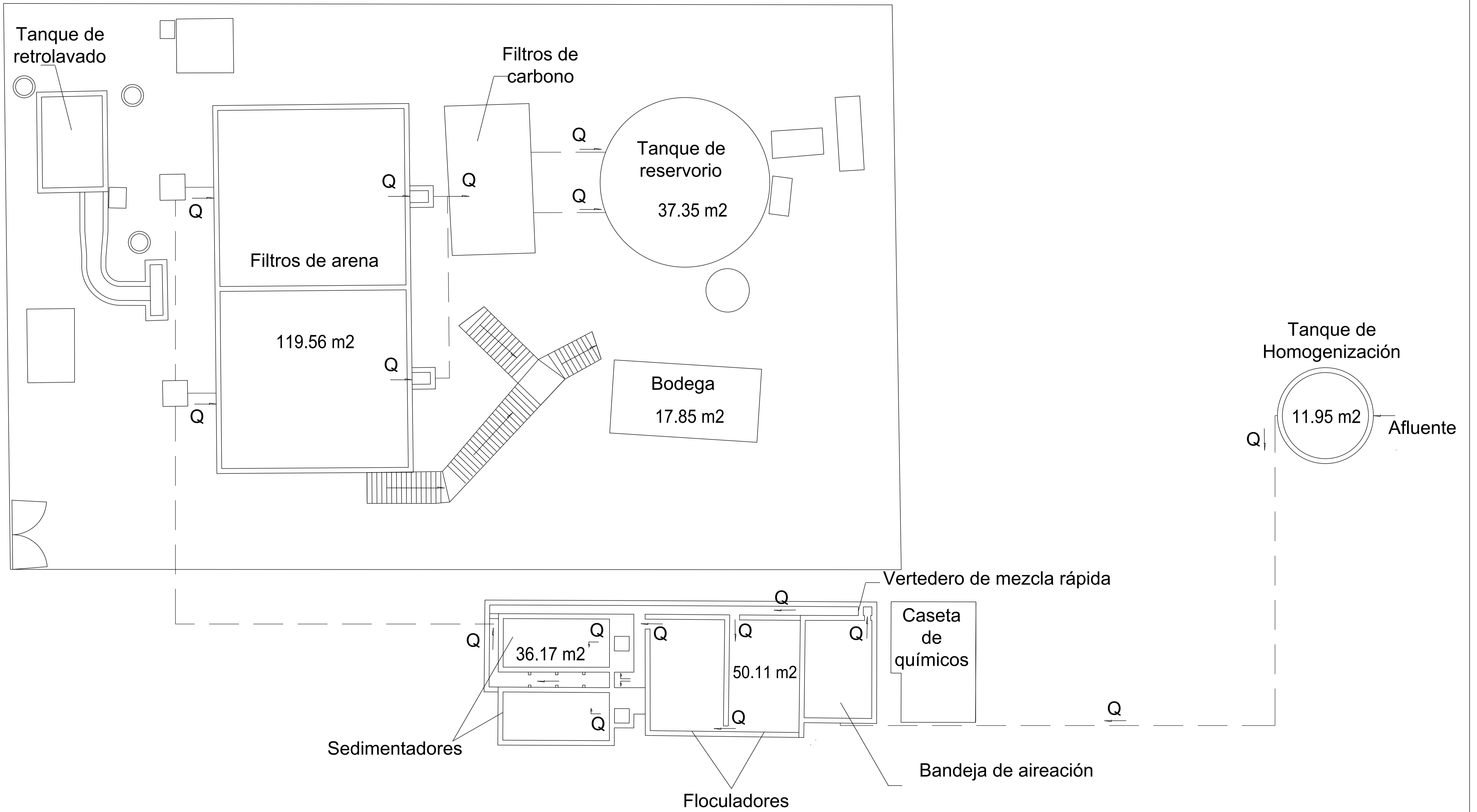


Planos



IMPLANTACIÓN
Esc: 1:100

| | | | |
|--|---|-----------------------|-------------------|
| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL | | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA | | | |
| PROYECTO: | | | |
| PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN CRISTÓBAL | | | |
| CONTENIDO: | | | |
| IMPLANTACIÓN | | | |
| Coordinador de Materia Integradora: | Tutores de Conocimientos Específicos: | Estudiantes: | Fecha de Entrega: |
| Ing. Nadia Quijano | - Arq. Eunice Lindao - Ing. Davide Besenzon | - Estefanía Sevillano | 15 de Enero, 2021 |
| Tutor de Área de Conocimiento: | - Ing. Natividad García - Ing. Priscila Valverde | - Henry Salcedo | Lámina: |
| Ing. Cristhian Salas | | | 1/6 |
| | | | Escala: |
| | | | Indicada |



SIMBOLOGÍA

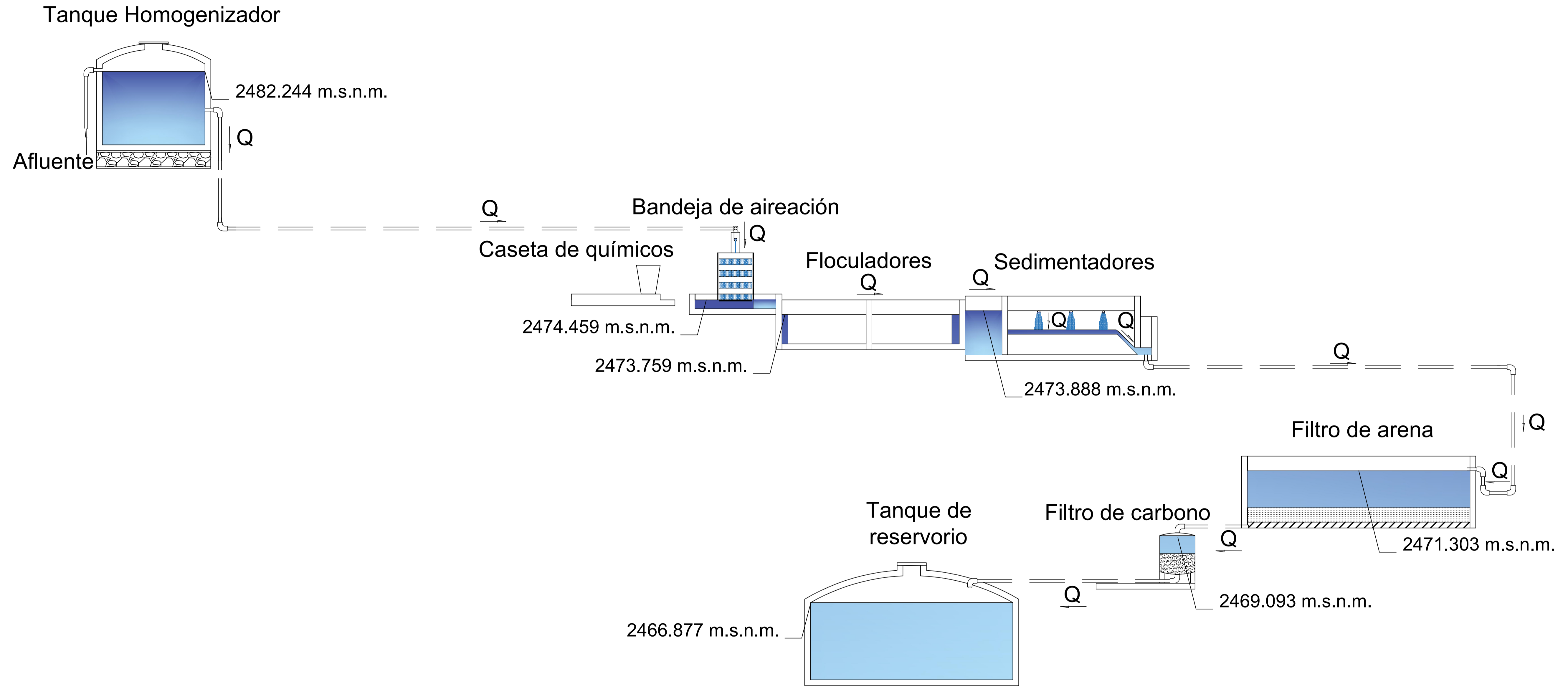
— Tubería usada en la planta actualmente (No se posee información)

→ Sentido del flujo

| | | | |
|--|---|--|--|
| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA | | | |
| PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN CRISTOBAL | | | |
| CONTENIDO: VISTA GENERAL PTAP | | | |
| Coordinador de Materia Integradora: Ing. Nadia Quijano | Tutores de Conocimientos Específicos: - Arq. Eunice Lindao - Ing. Davide Besenon - Ing. Natividad García - Ing. Priscila Valverde | Estudiantes: - Estefanía Sevillano - Henry Salcedo | Fecha de Entrega: 15 de Enero, 2021 |
| Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Cristhian Salas | | Lámina: 2/6 | Escala: 1 : 75 |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



SIMBOLOGÍA

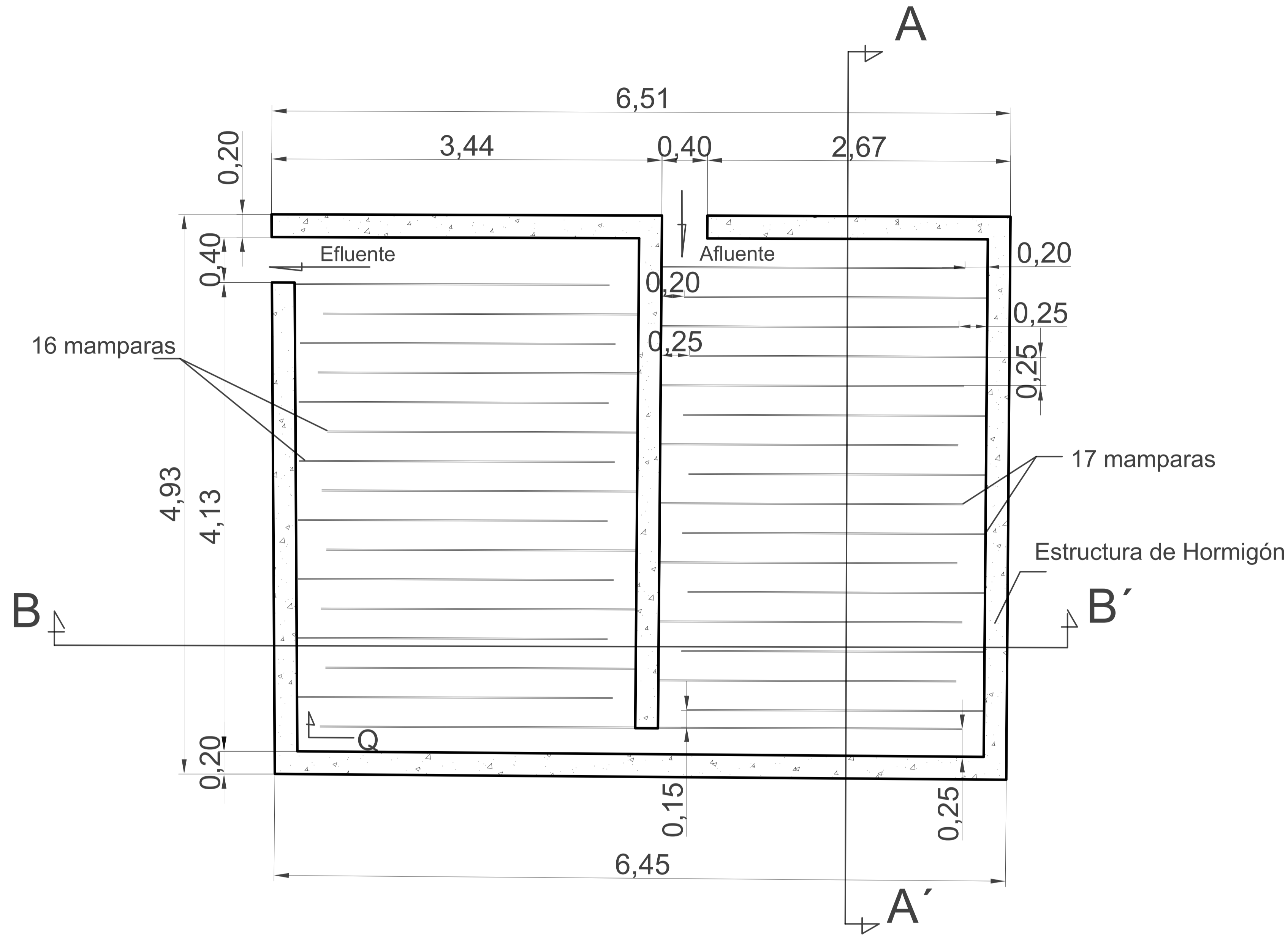
- Tubería usada en la planta actualmente (No se posee información)
- Sentido del flujo

| | | | |
|--|---|--|--|
| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA | | | |
| PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN CRISTOBAL | | | |
| CONTENIDO: PERFIL HIDRÁULICO | | | |
| Coordinador de Materia Integradora: Ing. Nadia Quijano | Tutores de Conocimientos Específicos: - Arq. Eunice Lindao - Ing. Davide Besenon - Ing. Natividad García - Ing. Priscila Valverde | Estudiantes: - Estefanía Sevillano - Henry Salcedo | Fecha de Entrega: 15 de Enero, 2021 |
| Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Cristhian Salas | | | Lámina: 3/6 Escala: 1 : 75 |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

FLOCULADOR HIDRÁULICO



VISTA EN PLANTA

Esc: 1:25

ESPECIFICACIONES

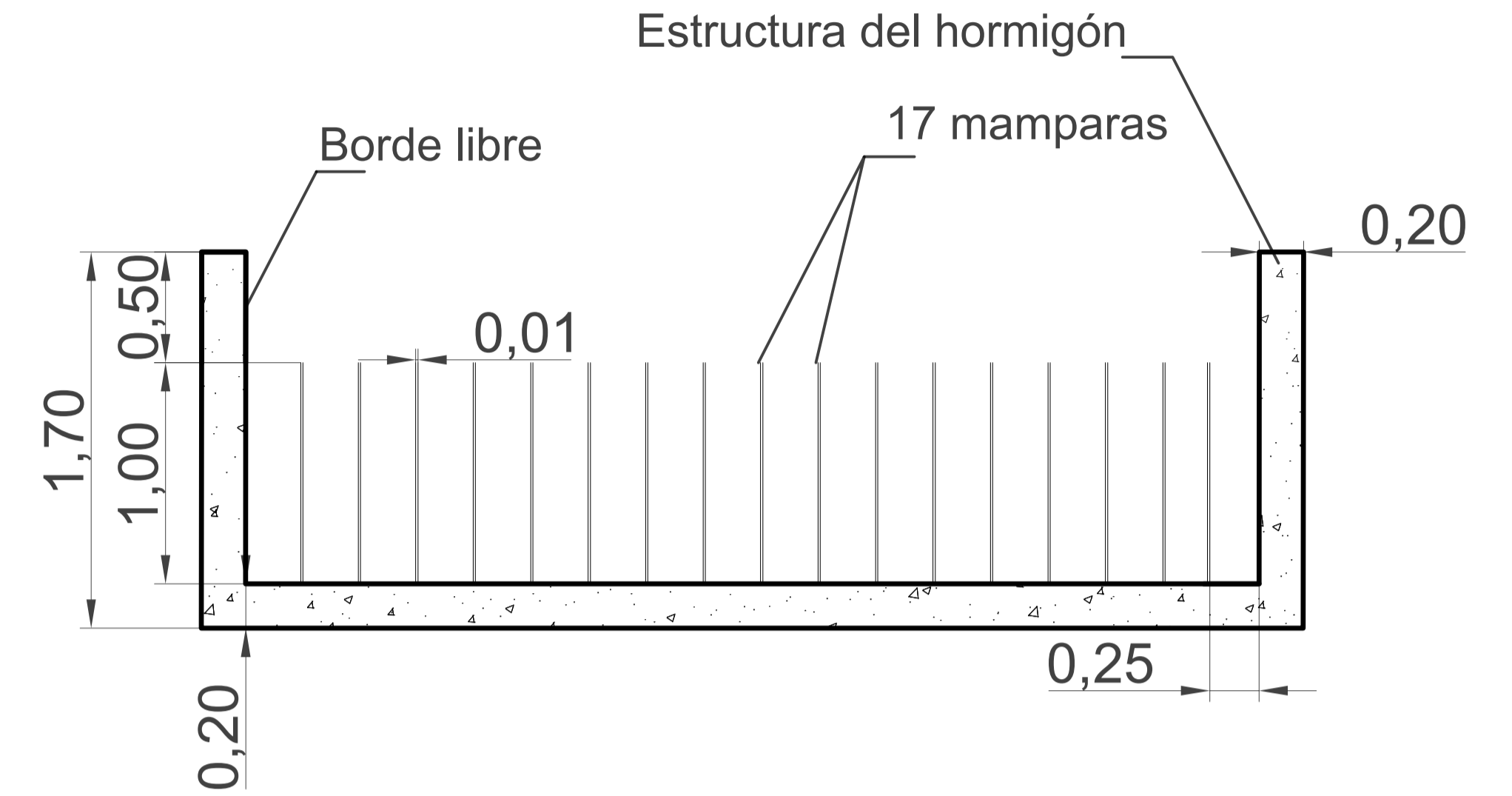
La separación entre mamparas es de 25 cm. Sólo existe una mampara separada a 15cm, debido a la estructura de hormigón que separa los floculadores.

Los diámetros de las tuberías son los usados actualmente en la PTAP.

Las pendientes son las manejadas actualmente en la planta.

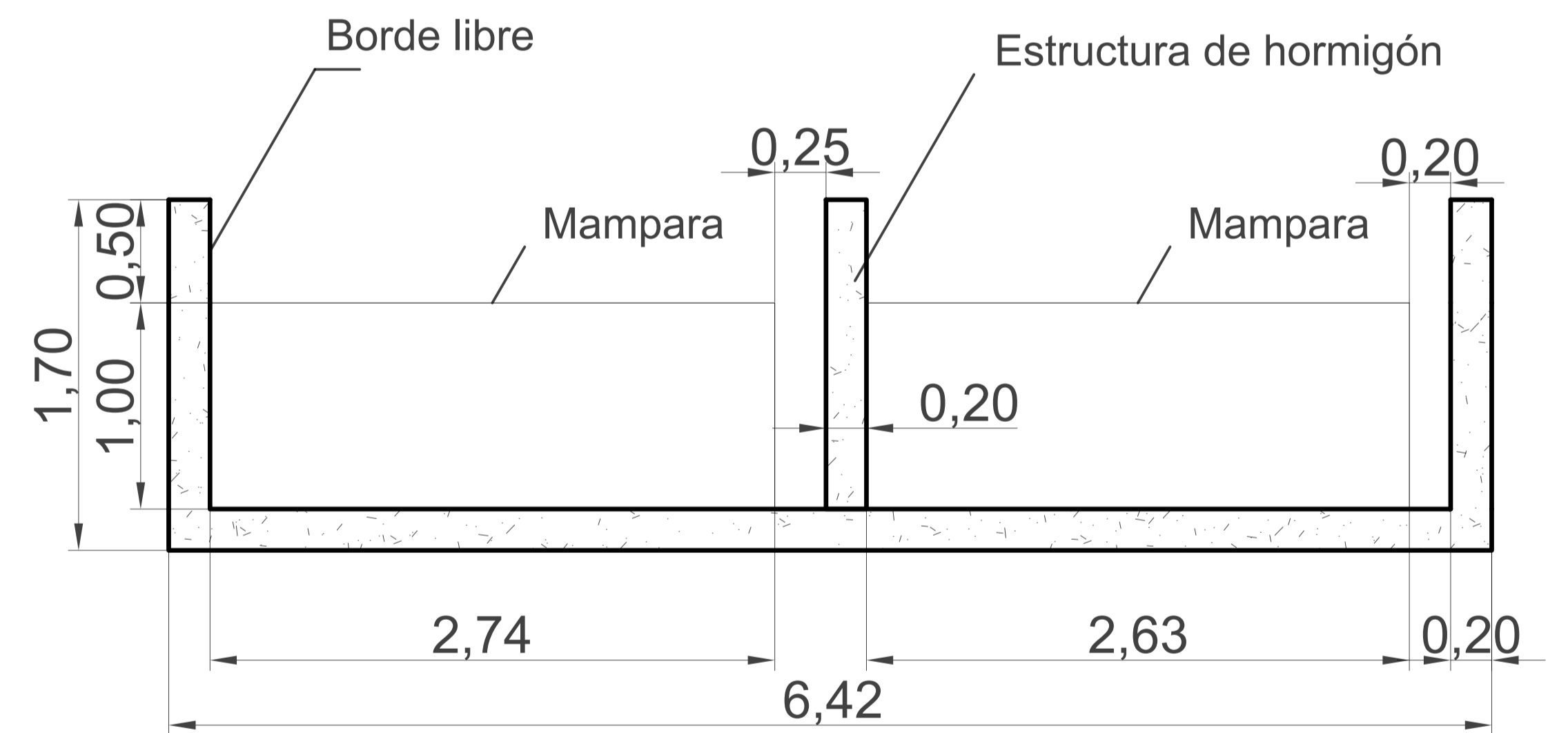
SIMBOLOGÍA

_____ Sentido del flujo



CORTE A-A'

Esc: 1:25



CORTE B-B'

Esc: 1:25

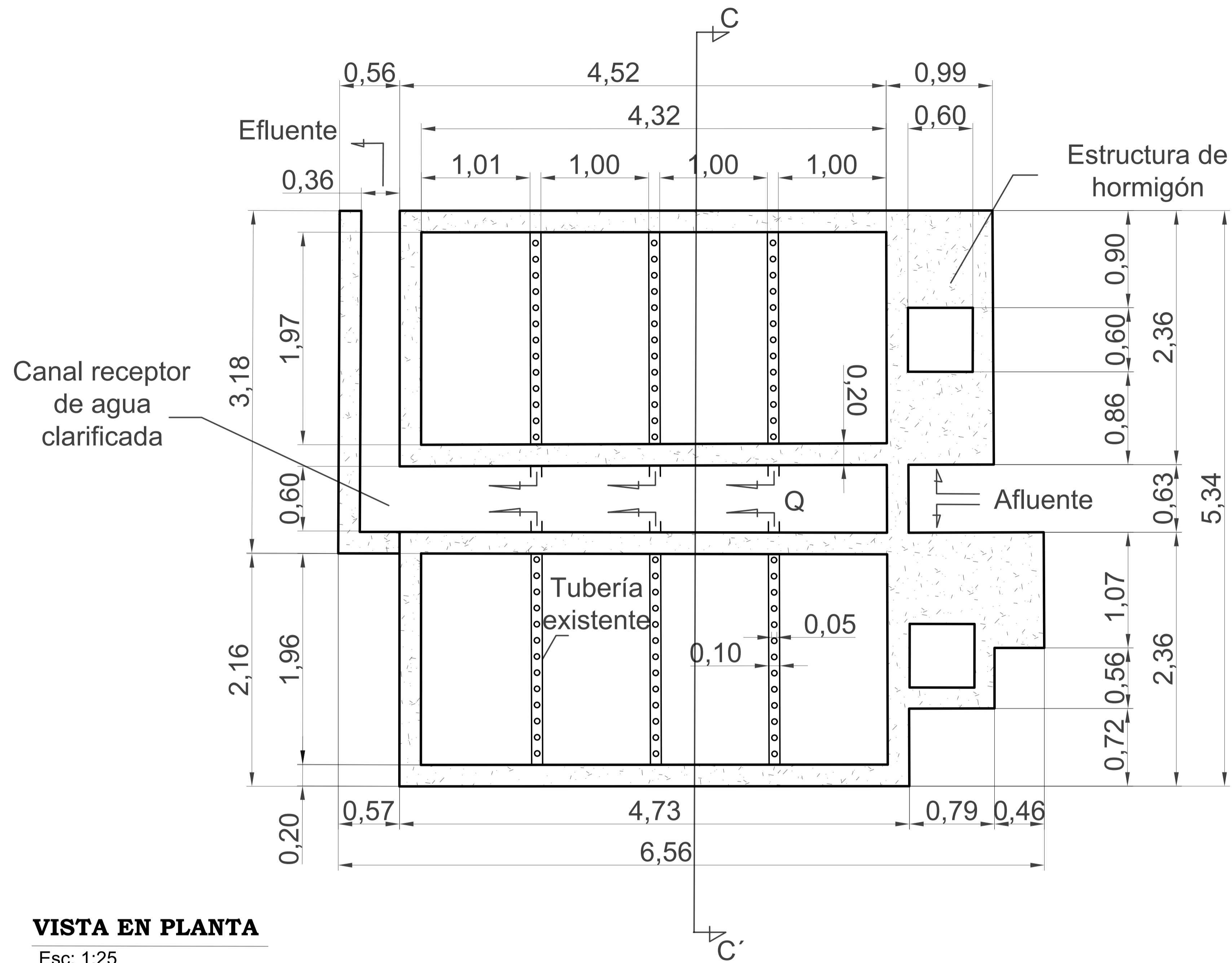
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN CRISTÓBAL

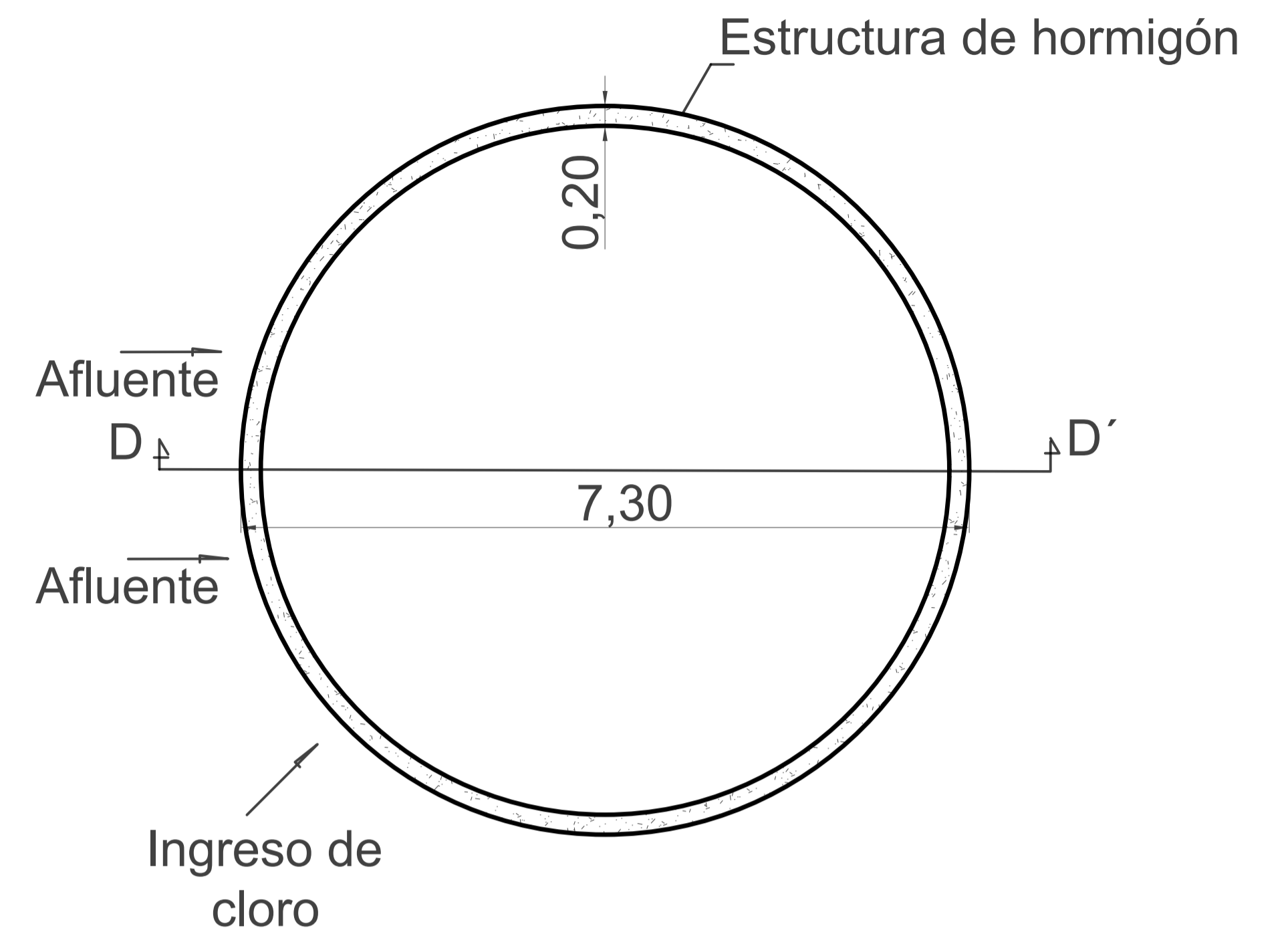
CONTENIDO:
FLOCULADOR HIDRÁULICO

| | | | |
|---|--|--|--|
| Coordinador de Materia Integradora: Ing. Nadia Quijano | Tutores de Conocimientos Específicos: - Arq. Eunice Lindao - Ing. Davide Besenon | Estudiantes: - Estefanía Sevillano - Henry Salcedo | Fecha de Entrega: 15 de Enero, 2021 |
| Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Cristhian Salas | - Ing. Natividad García - Ing. Priscila Valverde | Lámina: 4/6 | Escala: Indicada |

SEDIMENTADOR

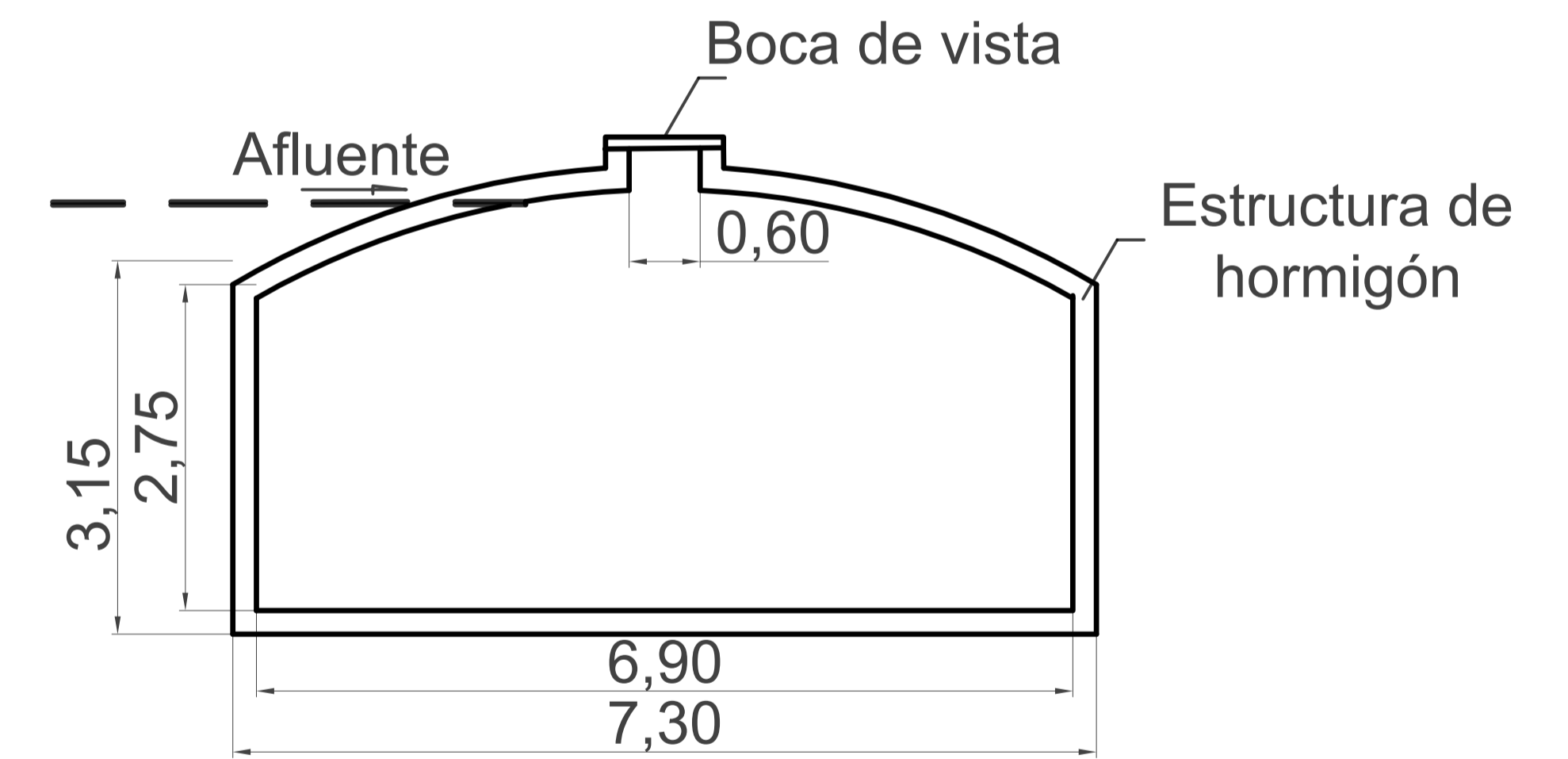


TANQUE DE RESERVORIO



VISTA EN PLANTA

Esc: 1:50

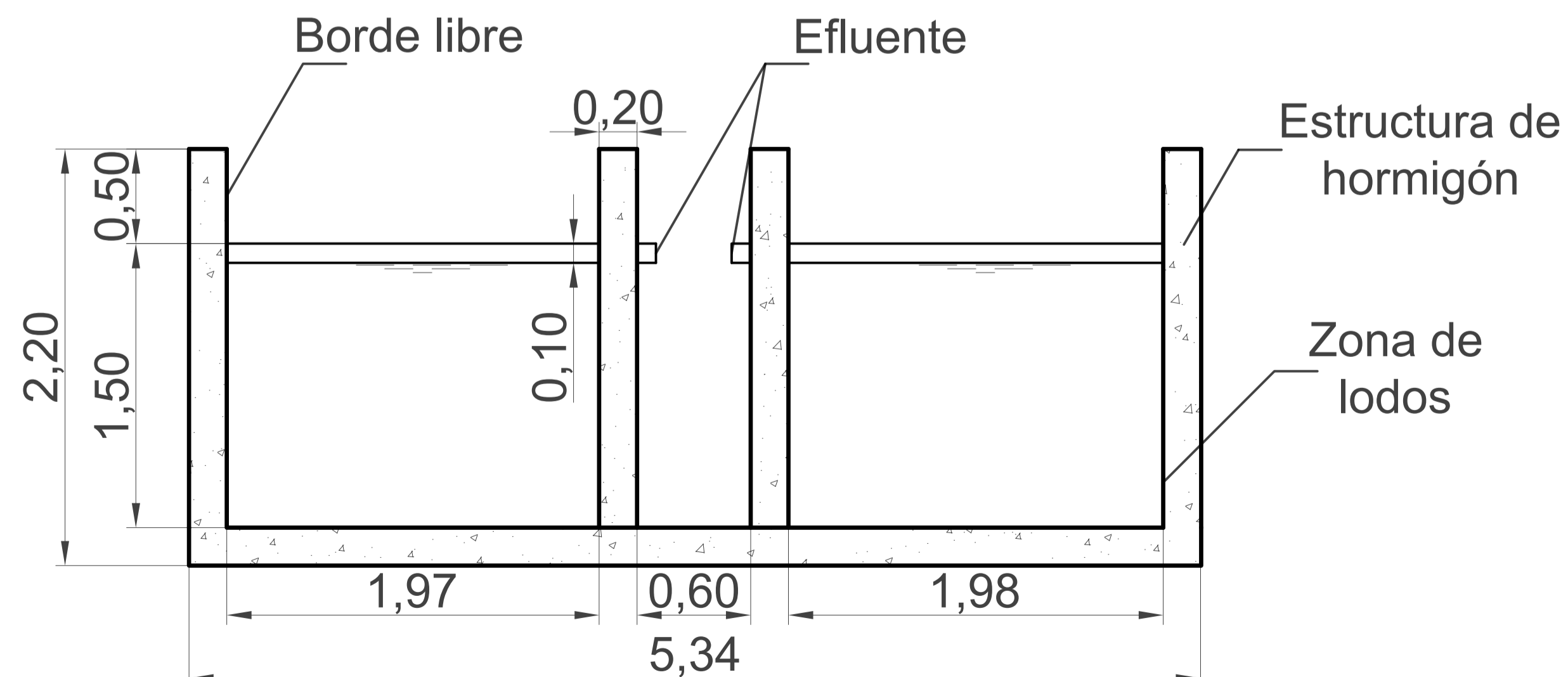


CORTE D-D'

Esc: 1:50

VISTA EN PLANTA

Esc: 1:25



CORTE C-C'

Esc: 1:25

ESPECIFICACIONES

Los diámetros de las tuberías son los usados actualmente en la PTAP.

Las pendientes son las manejadas actualmente en la planta.

SIMBOLOGÍA

- — Tubería usada en la planta actualmente (No se posee información)
- Sentido del flujo

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

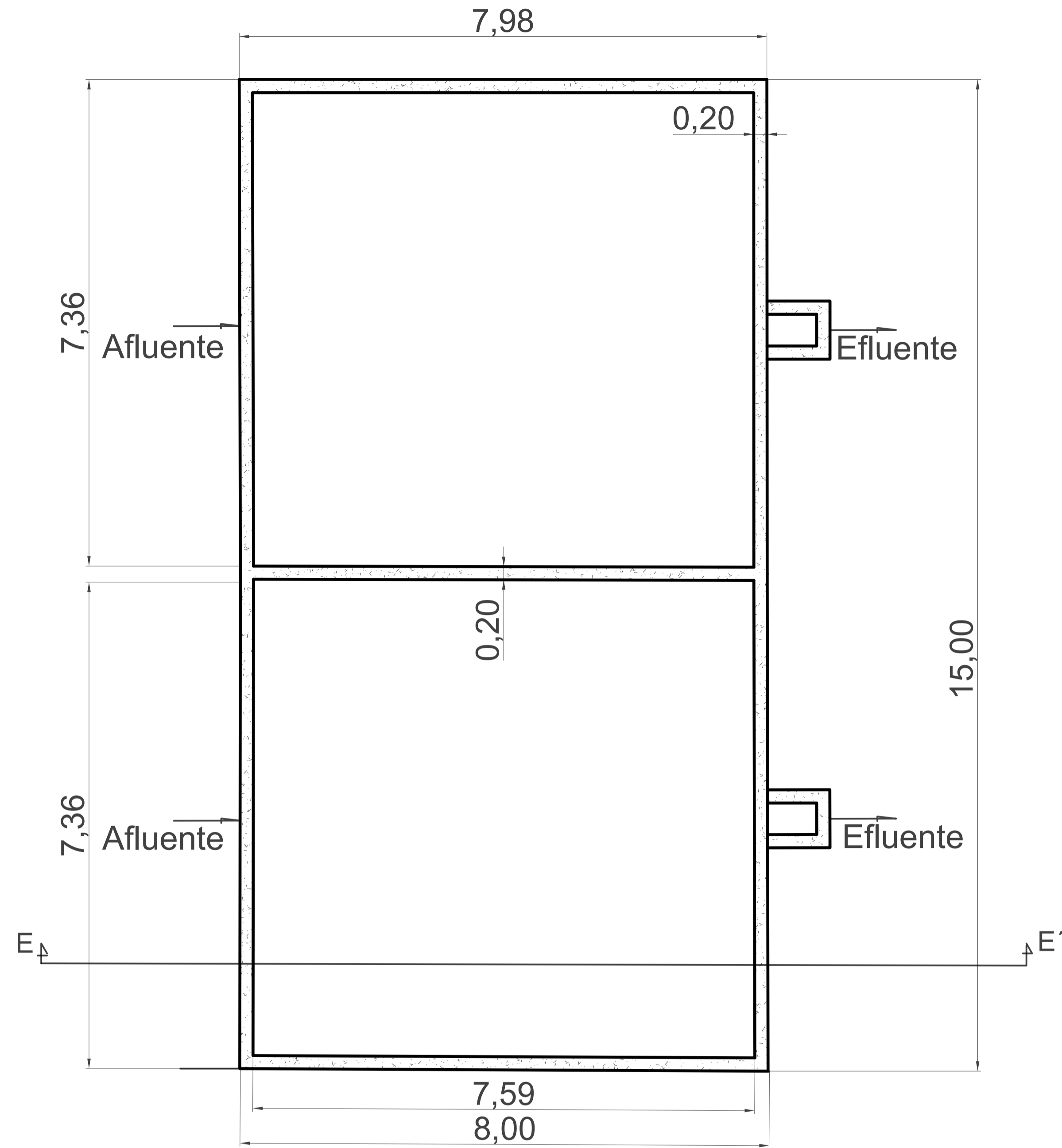
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN CRISTOBAL**

CONTENIDO: **SEDIMENTADORES Y TANQUE DE RESERVORIO**

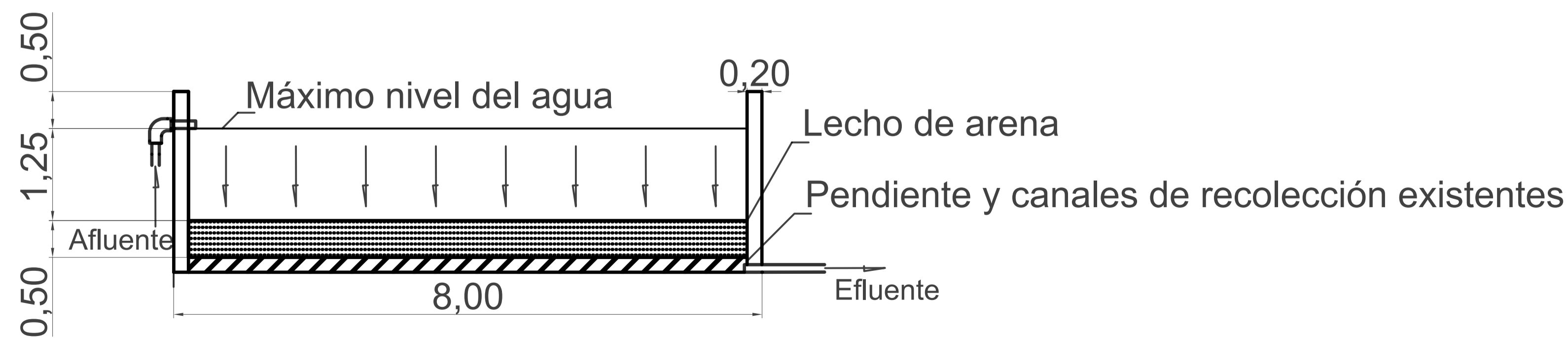
| | | | |
|---|--|--|--|
| Coordinador de Materia Integradora: Ing. Nadia Quijano | Tutores de Conocimientos Específicos: - Arq. Eunice Lindao - Ing. Davide Besenzon - Ing. Natividad García - Ing. Priscila Valverde | Estudiantes: - Estefanía Sevillano - Henry Salcedo | Fecha de Entrega: 15 de Enero, 2021 |
| Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Cristhian Salas | | | Lámina: 5/6 |
| | | | Escala: Indicada |

FILTROS DE ARENA



VISTA EN PLANTA

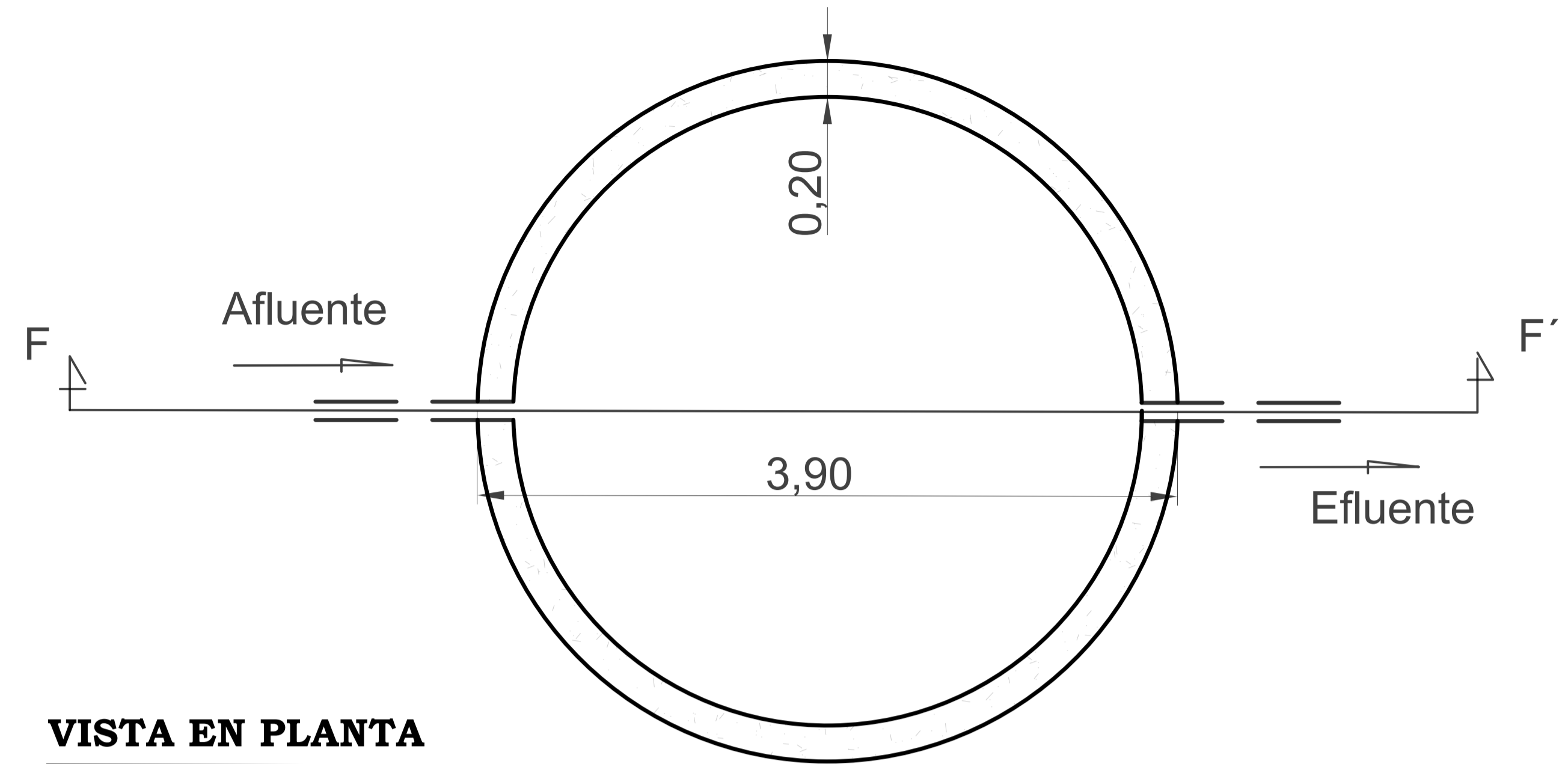
Esc: 1:50



CORTE E-E'

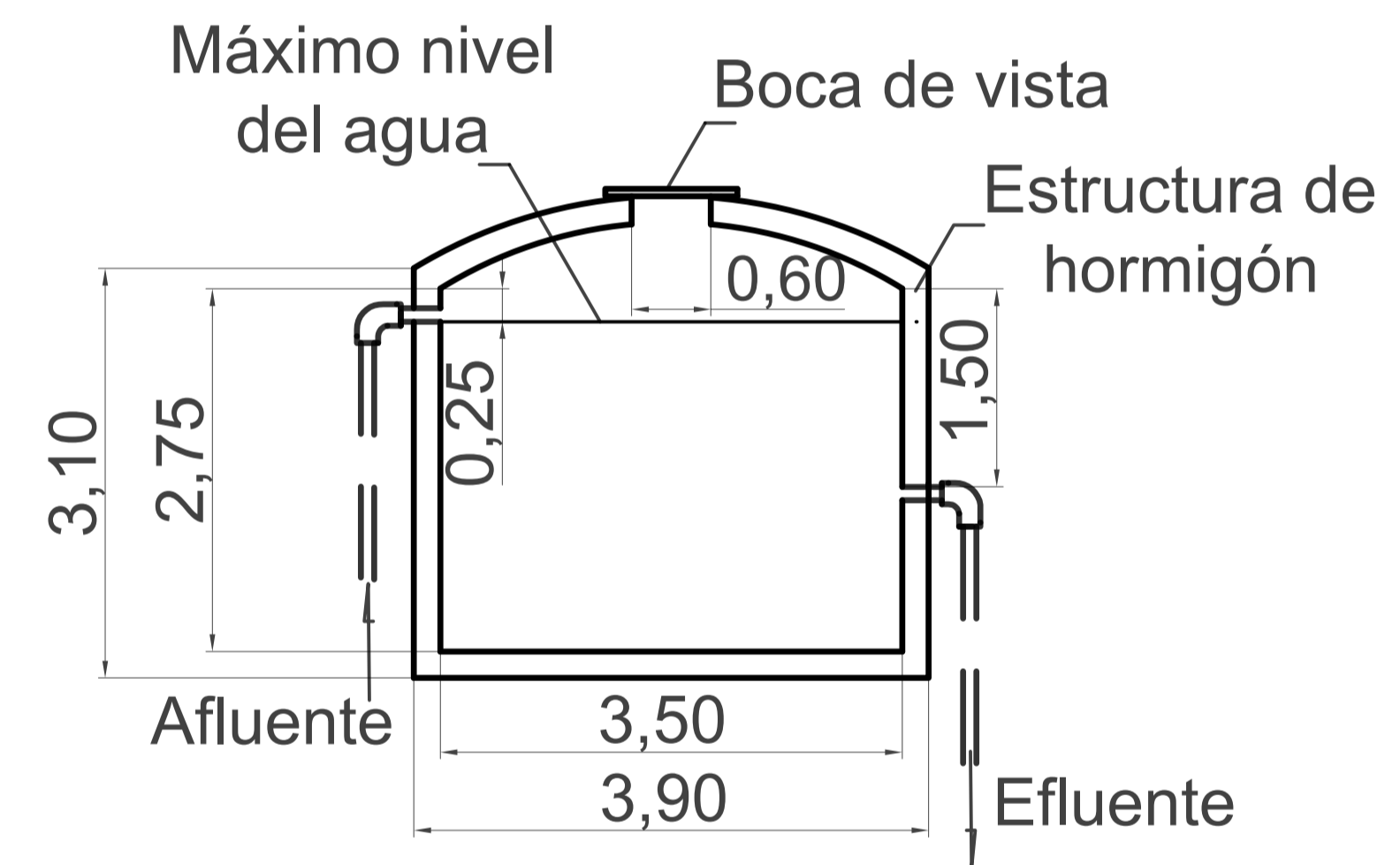
Esc: 1:50

TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN



VISTA EN PLANTA

Esc: 1:25



CORTE F-F'

Esc: 1:50

SIMBOLOGÍA

- Tubería usada en la planta actualmente (No se posee información)
- Sentido del flujo

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

PROYECTO:
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN CRISTÓBAL

CONTENIDO:
FILTROS DE ARENA Y TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

| | | | |
|---|---|--|--|
| Coordinador de Materia Integradora: Ing. Nadia Quijano | Tutores de Conocimientos Específicos: - Arq. Eunice Lindao - Ing. Davide Besenon - Ing. Natividad García - Ing. Priscila Valverde | Estudiantes: - Estefanía Sevillano - Henry Salcedo | Fecha de Entrega: 15 de Enero, 2021 |
| Tutor de Área de Conocimiento: Ing. Cristhian Salas | | | Lámina: 6/6 |
| | | | Escala: Indicada |