



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA LA POBLACIÓN DEL CANTÓN EL TAMBO, PROVINCIA DEL CAÑAR**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniera Ambiental

**AUTORA: CAMILA ABIGAIL PAREDES CUESTA**

**TUTOR: EDUARDO ALBERTO MIGUEL ARAQUE ARELLANO**

Quito, Ecuador

2022

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Camila Abigail Paredes Cuesta con documento de identificación N° 0302626080 manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Camila Abigail Paredes Cuesta  
0302626080

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Camila Abigail Paredes Cuesta con documento de identificación No. 0302626080, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población del Cantón El Tambo, Provincia del Cañar”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Camila Abigail Paredes Cuesta  
0302626080

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano con documento de identificación N° 1707253090, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA POBLACIÓN DEL CANTÓN EL TAMBO, PROVINCIA DEL CAÑAR, realizado por Camila Abigail Paredes Cuesta con documento de identificación N° 0302626080, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano M.Sc.  
1707253090

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haber sido mi guía a lo largo de toda mi vida y me ha sabido dar fuerza para enfrentar los altibajos que se han presentado a lo largo de la carrera, con humildad y valentía.

A mis amados padres César y Carla y mi hermano Francisco, y a mi familia en general; que siempre estuvieron conmigo desde los primeros años de mi infancia hasta ahora, brindándome su apoyo, sus consejos y su amor incondicional, alentándome siempre para poder hoy en día culminar mi más grande sueño y abrirme a un mundo nuevo como Ingeniera Ambiental.

A mis amigos, con quienes tuve el gusto y la oportunidad de compartir momentos inolvidables, por apoyarme en los momentos que más lo he necesitado y no dejarme vencer y por su amor incondicional.

Dejo hoy mi vida en las aulas de mi Universidad, sabiendo que extenderé mis alas para proyectarme a un mundo lleno de desafíos que, con la bendición de Dios, sé que los podré superar.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios Todo Poderoso por haberme dotado de conocimiento y perseverancia, por haberme fortalecido en mis horas de debilidad, por brindarme la oportunidad de cada día compartir con mi familia los logros obtenidos y ser la luz en mi tormenta.

A mis padres por haber sido un pilar importante en mi vida, sus sabios consejos no faltaron para fortalecerme en cada momento difícil que he atravesado.

A mi querido tutor, Ing. Miguel Araque quien con su sabiduría, consejos y apoyo incondicional ha sido posible terminar el presente trabajo. Y, a todos mis profesores en general, quienes confiaron en mí y me encaminaron con sus enseñanzas por el sendero del conocimiento para culminar con éxito mi aprendizaje.

Lo único que puedo decir es un profundo gracias y espero siempre poder contar con cada uno de ustedes al momento de atravesar por los nuevos caminos del profesionalismo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Línea Base .....	3
1.3.1 Ubicación .....	3
1.3.2 Extensión .....	3
1.3.3 Límites .....	3
1.3.4 Población .....	4
1.3.5 Relieve .....	4
1.3.6 Geomorfología .....	5
1.3.7 Geología.....	5
1.3.8 Uso y Cobertura del Suelo .....	5
1.3.9 Clima .....	7
1.3.8 Educación.....	8
1.3.9 Salud.....	9
1.3.10 Servicio Eléctrico .....	10
1.3.11 Saneamiento .....	11
1.3.12 Principales Actividades Productivas.....	11
1.3.13 Conectividad.....	13
1.4 Objetivos .....	13
1.4.1 Objetivo General .....	13
1.4.2 Objetivos Específicos .....	14
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	15
2.1 Marco Teórico.....	15
2.1.1 Problemática Mundial del Recurso Agua .....	15
2.1.2 Recurso Agua en el Ecuador .....	16
2.1.3 Agua .....	17
2.1.4 Agua Potable .....	20
2.1.5 Tratamiento del Agua Potable .....	28
2.2 Marco Legal .....	30

3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
3.1	Recopilación de Información .....	33
3.1.1	<i>Información Primaria</i> .....	33
3.1.2	<i>Información Secundaria</i> .....	33
3.2	Muestreo.....	33
3.3	Ubicación de los Puntos de Muestreo .....	34
3.3.1	<i>Identificación de las Muestras</i> .....	34
3.3.2	<i>Número de Muestras</i> .....	35
3.3.3	<i>Consideraciones antes de Realizar el Muestreo</i> .....	35
3.3.4	<i>Procedimiento para la Toma de Muestras</i> .....	36
3.3.6	<i>Transporte de las Muestras</i> .....	36
3.4	Materiales y Métodos .....	38
3.5	Variables a Evaluar en la Investigación .....	43
3.6	Diseño .....	43
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1	Resultados .....	45
4.1.1	<i>Análisis de Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos</i> .....	45
4.1.2	<i>Resultados de Análisis de Pruebas de Tratabilidad del Primer Muestreo</i> .....	63
4.1.3	<i>Resultados de Análisis de Pruebas de Tratabilidad del Segundo Muestreo</i> .....	69
4.1.4	<i>Resultados de Análisis de Pruebas de Tratabilidad del Tercer Muestreo</i> .....	75
4.1.5	<i>Resultados del Análisis Estadístico con el programa de Análisis de Datos de Excel y Megastat para las Pruebas de Tratabilidad</i> .....	81
4.1.7	<i>Diseño</i> .....	101
4.1.8	<i>Análisis de Sostenibilidad</i> .....	136
4.2	Discusión.....	142
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	146
5.1	Conclusiones .....	146
5.2	Recomendaciones.....	147
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	148
7.	ANEXOS.....	153

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Uso Actual del Suelo</i> .....	5
<b>Tabla 2</b> <i>Cobertura del Suelo</i> .....	6
<b>Tabla 3</b> <i>Establecimientos Educativos</i> .....	8
<b>Tabla 4</b> <i>Establecimientos de Salud a los que asiste la Población del Cantón</i> .....	9
<b>Tabla 5</b> <i>Distribución de la Energía Eléctrica en las Zonas Urbana y Rural</i> .....	10
<b>Tabla 6</b> <i>Servicio de Alcantarillado</i> .....	11
<b>Tabla 7</b> <i>Principales Actividades Productivas del Cantón</i> .....	11
<b>Tabla 8</b> <i>Conectividad del Cantón El Tambo</i> .....	13
<b>Tabla 9</b> <i>Distribución de Agua en la Tierra</i> .....	17
<b>Tabla 10</b> <i>Etapas del Ciclo Hidrológico</i> .....	19
<b>Tabla 11</b> <i>Fuentes de Agua y Cuestiones Asociadas a la Fuente</i> .....	19
<b>Tabla 12</b> <i>Parámetros Físicos del Agua</i> .....	21
<b>Tabla 13</b> <i>Parámetros Químicos del Agua</i> .....	22
<b>Tabla 14</b> <i>Parámetros Microbiológicos del Agua</i> .....	24
<b>Tabla 15</b> <i>Normativa Ambiental y Legal sobre Agua Potable</i> .....	30
<b>Tabla 16</b> <i>Límites Máximos Permisibles para el Agua Potable</i> .....	31
<b>Tabla 17</b> <i>Coordenadas UTM-WGS84-Zona 17S</i> .....	34
<b>Tabla 18</b> <i>Número de Muestras a Tomar</i> .....	35
<b>Tabla 19</b> <i>Equipos y Materiales usados en Campo</i> .....	37
<b>Tabla 20</b> <i>Equipos, Materiales, Reactivos y Métodos necesarios para el Análisis de Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos</i> .....	38
<b>Tabla 21</b> <i>Resultados de Análisis In Situ del Primer Muestreo</i> .....	45
<b>Tabla 22</b> <i>Resultados de Análisis Ex Situ del Primer Muestreo</i> .....	46
<b>Tabla 23</b> <i>Resultados de Análisis de Laboratorio del Primer Muestreo</i> .....	47
<b>Tabla 24</b> <i>Promedio de Resultados de Análisis</i> .....	49
<b>Tabla 25</b> <i>Resultados de Análisis In Situ del Segundo Muestreo</i> .....	51
<b>Tabla 26</b> <i>Resultados de Análisis Ex Situ del Segundo Muestreo</i> .....	51
<b>Tabla 27</b> <i>Resultados de Análisis de Laboratorio del Segundo Muestreo</i> .....	53
<b>Tabla 28</b> <i>Promedio de Resultados de Análisis</i> .....	55
<b>Tabla 29</b> <i>Resultados de Análisis In Situ del Tercer Muestreo</i> .....	57
<b>Tabla 30</b> <i>Resultados de Análisis Ex Situ del Tercer Muestreo</i> .....	57
<b>Tabla 31</b> <i>Resultados de Análisis de Laboratorio del Tercer Muestreo</i> .....	59
<b>Tabla 32</b> <i>Promedio de Resultados de Análisis</i> .....	61
<b>Tabla 33</b> <i>Resultados de Análisis de Laboratorio de la Prueba de Jarras del Primer Muestreo</i> .....	63
<b>Tabla 34</b> <i>Resultados de Eficiencia de Remoción de Turbidez de la Prueba de Jarras del Primer Muestreo</i> .....	65
<b>Tabla 35</b> <i>Resultados de Análisis de la Filtración del Primer Muestreo</i> .....	67
<b>Tabla 36</b> <i>Cálculo de la Dosis de Cloro para el Primer Muestreo</i> .....	68
<b>Tabla 37</b> <i>Resultados de la Desinfección del Agua luego de la Aplicación del Cloro</i> .....	68
<b>Tabla 38</b> <i>Resultados de Análisis de Laboratorio de la Prueba de Jarras del Segundo Muestreo</i> .....	69

<b>Tabla 39</b> <i>Resultados de Eficiencia de Remoción de Turbidez de la Prueba de Jarras del Segundo Muestreo</i> .....	70
<b>Tabla 40</b> <i>Resultados de Análisis de la Filtración del Segundo Muestreo</i> .....	73
<b>Tabla 41</b> <i>Cálculo de la Dosis de Cloro para el Segundo Muestreo</i> .....	74
<b>Tabla 42</b> <i>Resultados de la Desinfección del Agua luego de la Aplicación del Cloro</i> .....	74
<b>Tabla 43</b> <i>Resultados de Análisis de Laboratorio de la Prueba de Jarras del Tercer Muestreo</i> .....	75
<b>Tabla 44</b> <i>Resultados de Eficiencia de Remoción de Turbidez de la Prueba de Jarras del Tercer Muestreo</i> .....	76
<b>Tabla 45</b> <i>Resultados de Análisis de la Filtración del Tercer Muestreo</i> .....	79
<b>Tabla 46</b> <i>Cálculo de la Dosis de Cloro para el Tercer Muestreo</i> .....	80
<b>Tabla 47</b> <i>Resultados de la Desinfección del Agua luego de la Aplicación del Cloro</i> .....	80
<b>Tabla 48</b> <i>Análisis de Varianza del Muestreo 1</i> .....	81
<b>Tabla 49</b> <i>Prueba de Tukey</i> .....	82
<b>Tabla 50</b> <i>Análisis de Varianza del Muestreo 2</i> .....	83
<b>Tabla 51</b> <i>Prueba de Tukey</i> .....	84
<b>Tabla 52</b> <i>Análisis de Varianza del Muestreo 3</i> .....	85
<b>Tabla 53</b> <i>Prueba de Tukey</i> .....	86
<b>Tabla 54</b> <i>Análisis de Varianza del Muestreo 1</i> .....	87
<b>Tabla 55</b> <i>Prueba de Tukey</i> .....	88
<b>Tabla 56</b> <i>Análisis de Varianza del Muestreo 2</i> .....	90
<b>Tabla 57</b> <i>Prueba de Tukey</i> .....	91
<b>Tabla 58</b> <i>Análisis de Varianza del Muestreo 3</i> .....	92
<b>Tabla 59</b> <i>Prueba de Tukey</i> .....	93
<b>Tabla 60</b> <i>Dotaciones Recomendadas de Agua</i> .....	98
<b>Tabla 61</b> <i>Coefficientes de Variación</i> .....	99
<b>Tabla 62</b> <i>Datos del Aforamiento</i> .....	100
<b>Tabla 63</b> <i>Criterios Técnicos del Tiempo</i> .....	109
<b>Tabla 64</b> <i>Criterios Técnicos para Velocidad</i> .....	110
<b>Tabla 65</b> <i>Criterios Técnicos de Gradiente de Velocidad G</i> .....	114
<b>Tabla 66</b> <i>Módulos del Sedimentador</i> .....	122
<b>Tabla 67</b> <i>Presupuesto de Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable</i> ...	136
<b>Tabla 68</b> <i>Presupuesto de Adquisición de Equipos y Maquinaria para la PTAP</i> .....	138
<b>Tabla 69</b> <i>Presupuesto de Operación de la PTAP</i> .....	139
<b>Tabla 70</b> <i>Presupuesto de Mantenimiento de la PTAP</i> .....	140
<b>Tabla 71</b> <i>Costo Total del Tratamiento de Agua</i> .....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Límites del Cantón El Tambo .....	4
<b>Figura 2</b> Ciclo Hidrológico del Agua .....	18
<b>Figura 3</b> Sistema de Abastecimiento por Gravedad Sin Tratamiento (GST) .....	25
<b>Figura 4</b> Sistema de Abastecimiento por Gravedad Con Tratamiento (GCT) .....	26
<b>Figura 5</b> Sistema de Abastecimiento por Bombeo Sin Tratamiento (BST).....	27
<b>Figura 6</b> Sistema de Abastecimiento por Bombeo Con Tratamiento (BST) .....	28
<b>Figura 7</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 1 .....	65
<b>Figura 8</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 2 .....	66
<b>Figura 9</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 3 .....	66
<b>Figura 10</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 1 .....	71
<b>Figura 11</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 2 .....	72
<b>Figura 12</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 3 .....	72
<b>Figura 13</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 1 .....	77
<b>Figura 14</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 2 .....	78
<b>Figura 15</b> Dosis F/C VS %Remoción de Turbidez del Punto 3 .....	78

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

**Gráfico 2** *Diagrama de Flujo del Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable .. 44*

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 2</b> <i>Diseño en AutoCAD de la Planta de Tratamiento de Agua Potable</i> .....	153
<b>Anexo 3</b> <i>Diseño en AutoCAD del Sedimentador y Floculador</i> .....	154
<b>Anexo 4</b> <i>Diseño en AutoCAD del Filtro y Tanque de Reserva</i> .....	155
<b>Anexo 5</b> <i>Diseño en AutoCAD del Área Administrativa y Bodega de la PTAP</i> .....	156
<b>Anexo 6</b> <i>Registro Fotográfico</i> .....	158
<b>Anexo 7</b> <i>Encuesta Aplicable a la Población del Cantón El Tambo</i> .....	162

## RESUMEN

La presente investigación está enfocada en el Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población del Cantón El Tambo, Provincia de Cañar. Misma que tiene como finalidad tratar el agua proveniente de la Laguna de Culebrillas.

El tipo de trabajo realizado fue aplicado y experimental, en donde se realizó el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos; obtenidos de tres muestreos durante un trimestre, pues se siguió la metodología para la toma de muestras establecida en la NTE-INEN 1108, (2014), y posteriormente fueron comparados los resultados con los límites máximos permisibles en el Acuerdo Ministerial No. 097-a, (2015).

En base a los resultados obtenidos de los análisis antes mencionados, se pudo comprobar que los parámetros en cuestión están dentro de los límites establecidos, por lo que cumplen con la normativa ambiental vigente. Sin embargo, los valores de DBO5 y DQO están fuera de norma, esto debido a factores externos como la presencia de ganado bovino en el trayecto de la fuente de captación hacia la planta.

Finalmente, mediante pruebas de tratabilidad correspondientes a la prueba de jarras, se determinó que el mejor químico para el proceso fue el Sulfato de Aluminio; para la filtración el mejor tipo de filtro fue el granular y, para la cloración se determinó que el mejor desinfectante fue el Hipoclorito de Sodio, respectivamente. Cabe mencionar que, para el diseño el desinfectante usado fue el Cloro Gas.

**Palabras Clave: diseño, captación, tratamiento, parámetros, tratabilidad, norma**

## **ABSTRACT**

The present research is focused on the Designo of The Drinking Water Treatmente Plant for the population of the Cantón El Tambo, Province of Cañar. Which aims to treat wáter from the Culebrillas Lagoon.

The type of work carried out was applied and experimental, where the análisis of physical, chemical and microbiological parameters was carried out; obtained from three simples during one quarter, since the established sampling methodology was fallowed in the NTE-INEN 1108, (2014), and subsequently the results were compared with the máximo permissible limits in the Acuerdo Ministerial No. 097-a, (2015).

Based on the results obtained from the aforementioned analyses, it was posible to verify that the parameters in question are within the established limits, so they comply with current environmental regulations. However, BOD5 and COD values are out of norm, this due to external factors such as the presence of cattle on the way from the catchment source to the plant.

Finally, through treatability tests corresponding to the jar test, it was determined that the best chemical for the process was Aluminium Sulfate; for the filtration the best type of filter was granular and, for chlorination it was determined that the best desinfectant was Sodium Hypochlorite, respectively. It is worth mentioning that, for the designo of the plant, the desinfectant usea was Chlorine Gas.

**Ky Words: design, captation, treatment, parameters, treatability, rule**

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Se conoce que el agua tiene la capacidad de autodepuración, debido a que los contaminantes presentes se eliminan a través de la acción de procesos físicos, químicos y biológicos. Pues, debido a la gran cantidad de patógenos presentes en el agua potable, la autodepuración no es suficiente, pues es necesario el diseño y construcción de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).

El tipo de tratabilidad que necesita el agua potable para lograr satisfacer las necesidades de la población, va a depender de la calidad del agua y de la composición que se tenga, pues, la tratabilidad de la misma se basa fundamentalmente en la aplicación de procesos de desinfección y eliminación de contaminantes y microorganismos.

La disponibilidad del agua potable es un inconveniente en el presente, relacionada con una secuencia de componentes que van más allá del crecimiento de la población que cada vez más requieren de este recurso para el consumo humano.

Hace aproximadamente 30 años, el Cantón El Tambo era una parroquia que pertenecía al Cantón Cañar y debido a este factor no existía un buen servicio público de agua potable, ya que los trabajos eran realizados sin planificación alguna.

Hace varias décadas, la calidad del agua potable del Cantón El Tambo comprometió la salud de la población, estudios posteriores dieron a conocer que el agua presentaba un alto grado de nutrientes inorgánicos, que permitían el desarrollo de microorganismos los cuales emitían sustancias perjudiciales para el ser humano, cabe destacar, que estos microorganismos no eran de carácter tóxico (EMAPAT-EP, 2014).

## **1.2 Justificación**

Luego de varios años de ineficiencia de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del Cantón El Tambo, se ha visto la necesidad de proponer un nuevo diseño de una nueva PTAP, la cual, tendrá la función de abastecer a la población futura del Cantón, que se estima será de aproximadamente 14500 habitantes para el año 2046.

Los beneficiarios directos del proyecto, serán los propios moradores del Cantón, debido a que, esta planta sirve como fuente principal de consumo humano, ya que el agua deberá ser estéticamente aceptable y bacteriológicamente segura, por lo que es necesaria la verificación de la calidad del agua que se produce, para de esta forma, proteger la salud pública del Cantón.

Para la realización del diseño de la PTAP, se cuenta con el apoyo de las autoridades municipales del Cantón y de entidades públicas, tales como EMAPAT-EP, que es la empresa encargada del Sistema de Alcantarillado y Agua Potable del Cantón, así también, se cuenta con la información del Plan Maestro de Agua Potable y, del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT).

Este proyecto experimental tiene como finalidad, servir de ejemplo para personas afines a la Ingeniería Ambiental sobre cómo realizar el diseño de una PTAP. Los resultados de este trabajo de investigación útiles para los moradores del Cantón El Tambo, puesto que contendrá información importante sobre la calidad del agua potable, de tal manera que satisfaga las necesidades primarias de la población.

## **1.3 Línea Base**

### ***1.3.1 Ubicación***

Ubicado en la Carretera Panamericana, distanciado 6 km del Cantón Cañar; con una altura que oscila entre los 2600 y 4300 msnm, respectivamente.

### ***1.3.2 Extensión***

Posee una superficie de 6583,64 Ha aproximadamente; correspondiente al 1,62% de la extensión territorial total de la Provincia del Cañar.

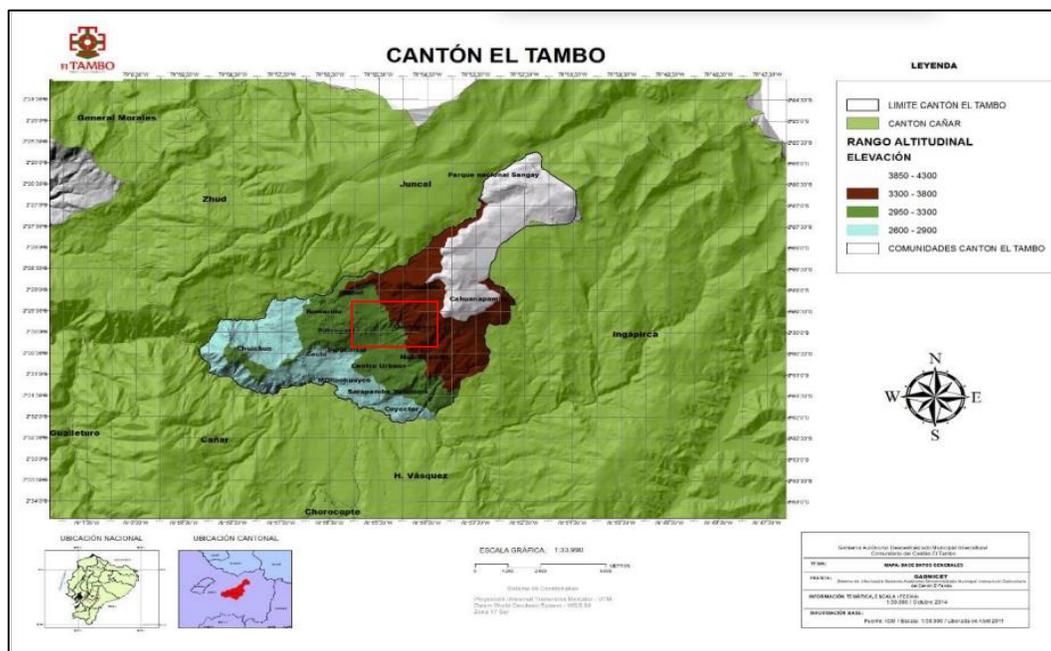
Su extensión se distribuye en 13 comunidades, mismas que comprenden: Absul, Cachi, Caguanapamba, Chuichun, Coyoctor, Cuchocorral, Jalupata, Marcopamba, Mlinohuayco, Pillcopata, Romerillo, Sunicorral y Yutuloma.

### ***1.3.3 Límites***

- **Norte:** Juncal e Ingapirca
- **Sur:** Cañar
- **Este:** Parroquia Ingapirca
- **Oeste:** Parroquia Juncal

**Figura 1**

*Límites del Cantón El Tambo*



**NOTA:** La forma cuadrangular de color rojo, corresponde a la Planta de Tratamiento de Agua Potable ubicada en Cuchocorral, lugar en el que se llevará a cabo el Proyecto de Titulación. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### ***1.3.4 Población***

Según datos del (INEC, 2001), el Cantón contaba con 8251 habitantes, y, de acuerdo al último censo realizado por el (INEC, 2010), la población del Cantón El Tambo fue de 9500 habitantes, respectivamente.

### ***1.3.5 Relieve***

Resultado de procesos internos y externos poniendo en evidencia la evolución del territorio gracias a las características geomorfológicas, pudiendo llegar a ocasionar la degeneración de los recursos naturales.

### ***1.3.6 Geomorfología***

Posee una variación altitudinal de 3600 a 4000 msnm con tendencia a disminuir. Esta característica proviene de las variaciones climáticas naturales como el vulcanismo, tectonismo y proceso fluvial.

### ***1.3.7 Geología***

Ubicado al norte de la Cordillera de los Andes, y en cinco zonas morfológicas, localizado en la Cordillera Occidental y la Cordillera Real.

### ***1.3.8 Uso y Cobertura del Suelo***

#### **1.3.8.1 Uso Actual del Suelo**

**Tabla 1**

*Uso Actual del Suelo*

<b>USO ACTUAL</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
70% de bosque plantado con 30% de áreas erosionadas	81994	0,06
70% de cultivos de ciclo corto con 30% de áreas erosionadas	1072,5497	7,24
70% de cultivos de ciclo corto con 30% de bosque plantado	42,4022	0,29
70% de cultivos de ciclo corto con 30% de pasto natural	9433,3868	63,71
70% de cultivos de ciclo corto con 30% de vegetación arbustiva	50,7476	0,34
70% de maíz con 30% de áreas erosionadas	112,4826	0,76
70% de pasto cultivado con 30% de maíz	941,9575	6,36
70% de pasto cultivado con 30% de vegetación arbustiva	197,8613	1,34
70% de pasto natural con 30% de vegetación arbustiva	185,0150	1,25
70% de vegetación arbustiva con 30% de maíz	7,5425	0,05

Áreas urbanas	380,6817	2,57
Bosque natural	190,2513	1,28
Cultivos de ciclo corto	0,1791	0,00
Maíz	181,6871	1,23
Pasto cultivado	151,6608	1,02
Páramo	1158,8684	7,83
Páramo intervenido con pasto cultivado	0,2117	0,001
Páramo intervenido con pasto y cultivos de ciclo corto	690,3250	4,66
<b>TOTAL</b>	<b>14806,0097</b>	<b>100</b>

**NOTA:** Representación del Uso del Suelo por el tipo de cultivos que se realizan. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### 1.3.8.2 Cobertura del Suelo

**Tabla 2**

*Cobertura del Suelo*

COBERTURA VEGETAL	HISTÓRICO POR AÑO (año/Ha)		
	2000	2008	2018
Bosque	13	4	162,68
Cuerpos de agua	48	45	771,16
Áreas agropecuarias	3939	4161	5672,51
Vegetación arbustiva y herbácea	2208	2057	1473,84

**NOTA:** Incremento significativo de la cobertura del suelo desde el año 2000 al 2018. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### ***1.3.9 Clima***

#### **1.3.9.1 Precipitación**

Pluviosidad media que oscila entre los 500-1200 mm/año; y, de acuerdo a la distribución de sus comunidades varía en dependencia de la época del año.

#### **1.3.7.2 Temperatura**

Varía entre 8 y 10 °C. En la zona del páramo, la temperatura oscila entre 4 y 6 °C; en el Parque Nacional Sangay entre 6 y 8 °C y en la zona urbana entre 8 y 10 °C.

#### **1.3.7.3 Viento**

Abarca los meses desde Junio hasta Septiembre, en la época de verano; en donde el factor del viento está en función de la altura y del medio geográfico.

#### **1.3.7.4 Humedad**

Es una función de la temperatura, viento y precipitación. Es más fuerte en los meses de Enero, Febrero, Abril, Noviembre y Diciembre cuando hay más precipitación; mientras que Junio, Julio, Agosto y Septiembre se consideran meses más secos, por lo que disminuye.

#### **1.3.7.5 Nubosidad**

Está en función de la temporada climática, en la época lluviosa la nubosidad mayor es de 6,42 octas aproximadamente.

#### **1.3.7.6 Evaporación**

Los datos se obtienen de la Estación Meteorológica ubicada en el Cantón Cañar. La cantidad de evaporación anual es de aproximadamente 1508,3 mm; obteniéndose un déficit hídrico de 865,2 mm/año.

### 1.3.8 Educación

**Tabla 3**

*Establecimientos Educativos del Cantón*

<b>COMUNIDAD</b>	<b>NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN</b>	<b>CORRESPONDENCIA</b>	<b>TIPO DE INSTITUCIÓN</b>
Absul	Cecib de Educación Básica Culebrillas	Inicial, Básica Media	Fiscal
Centro	Unidad Educativa Fiscomisional Mariana de Jesús	Inicial, Básica Superior	Fiscomisional
Centro	Escuela de Educación Básica 12 de Octubre	Inicial, Básica Media	Fiscal
Centro	Escuela de Educación Básica Alfonso María Ortiz	Inicial, Básica Superior	Fiscal
Centro	Unidad Educativa Comunitaria Intercultural Mushuk Kawsay	Inicial, Bachillerato	Fiscomisional
Centro	Unidad Educativa El Tambo	Básica Superior, Bachillerato	Fiscal
Chuichun Centro	Escuela de Educación Básica Alfonso María Arce	Inicial, Básica Superior	Fiscal
Chuichun Tunaspamba	Cecib de Educación Básica Lázaro Condo	Inicial, Básica Media	fiscal
Coyector	Escuela de Educación Básica Delfilio Larriva	Inicial, Básica Media	Fiscal
Molinohuayco	Cecib de Educación Básica 20 de Agosto	Inicial, Básica Media	Fiscal

Pilcopata	Escuela de Educación Básica Belisario Andrade	Inicial, Básica Superior	Fiscal
Romerillo	Cecib de Educación Básica San José de Romerillo	Inicial, Básica Media	Fiscal

**NOTA:** Equipamiento de Escuelas y Colegios. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### 1.3.9 Salud

**Tabla 4**

*Establecimientos de Salud a los que asiste la población del Cantón*

COMUNIDAD	H. CAÑAR (%)	CLÍNICA (%)	C SALUD TAMBO (%)	MED. PARTICULAR (%)	H. AZOGUEZ (%)	H REGIONAL (%)	MED. NATURAL (%)	S. CAMP (%)
Absul	5,71	0,00	84,29	10,00	1,43	0,00	2,86	0,00
Cachi	30,56	0,00	38,89	19,44	0,00	0,00	2,78	2,78
Caguana Pamba	3,33	0,00	31,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chuichun	14,58	0,00	50,00	19,17	0,42	0,00	2,08	1,25
Coyoctor	20,00	1,82	36,36	25,45	0,00	0,00	7,27	0,00
Cuchocorral	2,33	0,00	60,47	16,28	4,65	0,00	2,33	0,00
Husha Estancia	4,76	0,00	19,05	57,14	0,00	0,00	14,29	0,00
Jalupata	8,00	0,00	64,00	22,00	2,00	0,00	6,00	0,00

Marcopamba	4,76	9,52	66,67	9,52	0,00	0,00	9,52	0,00
Molinohuayco	8,93	0,00	32,14	26,79	64,29	1,79	12,50	3,57
Pillcopata	16,98	0,94	60,38	26,42	0,94	0,00	0,00	8,49
Romerillo	5,08	0,00	38,98	18,64	0,00	0,00	18,64	0,00
Sarapamba	0,00	0,00	85,71	0,00	0,00	0,00	14,29	0,00
Yutuloma								
Sunicorral	7,48	0,00	74,77	20,56	0,00	0,00	4,67	0,93
<b>PROMEDIO</b>	<b>9,46</b>	<b>0,88</b>	<b>53,06</b>	<b>19,39</b>	<b>5,27</b>	<b>0,13</b>	<b>6,94</b>	<b>1,22</b>

**NOTA:** Representación de las casas de salud a los que acude la población del Cantón. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### *1.3.10 Servicio Eléctrico*

**Tabla 5**

*Distribución de la Energía Eléctrica en las Zonas Urbana y Rural*

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>ÁREA URBANA (%)</b>	<b>ÁREA RURAL (%)</b>	<b>TOTAL (%)</b>
Red de empresa eléctrica de servicio público	46	49	95
Generador de luz (Planta eléctrica)	-	0,04	0
Panel solar	0,17	-	0,17
Otro	0,04	0,1	0,13
No tiene	1	3	4
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>100</b>

**NOTA:** Representación del abastecimiento de energía eléctrica entre las comunidades del Cantón. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### 1.3.11 Saneamiento

**Tabla 6**

*Servicio de Alcantarillado*

ALCANTARILLADO	ÁREA	ÁREA	TOTAL (%)
	URBANA (%)	RURAL (%)	
Conectado a red pública de alcantarillado	40	12	52
Conectado a pozo séptico	3	15	19
Conectado a pozo ciego	1	9	10
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	1	1	2
Letrina	0,2	1	2
No tiene	2	13	15
<b>TOTAL</b>			<b>100</b>

**NOTA:** Existen zonas tanto urbanas y rurales que no disponen del servicio de alcantarillado. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### 1.3.12 Principales Actividades Productivas

Según datos del (INEC, 2010) se tiene la siguiente información:

**Tabla 7**

*Principales Actividades Productivas del Cantón*

RAMA DE ACTIVIDAD (PRIMER NIVEL)	ÁREA URBANA O RURAL			
	ÁREA URBANA	ÁREA RURAL	TOTAL	PORCENTAJE (%)
<b>SECTOR PRIMARIO</b>				
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	318	914	1232	36,31

Explotación de minas y canteras	2	3	5	0,15
<b>SECTOR SECUNDARIO</b>				
Industrias manufactureras	151	65	216	6,37
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	-	4	4	0,12
Construcción	179	164	343	10,11
<b>SECTOR TERCIARIO</b>				
Comercio al por mayor y menor	256	72	328	9,67
Transporte y almacenamiento	190	69	259	7,63
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	36	14	50	1,47
Información y comunicación	17	4	21	0,62
Actividades financieras y de seguros	17	8	25	0,74
Actividades profesionales, científicas y técnicas	18	2	20	0,59
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	13	4	17	0,50
Administración pública y defensa	88	49	137	4,04
Enseñanza	130	28	158	4,66
Actividades de la atención de la salud humana	47	7	54	1,59
Artes, entretenimiento y recreación	5	4	9	0,27
Otras actividades de servicios	29	7	36	1,06
Actividades de los hogares como empleadores	58	64	122	3,60
No declarado	109	34	99	2,92
Trabajador nuevo	65	34	99	2,92

<b>TOTAL</b>	<b>1733</b>	<b>1660</b>	<b>3393</b>	<b>100</b>
--------------	-------------	-------------	-------------	------------

**NOTA:** Determinación de la rama de actividad por zona en el Cantón El Tambo. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

### *1.3.13 Conectividad*

**Tabla 8**

*Conectividad del Cantón El Tambo*

<b>TIPO DE CONECTIVIDAD</b>	<b>FUNCIÓN DE CONECTIVIDAD</b>
<b>Primer Orden</b>	Vía Durán-Tambo conecta el Norte y Sur, también la Costa y Sierra
<b>Segundo Orden</b>	Vías carrozables que interconectan entre cabeceras urbanas parroquiales y sirven de distribuidoras
<b>Tercer Orden</b>	Vías carrozables de acceso o servicio local
<b>Cuarto Orden</b>	Vías carrozables en verano
<b>Quinto Orden</b>	Senderos y camino
<b>Línea Férrea</b>	Ruta El Tambo-Coyoctor con fines turísticos

**NOTA:** La conectividad del Cantón está representada en función de la conectividad que generalmente es la interconexión entre cantones y provincias. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Municipio Comunitario El Tambo, 2016).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar una Planta de Tratamiento de Agua Potable, con el programa de AutoCAD para la población del Cantón El Tambo, Provincia de Cañar.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la calidad del agua potable mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, para la dotación de agua a la población.
- Dimensionar la planta de tratamiento de agua potable en base a los resultados de pruebas de tratabilidad de agua de la población del Cantón El Tambo, Provincia de Cañar.
- Realizar un estudio de sostenibilidad, a través de la evaluación de costos para verificar la utilidad de la planta en los ámbitos económico y técnico.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Marco Teórico

#### *2.1.1 Problemática Mundial del Recurso Agua*

El informe ejecutivo de la UNESCO (2006), menciona que, “Los recursos hídricos del mundo deben satisfacer las necesidades de agua potable, saneamiento, producción de alimentos, energía e industria, así como el mantenimiento de los ecosistemas naturales” (p. 12). Sin embargo, estas demandas se ven afectadas por el notorio grado de desigualdad entre los pobres, marginados y los más ricos en todo el mundo ya que hay menos suministro en los países en desarrollo. Así mismo, la ONU (2019), afirma lo siguiente:

Trece de cada diez personas (2100 millones de personas, es decir, el 29% de la población mundial) no utilizaron un servicio de agua potable gestionado de forma segura en 2015, mientras que 844 millones de personas aún no tenían acceso a un servicio básico de agua potable. De todas las personas que usaban servicios de agua potable solo una de cada tres (1900 millones) vivía en zonas rurales. (p. 20)

En el estudio, se puede conocer que la mayoría de la población que se encuentra exenta de gozar de este recurso, son aquellas que viven en la zona pobre del mundo como los países tercer mundistas, sin acceso a saneamiento y abastecimiento adecuado del servicio de agua potable.

Según los informes de (AQUASTAT, 2018), el consumo en exceso de agua ha aumentado a partir de la década de los 80's en un 1% cada año; y se debe, principalmente, al crecimiento demográfico en los países en vías de desarrollo que se ha generado en los últimos años.

Estudios realizados por (Burek et al., 2016; OECD, 2011), afirman que para el año 2050 se estima un crecimiento en el consumo de agua en un 20 – 30% a lo que se tiene actualmente, a pesar de que está actuando como una proyección, sus investigaciones aseguran que esto se reflejará en la demanda de actividades en el ámbito industrial y doméstico; provocando un declive en el sector agrícola.

### ***2.1.2 Recurso Agua en el Ecuador***

Ecuador es un país sudamericano con mayor cantidad de reservas hídricas; no obstante, al ser un país en vías de desarrollo, tiene problemas en la distribución y abastecimiento del recurso debido a que en su mayoría se destinan solo a unos pocos, ya que, para destacar, el Gobierno asigna gran cantidad de la misma a la agricultura para así poder exportarlos.

El MAE y SENAGUA (2016), mencionan, “La prioridad de uso del agua es para consumo humano, soberanía alimentaria, caudales ecológicos; y, para el uso del riego para producción agropecuaria, agroindustria de exportación; y, actividades turísticas, generación de energía eléctrica y energía hidrotérmica” (p.32). Como se mencionó anteriormente, el Ecuador es un país productor y exportador de productos como el cacao, banano, flores y vegetales, por lo que el consumo de grandes cantidades de agua para su producción es considerable.

De acuerdo a la investigación de Galarraga (2000), menciona que el Ecuador está dividido en 31 Sistemas Hidrográficos, los cuales se componen de 79 cuencas. Estos sistemas corresponden a las 31 cuencas que se originan en los Andes y se extienden hacia el Océano Pacífico en un 48,07% y a la Región Oriental en un 51,41%, respectivamente.

En la gestión del recurso agua, a lo largo de los años, Ecuador ha carecido de leyes y/o políticas nacionales para su mantenimiento y protección; es por ello que en el año 2014 entró en vigencia la Ley Orgánica de Recursos Hídricos; Usos y Aprovechamiento del Agua. Pues bien, en la Constitución de la República del Ecuador del año (2008) el Artículo 12 menciona, “El derecho humano al agua es fundamental e inalienable. El agua es el patrimonio estratégico de la nación para el uso público, irrenunciable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (p. 13). Dicho esto, el objeto de las Leyes antes descritas es el de respetar los derechos del Buen Vivir.

### **2.1.3 Agua**

Compuesto con propiedades únicas e importantes, considerado el más exuberante en el mundo y el más influyente sobre los procesos físicos, químicos y biológicos presentes en el medio natural (García et al., 2001). De esta manera, se conoce la importancia que tiene el recurso vital y el cuidado que se le debe tener, ya que es necesario para satisfacer las necesidades de la población.

**Tabla 9**

*Distribución del Agua en la Tierra*

<b>FUENTE</b>	<b>VOLUMEN (Km<sup>3</sup>)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Océanos	1320500000	97,22
Capas de Hielo	29000000	2,13
Agua Subterránea	8300000	0,611
Glaciares	210000	0,015
Lagos de Agua Dulce	125000	0,009
Mares Internos (Salados)	104000	0,008

Humedad de la Tierra	67000	0,005
Atmósfera	13000	0,001
Ríos	1250	0,001
<b>TOTAL</b>	<b>1358320250</b>	<b>100</b>

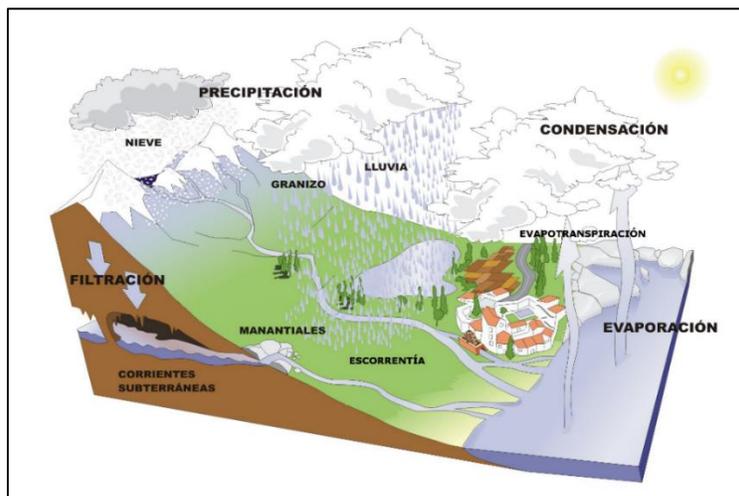
**NOTA:** Representación de la distribución del recurso agua en la Tierra. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Jiménez, 2014).

### 2.1.3.1 Ciclo Biogeoquímico del Agua

Ordoñez (2011), en su investigación sobre el Ciclo Hidrológico del Agua cita la definición planteada por (Chereque, 1989), en donde resalta que “El Ciclo Hidrológico es el conjunto de cambios que experimenta el agua en la Naturaleza, tanto en su estado sólido, líquido y gaseoso; como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.)”, (p. 1). Con estas palabras, es posible mencionar que estos cambios y/o movimientos en la naturaleza, se deben principalmente a la energía solar y a la gravedad de la Tierra.

### Figura 2

*Ciclo Hidrológico del Agua*



**NOTA:** Representación de las etapas del ciclo del agua en la Tierra. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Ordoñez, 2011).

A continuación, se definen las etapas que conforman el Ciclo Hidrológico:

**Tabla 10**

*Etapas del Ciclo Hidrológico*

<b>ETAPA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Precipitación (P)</b>	Agua que cae en estado líquido o sólido, considerado un fenómeno discontinuo que varía en el espacio y tiempo (Auge, 2007).
<b>Evaporación (E)</b>	Proceso que convierte el líquido en vapor, siendo el mayor responsable la radiación del sol (Auge, 2007).
<b>Transpiración (Tr)</b>	Desarrollo físico y biológico de la evaporación del agua líquida debido a la biotransformación de las plantas (Auge, 2007).
<b>Evapotranspiración (Evt)</b>	“Efectos de la evaporación del agua en la superficie terrestre y en mares, ríos y lagos; y la transpiración de la tierra a través de los seres vivos, es peculiar de las plantas” (Cabezas, 2015).
<b>Infiltración (I)</b>	Proceso en que el agua se mueve desde la superficie hacia el suelo, creando una recarga en el acuífero gracias al efecto de la percolación (Auge, 2007).
<b>Escorrentía (Es)</b>	Lluvia que fluye por las laderas de las montañas sin llegar a filtrarse, bloquearse o evaporarse (Ordoñez, 2011).

**NOTA:** Definición de cada una de las etapas que conforman el ciclo hidrológico. Elaborado por: La autora.

### 2.1.3.2 Fuentes de Agua

**Tabla 11**

*Fuentes de Agua y Cuestiones Asociadas a la Fuente*

<b>FUENTE DE AGUA</b>	<b>CUESTIONES</b>
<b>Agua Superficial</b>	Alto índice de flujo sensible a la contaminación, sólidos en suspensión, turbidez y patógenos altos.

---

<b>Aguas Subterráneas</b>	Tasa de flujo más baja, pero capacidad de filtración natural para eliminar sólidos en suspensión, turbidez y patógenos. Puede contener grandes cantidades de sólidos disueltos incluidos Fe, Mn, Ca y Mg.
<b>Agua de Mar</b>	Alto consumo de energía para la desalinización, costosa en comparación con otras fuentes, debe considerarse la eliminación de la salmuera sobrante.
<b>Aguas Reclamadas y Utilizadas</b>	En la actualidad es usada para riego de cultivos agrícolas, jardinería y recarga de agua subterránea potable. Incluso el uso disperso de aguas residuales.

---

**NOTA:** Representación de las fuentes de agua con cuestiones asociadas a las mismas en la que se destacan los usos y forma de recuperación del recurso agua. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Zimmerman & Mihelcic, 2011a).

#### ***2.1.4 Agua Potable***

De acuerdo a la investigación realizada por Jiménez (2014) menciona que, “El agua potable es aquella que cumple con la norma establecida por la (OMS), la cual indica la cantidad de sales minerales disueltas que debe contener para adquirir la calidad de agua potable” (p. 16). Esto quiere decir, que las características físicas, químicas y microbiológicas deben cumplir la norma para que pueda ser utilizada como consumo humano y, haber sido sometida a un proceso de potabilización previa.

##### **2.1.4.1 Calidad del Agua**

Definida por las características físicas, químicas y microbiológicas que debe presentar el agua para mantener el equilibrio ecosistémico, y, de esta manera cumplir con los objetivos de calidad ecológica (Directiva Marco de las Aguas, 2016).

Buelta & Martínez (2015), mencionan, “La importancia de asegurar acceso al agua potable y de calidad, es una prioridad para entidades como UNICEF o la MS, entre otras, a

nivel mundial” (p. 4). El acceso al agua potable es un derecho otorgado, que no ha sido logrado por muchos.

## 2.1.4.2 Parámetros de Calidad

### 2.1.4.2.1 Parámetros Físicos

**Tabla 12**

*Parámetros Físicos del Agua*

<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Color</b>	Debido a la presencia de materia orgánica, también a la presencia de iones metálicos naturales (hierro), y por último, puede originarse de la contaminación por descargas industriales (OMS, 2006).
<b>Conductividad Eléctrica</b>	Capacidad que posee el agua para transportar una corriente eléctrica, y va a depender de la presencia de iones en una disolución (Zhen, 2009).
<b>Olor y Sabor</b>	Pueden ser ocasionados por contaminantes químicos, naturales, orgánicos e inorgánicos o por procesos biológicos, contaminación o tratamiento del agua (OMS, 2006).
<b>Potencial Hidrógeno</b>	“Es una medida del contenido de ion hidrógeno en medio acuoso. Las aguas que poseen un valor de pH superior a 7 son alcalinas, y menor a 7 son ácidas” (Zhen, 2009).
<b>Temperatura</b>	Parámetro termodinámico de un sistema de estados que indica la transferencia de energía. La temperatura más alta afecta el oxígeno presente en el agua, porque el proceso fotosintético es más rápido y elimina la materia orgánica más rápido, (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>Turbidez</b>	Ocasionado por la presencia de materiales en suspensión, ya sean coloidales o particulados que interfieren con el paso de la luz hacia el agua (Zhen, 2009).
<b>Sólidos Disueltos</b>	Nombrado por la fusión del producto en el medio acuoso y sólo se puede almacenar en el proceso de microfiltración a través de una membrana con poros de 2µm, (Minaya, 2017).

<b>Sólidos Suspendidos</b>	“Corresponden a los sólidos presentes en el agua, exceptuados los solubles y los sólidos en estado coloidal; aquellas que tienen partículas superiores a 1µm y que son retenidas mediante una filtración” (Arizaga, 2016).
<b>Sólidos Volátiles y Fijos</b>	“Aquellos que se pierden por calcinación de material orgánico a 550 °C, mientras que el material remanente son los sólidos fijos; es decir, el material inorgánico” (Arizaga, 2016).

**NOTA:** Definición de los parámetros físicos presentes para determinar la calidad del agua. Elaborado por: La autora.

#### 2.1.4.2.2 Parámetros Químicos

**Tabla 13**

*Parámetros Químicos del Agua*

<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Aluminio</b>	En el agua potable las principales fuentes del aluminio son de origen natural y sales de aluminio, utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua (OMS, 2006).
<b>Arsénico</b>	Por lo general, se encuentra en pequeñas cantidades, excepto cuando aumenta debido a descargas de residuos industriales o por efecto de arrastre con agua fluvial (Orellana, 2005).
<b>Calcio</b>	Combinado con magnesio, afecta la dureza del agua y es más un problema industrial con incrustaciones en la tubería que un problema de salud, (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>Cloro Libre Residual</b>	Cloro que se queda en el agua luego de haberse realizado un tratamiento (Tinoco, 2019).
<b>Cloruros</b>	Su presencia debe al agregar cloro a las plantas de tratamiento de agua como desinfectante (OMS, 2006).
<b>Cobre</b>	En las plantas de agua potable tiene un efecto corrosivo ante las tuberías de cobre. Las concentraciones pueden variar según el tiempo de retención del agua (OMS, 2006).

---

<b>DBO5</b>	Porción de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica de una muestra líquida (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>DQO</b>	Cantidad de oxígeno que ha sido consumido por la presencia de agentes reductores en una muestra líquida sin la intervención de microorganismos vivos (Arizaga, 2016).
<b>Fluoruros</b>	“El ion fluoruro corresponde a sales de solubilidad limitada, suele encontrarse en cantidades superiores a 1ppm, la mayoría de fluoruros con cationes monovalentes son solubles en agua, y, los divalentes son insolubles” (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>Fosfatos</b>	Se forma a partir del fósforo inorgánico, se presenta también como partículas. Considerado un bionutriente, pero en altas concentraciones fomenta la eutrofización (Bolaños et al., 2017).
<b>Hierro</b>	Se encuentra con concentraciones de 0,5 – 50 mg/L; su presencia en el agua potable se debe al uso de coagulantes o a la corrosión de las tuberías (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>Magnesio</b>	En conjunto con el Calcio, es uno de los minerales que produce la dureza, pues es más soluble y más complicado de precipitar (Orellana, 2005).
<b>Manganeso</b>	Su presencia está relacionada de manera directa con el hierro; ya que en los filtros y conductos de la distribución del agua, ayuda al desarrollo y crecimiento de microorganismos (Orellana, 2005).
<b>Mercurio</b>	“La concentración en medios acuosos es relativamente pequeña, normalmente se encuentra unido a materia particulada y al sedimento. Presenta una elevada toxicidad potencial, debido principalmente por los procesos de bioacumulación” (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>Nitratos</b>	Tiene su origen de fuentes naturales y la artificial. Considerado normal en bajas concentraciones, pero en altas concentraciones produce contaminación de la fuente de agua y cianosis en los humanos (Minaya, 2017).
<b>Nitritos</b>	Mayormente tóxicos que los nitratos, pero por la acción oxidante del cloro se convierte nuevamente en nitrato (Arizaga, 2016).
<b>Oxígeno Disuelto</b>	Cantidad de oxígeno que se ha disuelto en el agua para el crecimiento de microorganismos. La concentración depende de la

---

	respiración (animal y vegetal), DBO y reoxigenación atmosférica (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>Sulfatos</b>	Producto de la oxidación del SO <sub>2</sub> . En condiciones anaerobias, son fuente de oxígeno para las bacterias, llegando a formar sulfuro de hidrógeno (Zhen, 2009).

**NOTA:** Definición de los parámetros químicos para determinar la calidad del agua. Elaborado por: La autora.

#### 2.1.4.2.3 Parámetros Microbiológicos

**Tabla 14**

##### *Parámetros Microbiológicos del Agua*

<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	Bacilos gram-negativos que, mediante la generación de gas y ácido a altas temperaturas fermentan la lactosa. Su presencia es señal la contaminación en el agua. El grupo que más sobresale es la <i>Escherichia Coli</i> (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012).
<b>Coliformes Totales</b>	Bacilos gram-negativos aerobios o anaerobios facultativos y no esporulantes, producen la enzima β-galactosidasa para fermentar la lactosa y llegar a reproducirse (OMS, 2006).

**NOTA:** Definición de los parámetros microbiológicos presentes para determinar la calidad del agua. Elaborado por: La autora.

#### 2.1.4.3 Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable

Agrupación de obras y/o actividades que permiten a las comunidades disponer del recurso para el consumo, usos en servicios públicos, entre otros. El suministro debe ser suficiente y de la mejor calidad, visto del lado físico, químico y microbiológico (Camacho, 2018). Se clasifican en convencionales y no convencionales.

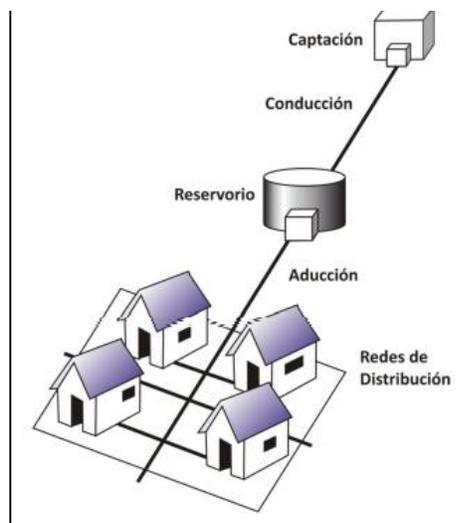
### 2.1.4.3.1 Sistemas Convencionales

#### 2.1.4.3.1.1 Sistema de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento (GST)

Según Agüero, (1997) generalmente procede de agua de lluvia; de aguas superficiales, etc., y, el agua subterránea es suministrada por aguas superficiales y precipitaciones como arroyos, lagos y estanques. No se requiere ningún procedimiento de desinfección. Debido a la proximidad de los contaminantes, los costos de inversión, operación y mantenimiento son bajos. Sin embargo, habrá más sal disuelta debido a la fuente de captación.

#### Figura 3

*Sistema de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento (GST)*



**NOTA:** Representación de los componentes del GST. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Barrios et al., 2009).

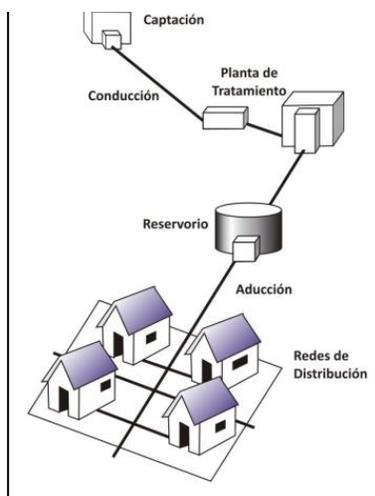
#### 2.1.4.3.1.2 Sistema de Abastecimiento por Gravedad con Tratamiento (GCT)

Conformado por estructuras que transportan el agua de origen superficial a la red de conexiones domiciliarias, deben ser desinfectadas antes de su distribución. Requieren mantenimiento constante. Capaz de remover la turbidez del agua cruda. Para su operación y

mantenimiento, necesita de personal especializado; en ocasiones requiere de productos químicos para la clarificación, y, desinfección obligatoria.

#### **Figura 4**

##### *Sistema de Abastecimiento por Gravedad con Tratamiento (GCT)*



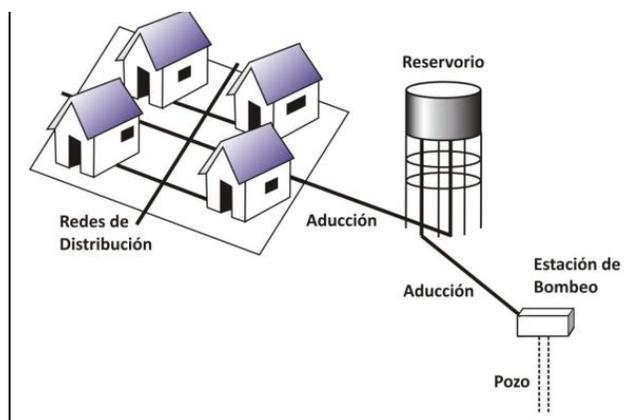
**NOTA:** Representación de los componentes del GCT. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Barrios et al., 2009).

#### **2.1.4.3.1.3 Sistema de Abastecimiento por Bombeo sin Tratamiento (BST)**

Agua subterránea requiere de un equipo mecánico para impulsar el agua a un nivel de utilidad para la comunidad. El proceso de desinfección no es controlado, pues no se considera peligroso. Sin embargo, la operación y mantenimiento necesita de operadores especializados, lo que significa una alta inversión para su puesta en marcha.

**Figura 5**

*Sistema de Abastecimiento por Bombeo sin Tratamiento (BST)*



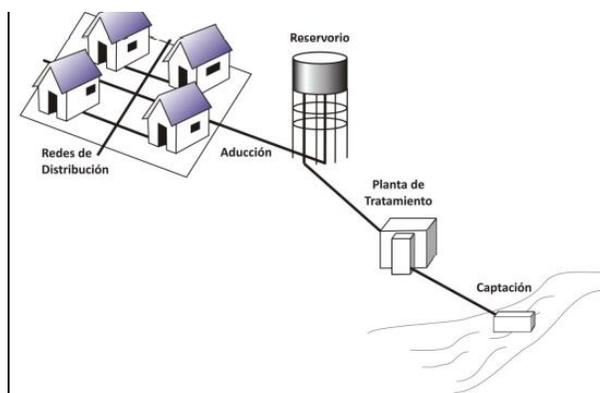
**NOTA:** Representación de los componentes del BST. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Barrios et al., 2009).

#### **2.1.4.3.1.4 Sistema de Abastecimiento por Bombeo con Tratamiento (BCT)**

Es necesaria una intervención de la planta de tratamiento, pues el agua captada es conducida hasta la red de distribución. Cuando el agua está contaminada es necesario bombearla, puesto que debe cumplir con los parámetros de calidad. La operación y mantenimiento requiere de operadores especializados, generando un costo de inversión alto. Este sistema es difícil de aplicar debido a que no es confiable.

## Figura 6

### *Sistema de Abastecimiento por Bombeo con Tratamiento (BCT)*



**NOTA:** Representación de los componentes del BCT. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Barrios et al., 2009).

### **2.1.5 Tratamiento del Agua Potable**

Se denomina al conjunto de sistemas, operaciones y procesos unitarios con la finalidad de eliminar o reducir la contaminación presente en el agua a través de procesos físicos y químicos (Jiménez, 2014). Este proceso permite el consumo humano.

#### **2.1.5.1 Medidor de Gasto o Vertedero Triangular**

Mecanismo usado para la medición y control del caudal de agua en canales abiertos. Posee una forma geométrica bien definida y un acabado cortado, realizado en una hoja resistente que permite el paso del fluido manteniendo la superficie libre de descamaciones (Materón, 1997).

Según (Domínguez, 1999), este vertedero triangular es sensible a cambios en la rugosidad de la placa, en donde se ejerce muy poco peso sobre la altura de la cúspide y el ancho del canal. Generalmente, mide canales inferiores a 30 L/s con un ángulo de 90°.

### **2.1.5.2 Coagulación – Flocculación**

Según (Zimmerman & Mihelcic, 2011), el proceso de coagulación “Es un paso de neutralización de carga que involucra el acondicionamiento de la materia suspendida, coloidal y disuelta al añadir coagulantes”, (p. 408). Mientras que el proceso de flocculación “Involucra la agregación de partículas desestabilizadas y la formación de partículas más grandes conocidas como flóculo”, (p. 408). Estos procesos nos dan a conocer que son necesarios en el tratamiento del agua potable, pues serán un futuro indicador de la calidad de agua que se tenga para el siguiente proceso.

### **2.1.5.3 Sedimentación**

Proceso en el que las partículas suspendidas en el agua serán eliminadas gracias a la acción de la gravedad en un periodo de tiempo determinado, la única condición que deben tener estas partículas es tener una densidad mayor a la del agua, (Zimmerman & Mihelcic, 2011). Este proceso tiene la finalidad de eliminar y/o reducir la turbiedad presente.

### **2.1.5.4 Filtración**

Proceso en el que a través de filtros permeables se eliminan partículas más pequeñas e impurezas presentes en el agua, generalmente, se emplea el tipo de filtración de medio granular y la filtración de membrana (OMS, 2006).

### **2.1.5.5 Desinfección**

Proceso en el que microorganismos patógenos son eliminados o removidos en un periodo de tiempo determinado con el fin de mejorar la calidad del agua para consumo humano. El método más efectivo es la cloración, pues es eficiente y fácil de usar. El tipo de cloro que se usa es el Cloro Gas, debido a su rápida reacción con el medio que se quiere

desinfectar. Cabe mencionar, que la dosis de cloro gas requerida para el tratamiento es de 120 lb/día (Vera, 2017).

## 2.2 Marco Legal

**Tabla 15**

*Normativa Ambiental y Legal sobre Agua Potable*

<b>NORMATIVA</b>	<b>ARTÍCULO</b>
Constitución de la República del Ecuador, (2008)	12, 14, 264, 318, 375, 411, 412
Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización, (2010)	55, 137, 568, 577, 584, 26, 191
Código Orgánico del Ambiente, (2017)	
Ley de Gestión Ambiental, (2004)	5, 12, 23
Ley Orgánica de Salud, (2006)	96
Ley de Aguas, (2004)	22
Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, (2014)	12, 35, 37
Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, (2015)	214, 215
Norma Técnica Ecuatoriana – INEN y Acuerdo Ministerial No. 097-a	

**NOTA:** En la tabla15, se presenta la normativa ambiental y legal vigente en el que se expresa la importancia del agua potable y su protección. Elaborado por: La autora.

**Tabla 16***Límites Máximos Permisibles para el Agua Potable*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
<b>Características Físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co) o (PCU)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	No objetable
Sabor	---	No objetable
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	6-9
Oxígeno Disuelto	mg/L	2
<b>Características Químicas</b>		
Arsénico	mg/L	0,01
Cloro libre residual*	mg/L	0,3 a 1,5
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días), DBO	mg/L	<2
Fluoruros	mg/L	1,5
Hierro	mg/L	0,5
Manganeso, Mn	mg/L	0,4
Mercurio, Hg	mg/L	0,006
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/L	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/L	0,2
Sulfatos	mg/L	250

---

**Características Microbiológicas**

---

Coliformes Fecales	NMP/100 ml	20
Coliformes Totales	NMP/100 ml	200

---

**NOTA:** Demostración de los requisitos que debe cumplir el agua potable para ser apta para el consumo humano. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Acuerdo Ministerial No. 097-a, 2015) y (NTE-INEN 1108, 2014).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se procedió a realizar una visita de campo a la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Cantón El Tambo ubicada en el sector de Cuchocorral, Provincia de Cañar. Se realizaron 3 muestreos “*in situ*” del tipo de muestra simple, puntual y manual una vez al mes durante un trimestre para el posterior análisis en laboratorio de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

El tipo de investigación para este trabajo fue aplicada y experimental, ya que se realizaron análisis de diferentes parámetros, con el fin de determinar la calidad del agua que servirá como abastecimiento de consumo humano para los moradores del Cantón El Tambo y que posteriormente sirvieron para el dimensionamiento del diseño de la PTAP.

#### **3.1 Recopilación de Información**

##### ***3.1.1 Información Primaria***

La información recaudada en la fase de campo fue obtenida a través de la implementación de encuestas descriptivas de carácter social, económico y ambiental.

##### ***3.1.2 Información Secundaria***

La información bibliográfica fue recopilada de fuentes físicas y virtuales, adicionalmente, se desarrolló la información a partir de los datos obtenidos de la información primaria.

#### **3.2 Muestreo**

Para la toma de muestras en los puntos establecidos, se utilizó la normativa definida en las siguientes Normas Técnicas Ecuatorianas: (NTE-INEN 2169, 2013) “*Agua. Calidad*

del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras”; en la (NTE-INEN 2176, 2013) “Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo”; y en la (NTE-INEN 2226, 2013) “Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo”, en el que se realizaron muestreos simple, puntual y manual para comparar los resultados obtenidos con la (NTE-INEN 1108, 2014) “Agua Potable. Requisitos”.

### 3.3 Ubicación de los Puntos de Muestreo

1. Rompe Presiones (RP): Agua es cruda y llega directamente de la laguna.
2. Tanque de Captación (TC): Agua es cruda y contiene sedimentos.
3. Planta de Tratamiento (PT): Agua cruda es tratada con químicos.

**Tabla 17**

*Coordenadas UTM - WGS - 84 - Zona 17S*

PUNTOS	CÓDIGO	LATITUD	LONGITUD	X	Y
Rompe Presiones	RP	-2.50350244	-78.93006172	730164.153 E	9723104.327 N
Tanque de Captación	TC	-2.49825768	-78.92070383	731206.068 E	9723682.776 N
Planta de Tratamiento	PT	-2.49832736	-78.92068774	731207.847 E	9723675.067 N

**NOTA:** Representación de las coordenadas geográficas y UTM obtenidas a través del uso de un dispositivo electrónico con GPS. Elaborado por: La autora.

#### 3.3.1 Identificación de las Muestras

1. Número de muestra (orden de la toma de esta)
2. Lugar del muestreo
3. Descripción del sitio de muestreo

4. Fuente de recolección (pozo, canal, tanque, etc.)
5. Coordenadas geográficas UTM (latitud, longitud, altura)
6. Fecha y hora
7. Nombre de la persona responsable
8. Tipo de análisis requerido (físico, químico, microbiológico)
9. Conservante o estabilizador adicionado
10. Análisis “*in situ*” (pH, Conductividad, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Color)

### 3.3.2 *Número de Muestras*

**Tabla 18**

*Número de Muestras a Tomar*

LUGAR DE MUESTREO	N. DE MUESTRAS
Rompe Presiones	5
Tanque de Captación	5
Planta de Tratamiento	5

**NOTA:** En la tabla 16, se observa la representación del número de muestras que van a ser tomadas para análisis “*in situ*” y en el laboratorio. Elaborado por: La autora.

### 3.3.3 *Consideraciones antes de Realizar el Muestreo*

1. Uso obligatorio del equipo de protección personal
2. Envases de plástico, polietileno o de vidrio, de primer uso
3. Equipos correctamente calibrados
4. Respetar la temperatura de almacenamiento para cada tipo de muestra
5. Llenar correctamente el registro de la toma de muestras

### ***3.3.4 Procedimiento para la Toma de Muestras***

1. Rotular con información certera cada uno de los frascos a usarse, como el lugar de la toma de la muestra, fecha y hora exacta de recolección.
2. La toma de la muestra debe ser realizada en sentido contrario al flujo de agua; es decir, deben ser tomadas en las turbulencias.
3. Preservar las muestras según requiera el parámetro a ser analizado.
4. Ubicar los frascos en el cooler cubiertos con hielo hasta ser transportadas al laboratorio.
5. Registro fotográfico del muestreo.
6. Preparación de las hojas de cadena de custodia.

**NOTA:** Según la (NTE-INEN 2169, 2013), los recipientes deben ser lavados de acuerdo con los parámetros de uso, para evitar el contacto con la superficie.

### ***3.3.6 Transporte de las Muestras***

Es de vital importancia revisar si las muestras están tapadas y siendo transportadas adecuadamente con la finalidad de evitar derrames en el cooler y, por lo tanto, ocasionando una contaminación de estas.

### 3.3.7 Equipos y Materiales para el Muestreo

**Tabla 19**

*Equipos y Materiales usados en Campo*

<b>CONDICIONES</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Recolección de las Muestras</b>	Botella 3 L	15
	Botella de 250 mL	3
<b>Equipos de Protección Personal</b>	Mascarilla	1 caja
	Guantes de nitrilo	1 caja
	Cofia	3
	Mandil desechable	3
	Zapatones	3 pares
<b>Cadena de Custodia</b>	Cooler	1
	Hielo	3 fundas
	Marcador indeleble	1
	Registro de toma de muestras	1
<b>Equipos para Análisis <i>in situ</i></b>	GPS	1
	Termómetro	1
	Potenciómetro	1
	Oxímetro	1
	Clorímetro	1
	Turbidímetro	1

**NOTA:** Representación de los equipos y materiales que serán usados para el muestreo.  
Elaborado por: La autora.

### 3.4 Materiales y Métodos

**Tabla 20**

*Equipos, materiales, reactivos y métodos necesarios para el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos*

PARÁMETRO	MÉTODO	EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS
<b>Parámetros Físicos</b>				
Color	SM. 2120-B.4	Fotómetro marca: HANNA	Pipeta 10 ml Vaso de precipitación de 100 mL Celda de medición de 10 mL Membrana de 0,45 µm	Muestra de agua Agua destilada
Conductividad Eléctrica	SM. 2510-B Método Convencional	Conductímetro marca: HACH	Vaso de precipitación de 100 mL	Muestra de agua Agua destilada
Potencial Hidrógeno	SM. 4500 H <sup>+</sup> A y 4500 H <sup>+</sup> B Método Convencional	Potenciómetro marca: HANNA	Vaso de precipitación de 100 mL	Muestra de agua Agua destilada
Temperatura	SM. 2550-B Método Convencional	Potenciómetro marca: HANNA	Vaso de precipitación de 100 mL	Muestra de agua Agua destilada
Turbidez	SM.2130-B Método Convencional	Turbidímetro marca: HACH	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada
Sólidos Totales	SM. 2540-B	Estufa marca: Memmert	Probeta graduada a 100 mL	Muestra de agua Agua destilada

---

		Mufla marca: Thermo Scientific Desecador marca: HANNA Balanza Analítica, marca: Mettler Toledo	Crisol de porcelana de 50 ml Vasos de precipitación de 100 mL Pinzas metálicas Filtros Guantes decolor	
Sólidos Disueltos Totales	SM. 2540-C	Estufa marca: Memmert Mufla marca: Thermo Scientific Desecador marca: HANNA Balanza Analítica, marca: Mettler Toledo	Probeta graduada a 100 mL Crisol de porcelana de 50 ml Vasos de precipitación de 100 mL Pinzas metálicas Filtros de fibra de vidrio Guantes para calor	Muestra de agua Agua destilada
Sólidos Suspendidos Totales	SM.2540-D	Estufa marca: Memmert Mufla marca: Thermo Scientific Desecador marca: HANNA Balanza Analítica, marca: Mettler Toledo	Probeta graduada a 100 mL Crisol de porcelana de 50 mL Pinzas metálicas Filtros de fibra de vidrio Erlenmeyer con desprendimiento lateral Sistema de bomba de vacío Guantes para calor	Muestra de agua Agua destilada
Sólidos Volátiles	SM. 2540-E	Estufa marca: Memmert Mufla marca: Thermo Scientific	Probeta graduada a 100 mL Crisol de porcelana de 50 ml	Muestra de agua Agua destilada

---

---

		Desecador marca: HANNA Balanza Analítica, marca: Mettler Toledo	Vasos de precipitación de 100 mL Pinzas metálicas Filtros de fibra de vidrio Guantes para calor	
--	--	--	---	--

---

**Parámetros Químicos**

---

Arsénico	SM. 3114-C	Espectrofotómetro marca: ORBECO	Vaso de precipitación de 50 mL Matraz aforado Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada
DBO <sub>5</sub>	SM. 5210-B Método Winkler	pH-metro marca: HANNA Medidor de Oxígeno Disuelto, marca: Mettler Toledo Agitador Magnético	Sistema de aireación Imán Frascos Winkler de 300 mL Vasos de precipitación de 1000 y 100 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Solución reguladora de Fosfato pH 7,2 Cloruro Férrico (FeCl <sub>3</sub> ) Cloruro Cálcico (CaCl <sub>2</sub> ) Sulfato de Magnesio (MgSO <sub>4</sub> )
DQO	SM. 5220-C y SM. 5220-D	Digestor marca: HACH Espectrofotómetro marca: HANNA	Viales de análisis para DQO Pipeta de 10 mL Gradilla de enfriamiento	Muestra de agua Agua destilada
Fluoruros	SM. 4500-F <sup>-</sup> -C	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo HI93739-01

---

Fosfatos	SM. 4500-PE	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo HI93717-01
Hierro	SM. 3111-B	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo 93721-01
Magnesio	SM. 3111-B	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo HI937520-01
Manganeso	SM. 3111-B	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo HI93709-01
Mercurio	SM. 3112-2	Espectrofotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada
Nitratos	SM. 4500 NO <sub>3</sub> -B	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo HI93728-01
Nitritos	SM. 4500 NO <sub>2</sub> -B	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo HI93708-01
Oxígeno Disuelto	SM. 4500-OG Método Convencional	Fotómetro marca: HANNA	Vaso de precipitación de 50 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada

Sulfatos	SM. 4500 SO <sub>4</sub> -E	Fotómetro marca: HANNA	Celda de medición de 10 mL Pipeta de 10 mL	Muestra de agua Agua destilada Reactivo HI93751-01
<b>Parámetros Microbiológicos</b>				
Coliformes Fecales	SM. 9222-D Ptrifilm 3M	Petrifilm 3M	Micropipeta Marcador indeleble Mechero Bunsen Dispersador	Muestra de agua
Coliformes Totales	SM. 9222-B Petrifil 3M	Petrifilm 3M	Micropipeta Marcador indeleble Mechero Bunsen Dispersador	Muestra de agua Agua destilada
<b>Pruebas de Tratabilidad</b>				
Jar Test	ASTM D2035-19	Equipo de prueba de jarras, marca: VELP Turbidímetro marca: HACH Potenciómetro marca: HANNA Balanza Analítica, marca: Mettler Toledo	Vasos de precipitación de 1000 mL Cuchara Espátula Vidrio Reloj	Muestra de agua Agua destilada Sulfato de Aluminio PAC
Filtración	CEC (Código Ecuatoriano de la Construcción)	Turbidímetro marca: HACH	Algodón Botella de 1 L Filtro de 125 mm Arena fina 1 kg Arena gruesa 1 kg Grava fina 1 kg Grava gruesa 1 kg Carbón activado	Muestra de agua
Cloración	(FONDO PERU- ALEMANA, 2017)	Clorímetro marca: LOVIBOND	Vaso de precipitación de 1000 mL	Muestra de agua Agua destilada

**NOTA:** La tabla representa los diferentes parámetros que serán analizados de acuerdo a la metodología establecida por Standard Methods. Elaborado por: La autora con información obtenida de (Baird et al., 2015).

### **3.5 Variables a Evaluar en la Investigación**

Las variables que se evaluaron en la investigación, se las realizó en tres fases:

- 1) De Reconocimiento y Muestreo
- 2) De Laboratorio (Parámetros físicos, químicos, microbiológicos y pruebas de tratabilidad)
- 3) De Diseño

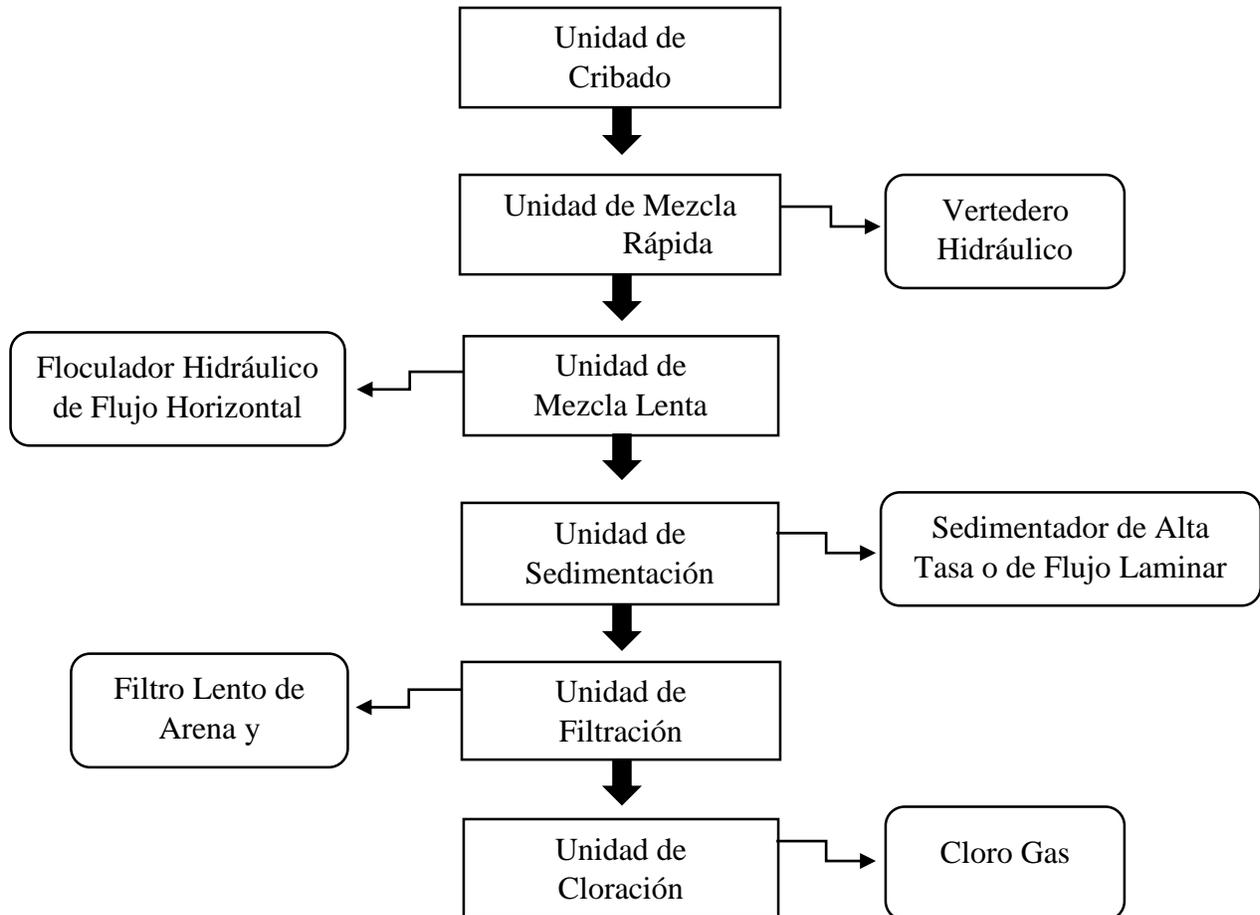
### **3.6 Diseño**

El diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población del Cantón

El Tambo, está distribuido entre los siguientes componentes:

## Gráfico 1

*Diagrama de Flujo del Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable*



**NOTA:** Representación de los componentes de la PTAP a diseñar. Elaborado por: La autora.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Análisis de Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos

##### 4.1.1.1 Primer Muestreo

En las Tablas 21, 22 y 23, se representan los resultados de los análisis del primer muestreo realizados en el laboratorio durante la fase experimental del proyecto de Titulación.

**Tabla 21**

*Resultados de Análisis In Situ del Primer Muestreo*

PARÁMETRO	MUESTREO IN SITU		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Caudal de entrada		15 L/s	
Color	37 PCU	38 PCU	38 PCU
Conductividad Eléctrica	138 $\mu$ S	96 $\mu$ S	89 $\mu$ S
Oxígeno Disuelto	1,9 mg/L	1,5 mg/L	1,6 mg/L
Potencial Hidrógeno	6,81	6,72	6,79
Temperatura	12,8 °C	12,9 °C	12,9 °C
Turbidez	1,21 NTU	1,12 NTU	2,09 NTU

**NOTA:** Representación de los resultados de la medición en campo de parámetros físicos. Elaborado por: La autora.

**Tabla 22***Resultados de Análisis Ex Situ del Primer Muestreo*

PARÁMETRO	ANÁLISIS EX SITU		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Color	14 PCU	15 PCU	13 PCU
Conductividad Eléctrica	95 $\mu$ S	116 $\mu$ S	97 $\mu$ S
Oxígeno Disuelto	1,58 mg/L	1,85 mg/L	1,37 mg/L
Potencial Hidrógeno	7,22	7,62	7,37
Temperatura	18,4 °C	17,4 °C	17,5 °C
Turbidez	0,14 NTU	0,20 NTU	0,89 NTU

**NOTA:** Representación de los resultados de la medición de parámetros físicos 24 horas luego del primer muestreo. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 22 se presentan los valores de parámetros medidos en el laboratorio el día posterior al muestreo variaron considerablemente, debido a factores externos y ambientales como el transporte, época del año en que fue tomada la muestra, la temperatura y el tipo de recipiente en el que fueron almacenadas las muestras, pues afectan directamente a sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Adicionalmente, se evidencia que los parámetros antes mencionados están dentro de los límites máximos permisibles, por lo tanto, cumple con la normativa ambiental vigente.

**Tabla 23***Resultados de Análisis de Laboratorio del Primer Muestreo*

PARÁMETRO	PRIMER MUESTREO								
	Punto 1			Punto 2			Punto 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Sólidos Totales	150 mg/L	150 mg/L	100 mg/L	100 mg/L	100 mg/L	100 mg/L	150 mg/L	100 mg/L	100 mg/L
Sólidos Disueltos Totales	110 mg/L	110 mg/L	80 mg/L	80 mg/L	30 mg/L	80 mg/L	30 mg/L	30 mg/L	60 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	40 mg/L	40 mg/L	20 mg/L	20 mg/L	70 mg/L	20 mg/L	70 mg/L	70 mg/L	40 mg/L
Sólidos Volátiles	50 mg/L	100 mg/L	100 mg/L	100 mg/L	50 mg/L	100 mg/L	100 mg/L	50 mg/L	100 mg/L
Arsénico	-0,005 mg/L	-0,006 mg/L	-0,008 mg/L	-0,008 mg/L	-0,012 mg/L	-0,009 mg/L	-0,008 mg/L	-0,008 mg/L	-0,008 mg/L
DBO <sub>5</sub>	23 mg/L	25 mg/L	26 mg/L	23 mg/L	21 mg/L	27 mg/L	22 mg/L	20 mg/L	22 mg/L
DQO	43 mg/L	49 mg/L	51 mg/L	42 mg/L	38 mg/L	48 mg/L	42 mg/L	36 mg/L	38 mg/L

Fluoruros	1,1 mg/L	2 mg/L	1,2 mg/L	0,9 mg/L	0,9 mg/L	1 mg/L	1,2 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
Fosfatos	1,3 mg/L	1,8 mg/L	1,1 mg/L	0,5 mg/L	0,9 mg/L	1,9 mg/L	1,1 mg/L	1,3 mg/L	0,9 mg/L
Hierro	0,31 mg/L	0,26 mg/L	0,22 mg/L	0,28 mg/L	0,02 mg/L	0,25 mg/L	0,41 mg/L	0,49 mg/L	0,61 mg/L
Magnesio	6 mg/L	4 mg/L	4 mg/L	6 mg/L	5 mg/L	5 mg/L	5 mg/L	7 mg/L	7 mg/L
Manganeso	0,5 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L	0,5 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L	0,4 mg/L
Mercurio	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0,001 mg/L	0 mg/L	-0,003 mg/L	-0,007 mg/L	-0,0081 mg/L
Nitratos	0 mg/L	0 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	0 mg/L	3 mg/L	2 mg/L	1 mg/L
Nitritos	0,3 mg/L	0,1 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,1 mg/L	0,2 mg/L	0,3 mg/L	0,2 mg/L	0,1 mg/L
Sulfatos	3 mg/L	3 mg/L	4 mg/L	2 mg/L	3 mg/L	4 mg/L	2 mg/L	3 mg/L	3 mg/L
Coliformes Fecales	15 NMP/	19 NMP/	18 NMP/	14 NMP/	10 NMP/	9 NMP/	16 NMP/	18 NMP/	17 NMP/

	100 ml								
Coliformes Totales	11	10	25	23	30	23	9	8	8
	NMP/ 100 ml								

**NOTA:** Representación de los resultados de los análisis de laboratorio. Elaborado por: La autora.

#### **Tabla 24**

##### *Promedio de Resultados de Análisis*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>PROMEDIO</b>
Sólidos Totales	116,67 mg/L
Sólidos Disueltos Totales	67,78 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	35,33 mg/L
Sólidos Volátiles	83,33 mg/L
Arsénico	0,008 mg/L
DBO <sub>5</sub>	23,22 mg/L
DQO	43 mg/L

Fluoruros	1,14 mg/L
Fosfatos	1,2 mg/L
Hierro	0,32 mg/L
Magnesio	5,44 mg/L
Manganeso	0,38 mg/L
Mercurio	0,002 mg/L
Nitratos	3 mg/L
Nitritos	0,18 mg/L
Sulfatos	3 mg/L
Coliformes Fecales	16 NMP/100 ml
Coliformes Totales	17 NMP/100 ml

**NOTA:** Resumen del promedio del resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 24 se observa que los parámetros de DBO5 y DQO están fuera de norma, obteniéndose como promedio de DBO5 23,22 mg/L y de DQO 43 mg/L, pues en la tabla 1 del AM-097a indica que el límite máximo permisible para la DQO debe ser menor o igual a 4 mg/L y para la DBO5, como debe ser la mitad de la DQO, debe ser menor igual a 2 mg/L.

#### 4.1.1.2 Segundo Muestreo

En las Tablas 23, 24 y 25, se representan los resultados de los análisis del segundo muestreo realizados en el laboratorio durante la fase experimental del proyecto de Titulación.

**Tabla 25**

*Resultados de Análisis In Situ del Segundo Muestreo*

PARÁMETRO	MUESTREO IN SITU		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Caudal de entrada		17 L/s	
Color	65 PCU	62 PCU	68 PCU
Conductividad Eléctrica	95 $\mu$ S	101 $\mu$ S	88 $\mu$ S
Oxígeno Disuelto	1,87 mg/L	1,58 mg/L	1,62 mg/L
Potencial Hidrógeno	7,19	7,14	7,08
Temperatura	12,8 °C	12,9 °C	12,9 °C
Turbidez	2,18 NTU	2,02 NTU	2,09 NTU

**NOTA:** Representación de los resultados de la medición en campo de parámetros físicos. Elaborado por: La autora.

**Tabla 26**

*Resultados de Análisis Ex Situ del Segundo Muestreo*

PARÁMETRO	ANÁLISIS EX SITU		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Color	28 PCU	21 PCU	27 PCU
Conductividad Eléctrica	257 $\mu$ S	146 $\mu$ S	141 $\mu$ S

Oxígeno Disuelto	1,07 mg/L	1,14 mg/L	1,26 mg/L
Potencial Hidrógeno	7,84	7,96	7,62
Temperatura	14,4 °C	14,5 °C	14,4 °C
Turbidez	1,52 NTU	1,3 NTU	1,15 NTU

**NOTA:** Representación de los resultados de la medición de parámetros físicos 24 horas luego del segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 24 se observan los valores de los parámetros medidos en el laboratorio el día posterior al muestreo variaron considerablemente, debido a factores externos y ambientales como el transporte, época del año en que fue tomada la muestra, la temperatura y el tipo de recipiente en el que fueron almacenadas las muestras, pues afectan directamente a sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Adicionalmente, se observa que el parámetro físico de color sobrepasa el límite máximo permisible que es 15 PCU, por lo tanto, incumple con la normativa ambiental vigente.

**Tabla 27***Resultados de Análisis de Laboratorio del Segundo Muestreo*

PARÁMETRO	SEGUNDO MUESTREO								
	Punto 1			Punto 2			Punto 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Sólidos Totales	100 mg/L	100 mg/L	150 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L
Sólidos Disueltos Totales	80 mg/L	80 mg/L	130 mg/L	30 mg/L	10 mg/L	30 mg/L	30 mg/L	30 mg/L	30 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	20 mg/L	20 mg/L	20 mg/L	20 mg/L	40 mg/L	20 mg/L	20 mg/L	20 mg/L	20 mg/L
Sólidos Volátiles	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L
Arsénico	-0,004 mg/L	-0,009 mg/L	-0,009 mg/L	-0,004 mg/L	-0,011 mg/L	-0,006 mg/L	-0,008 mg/L	-0,008 mg/L	-0,009 mg/L
DBO <sub>5</sub>	21 mg/L	21 mg/L	20 mg/L	34 mg/L	35 mg/L	34 mg/L	17 mg/L	18 mg/L	18 mg/L
DQO	39 mg/L	36 mg/L	35 mg/L	65 mg/L	67 mg/L	67 mg/L	31 mg/L	33 mg/L	34 mg/L

Fluoruros	1,1 mg/L	2,5 mg/L	2 mg/L	0,7 mg/L	0,8 mg/L	0,6 mg/L	1,1 mg/L	0,7 mg/L	0,7 mg/L
Fosfatos	1,3 mg/L	1,5 mg/L	1,5 mg/L	2 mg/L	1,6 mg/L	1,2 mg/L	1,1 mg/L	1,9 mg/L	0,7 mg/L
Hierro	0,36 mg/L	0,38 mg/L	0,35 mg/L	0,35 mg/L	0,39 mg/L	0,35 mg/L	0,39 mg/L	0,39 mg/L	0,44 mg/L
Magnesio	19 mg/L	14 mg/L	19 mg/L	5 mg/L	6 mg/L	5 mg/L	4 mg/L	10 mg/L	5 mg/L
Manganeso	0,4 mg/L	0,4 mg/L	0,3 mg/L	0,5 mg/L	0,4 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L	0,3 mg/L	0,5 mg/L
Mercurio	-0,007 mg/L	-0,010 mg/L	-0,010 mg/L	-0,0101 mg/L	-0,0101 mg/L	-0,001 mg/L	-0,007 mg/L	-0,009 mg/L	-0,008 mg/L
Nitratos	0 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	2 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	2 mg/L
Nitritos	0,2 mg/L	0,4 mg/L	0,3 mg/L	0,5 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L	0,1 mg/L
Sulfatos	3 mg/L	0 mg/L	1 mg/L	2 mg/L	5 mg/L	2 mg/L	7 mg/L	4 mg/L	3 mg/L
Coliformes Fecales	13 NMP/	12 NMP/	4 NMP/	3 NMP/	2 NMP/	3 NMP/	8 NMP/	14 NMP/	3 NMP/

	100 ml								
Coliformes Totales	15	2	6	19	9	10	15	6	3
	NMP/ 100 ml								

**NOTA:** Representación de los resultados obtenidos de los análisis del laboratorio. elaborado por: La autora.

### Tabla 28

#### *Promedio de Resultados de Análisis*

PARÁMETRO	PROMEDIO
Sólidos Totales	72,22 mg/L
Sólidos Disueltos Totales	50 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	22,22 mg/L
Sólidos Volátiles	50 mg/L
Arsénico	0,008 mg/L
DBO <sub>5</sub>	24,22 mg/L
DQO	45,22 mg/L

Fluoruros	1,13 mg/L
Fosfatos	1,42 mg/L
Hierro	0,34 mg/L
Magnesio	9,67 mg/L
Manganeso	0,39 mg/L
Mercurio	0,006 mg/L
Nitratos	0,67 mg/L
Nitritos	0,29 mg/L
Sulfatos	3 mg/L
Coliformes Fecales	6,89 NMP/100 ml
Coliformes Totales	9,44 NMP/100 ml

**NOTA:** Resumen del promedio del resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 28 se observa que los parámetros de DBO5 y DQO están fuera de norma, obteniéndose como promedio de DBO5 24,22 mg/L y de DQO 45,22 mg/L, pues en la tabla 1 del AM-097a indica que el límite máximo permisible para la DQO debe ser menor o igual a 4 mg/L y para la DBO5, como debe ser la mitad de la DQO, debe ser menor igual a 2 mg/L.

#### 4.1.1.3 Tercer Muestreo

En las Tablas 29, 30 y 31, se muestran los resultados de los análisis en laboratorio del tercer muestreo durante la fase experimental del proyecto de Titulación.

**Tabla 29**

*Resultados de Análisis In Situ del Tercer Muestreo*

PARÁMETRO	MUESTREO IN SITU		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Caudal de entrada		17 L/s	
Color	56 PCU	39 PCU	82 PCU
Conductividad Eléctrica	91 $\mu$ S	84 $\mu$ S	83 $\mu$ S
Oxígeno Disuelto	1,37 mg/L	1,89 mg/L	1,56 mg/L
Potencial Hidrógeno	7,78	8,82	7,71
Temperatura	13,4 °C	13,5 °C	12,9 °C
Turbidez	2,64 NTU	1,29 NTU	5,95 NTU

**NOTA:** Representación de los resultados de la medición en campo de parámetros físicos. Elaborado por: La autora.

**Tabla 30**

*Resultados de Análisis Ex Situ del Tercer Muestreo*

PARÁMETRO	ANÁLISIS EX SITU		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Color	35 PCU	12 PCU	39 PCU
Conductividad Eléctrica	84 $\mu$ S	74 $\mu$ S	84 $\mu$ S

Oxígeno Disuelto	1,12 mg/L	1,30 mg/L	1,11 mg/L
Potencial Hidrógeno	7,73	7,71	7,43
Temperatura	10,2 °C	10,9 °C	11,7 °C
Turbidez	1,21 NTU	0,75 NTU	4,27 NTU

**NOTA:** Representación de los resultados de la medición de parámetros físicos 24 horas luego del tercer muestreo. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 30 se observan los valores de los parámetros medidos en el laboratorio el día posterior al muestreo variaron considerablemente, debido a factores externos y ambientales como el transporte, época del año en que fue tomada la muestra, la temperatura y el tipo de recipiente en el que fueron almacenadas las muestras, pues afectan directamente a sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Adicionalmente, se observa que el parámetro físico de color sobrepasa el límite máximo permisible que es 15 PCU, por lo tanto, incumple con la normativa ambiental vigente.

**Tabla 31***Resultados de Análisis de Laboratorio del Tercer Muestreo*

PARÁMETRO	TERCER MUESTREO								
	Punto 1			Punto 2			Punto 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Sólidos Totales	150 mg/L	265 mg/L	255 mg/L	130 mg/L	165 mg/L	215 mg/L	90 mg/L	95 mg/L	140 mg/L
Sólidos Disueltos Totales	28 mg/L	261 mg/L	243 mg/L	114 mg/L	155 mg/L	211 mg/L	86 mg/L	91 mg/L	134 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	128 mg/L	4 mg/L	12 mg/L	16 mg/L	10 mg/L	4 mg/L	4 mg/L	4 mg/L	6 mg/L
Sólidos Volátiles	120 mg/L	250 mg/L	210 mg/L	85 mg/L	145 mg/L	175 mg/L	30 mg/L	25 mg/L	50 mg/L
Arsénico	-0,005 mg/L	-0,007 mg/L	-0,007 mg/L	-0,011 mg/L	-0,006 mg/L	-0,009 mg/L	-0,008 mg/L	-0,011 mg/L	-0,001 mg/L
DBO <sub>5</sub>	30 mg/L	35 mg/L	34 mg/L	25 mg/L	31 mg/L	32 mg/L	13 mg/L	17 mg/L	19 mg/L
DQO	57 mg/L	66 mg/L	67 mg/L	46 mg/L	59 mg/L	60 mg/L	23 mg/L	31 mg/L	32 mg/L

Fluoruros	1,3 mg/L	1,3 mg/L	1,8 mg/L	1,1 mg/L	1,8 mg/L	1,7 mg/L	0,8 mg/L	0,9 mg/L	1,5 mg/L
Fosfatos	0,5 mg/L	0,8 mg/L	0,7 mg/L	0,5 mg/L	0,6 mg/L	0,6 mg/L	0,6 mg/L	0,7 mg/L	0,6 mg/L
Hierro	0,35 mg/L	0,38 mg/L	0,36 mg/L	0,33 mg/L	0,35 mg/L	0,34 mg/L	0,45 mg/L	0,40 mg/L	0,43 mg/L
Magnesio	6 mg/L	6 mg/L	7 mg/L	0,4 mg/L	0,4 mg/L	0,5 mg/L	6 mg/L	8 mg/L	6 mg/L
Manganeso	0,3 mg/L	0,4 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L	0,4 mg/L	0,4 mg/L	0,3 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L
Mercurio	-0,008 mg/L	-0,006 mg/L	-0,009 mg/L	-0,007 mg/L	-0,001 mg/L	-0,006 mg/L	-0,001 mg/L	-0,009 mg/L	-0,001 mg/L
Nitratos	1,8 mg/L	3,2 mg/L	1,8 mg/L	4,1 mg/L	1,4 mg/L	3,8 mg/L	2,1 mg/L	1,8 mg/L	3 mg/L
Nitritos	0,1 mg/L	0,2 mg/L	0,1 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,3 mg/L	0,3 mg/L	0,1 mg/L
Sulfatos	2 mg/L	2 mg/L	5 mg/L	1 mg/L	2 mg/L	1 mg/L	15 mg/L	14 mg/L	13 mg/L
Coliformes Fecales	11 NMP/	7 NMP/	5 NMP/	6 NMP/	11 NMP/	3 NMP/	2 NMP/	4 NMP/	3 NMP/

	100 ml								
Coliformes	7	13	11	7	5	13	8	6	7
Totales	NMP/ 100 ml								

**NOTA:** Representación de los resultados obtenidos de los análisis del laboratorio. elaborado por: La autora.

### Tabla 32

#### *Promedio de Resultados de Análisis*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>PROMEDIO</b>
Sólidos Totales	167,22 mg/L
Sólidos Disueltos Totales	147 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	20,89 mg/L
Sólidos Volátiles	121,11 mg/L
Arsénico	0,008 mg/L
DBO <sub>5</sub>	26,22 mg/L
DQO	49 mg/L

Fluoruros	1,36 mg/L
Fosfatos	0,62 mg/L
Hierro	0,38 mg/L
Magnesio	4,48 mg/L
Manganeso	0,36 mg/L
Mercurio	0,005 mg/L
Nitratos	2,56 mg/L
Nitritos	0,19 mg/L
Sulfatos	6,11 mg/L
Coliformes Fecales	5,78 NMP/100 ml
Coliformes Totales	8,56 NMP/100 ml

**NOTA:** Resumen del promedio del resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 32 se observa que los parámetros de DBO5 y DQO están fuera de norma, obteniéndose como promedio de DBO5 26,22 mg/L y de DQO 49 mg/L, pues en la tabla 1 del AM-097a indica que el límite máximo permisible para la DQO debe ser menor o igual a 4 mg/L y para la DBO5, como debe ser la mitad de la DQO, debe ser menor igual a 2 mg/L.

## 4.1.2 Resultados de Análisis de Pruebas de Tratabilidad del Primer Muestreo

### 4.1.2.1 Prueba de Jarras

Tabla 33

Resultados de Análisis de Laboratorio de Prueba de Jarras del Primer Muestreo

<b>PUNTO 1</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	7,49	0,14 NTU	6,84	0,03 NTU
10	7,45	0,16 NTU	6,86	0,03 NTU
15	7,27	0,21 NTU	6,86	0,06 NTU
20	7,23	0,31 NTU	6,61	0,03 NTU
25	7,13	0,18 NTU	6,81	0,05 NTU
30	7,08	0,17 NTU	6,62	0,03 NTU

<b>PUNTO 2</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	8,30	0,19 NTU	7,97	0,05 NTU
10	8,25	0,33 NTU	7,94	0,02 NTU
15	8,18	0,15 NTU	7,84	0,03 NTU
20	8,14	0,31 NTU	7,27	0,06 NTU
25	8,11	0,29 NTU	6,83	0,05 NTU
30	8,06	0,21 NTU	6,21	0,03 NTU

<b>PUNTO 3</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>

55	7,15	2,23 NTU	6,45	0,34 NTU
10	6,93	1,00 NTU	6,32	0,26 NTU
15	6,85	1,37 NTU	6,13	0,25 NTU
20	6,81	1,48 NTU	6,02	0,19 NTU
25	6,80	1,97 NTU	6,01	0,19 NTU
30	6,78	1,59 NTU	6,00	0,18 NTU

**NOTA:** Resultados de la prueba de jarras de los tres puntos realizados en el primer muestreo. Elaborado por: La autora.

En función de los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de jarras, se puede concluir que la dosis de floculante/coagulante adecuada para reducir la turbidez en el punto uno es de 20 mg/L obteniéndose un porcentaje de remoción del 87,1%; en el punto dos es de 10 mg/L con un porcentaje de remoción del 93,94% y en el punto tres es de 25 mg/L con un porcentaje de remoción del 90,36%, como se observa en la Tabla 34 y en las Figuras 7, 8 y 9, respectivamente.

#### ***5.1.2.1.1 Eficiencia del Jar Test respecto a la Turbidez***

Para determinar el porcentaje de la eficiencia de remoción de microorganismos, es necesario tomar los valores de turbiedad medidos antes y después de la prueba de jarras.

$$\% \text{ Ef. Rem} = \frac{\text{Turbidez}_{\text{inicial}} - \text{Turbidez}_{\text{final}}}{\text{Turbidez}_{\text{inicial}}} * 100$$

**Tabla 34**

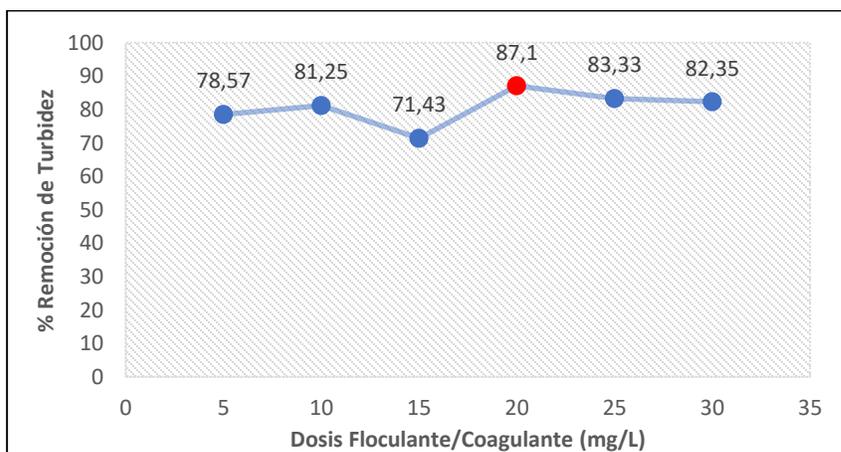
*Porcentaje de Eficiencia de Remoción de la Prueba de Jarras en el Primer Muestreo*

N. JARRA	PORCENTAJE DE REMOCIÓN (%)		
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
1	78,57	73,68	84,75
2	81,25	93,94	74
3	71,43	80	81,75
4	87,1	80,65	87,16
5	83,33	82,76	90,36
6	82,35	85,71	88,68

**NOTA:** Resultados de la eficiencia de remoción de turbidez del primer muestreo. Elaborado por: La autora.

**Figura 7**

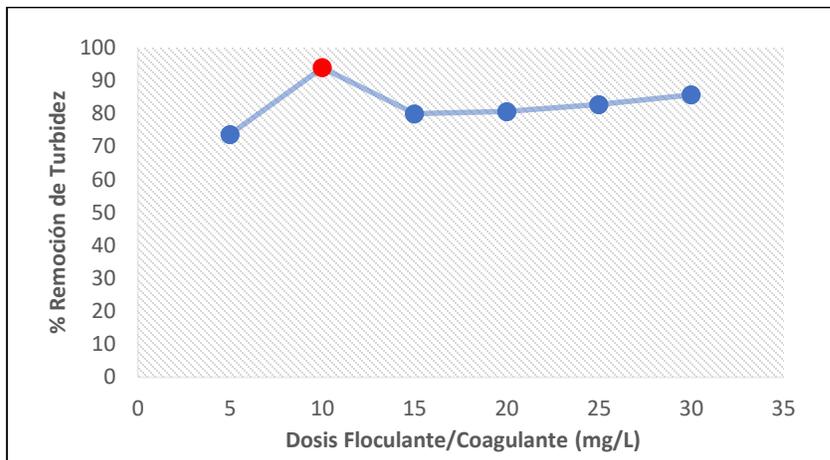
*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 1*



**NOTA:** La figura 7 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del primer punto tomado en el primer muestreo. Elaborado por: La autora.

### Figura 8

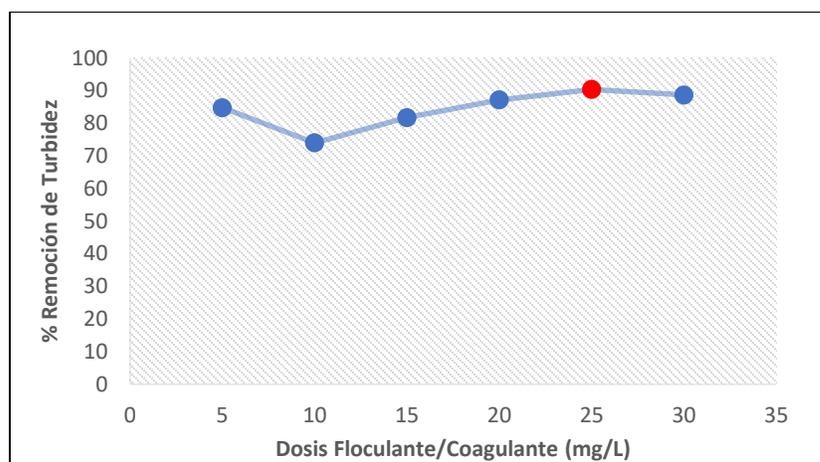
*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 2*



**NOTA:** La figura 8 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del segundo punto tomado en el primer muestreo. Elaborado por: La autora.

### Figura 9

*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 3*



**NOTA:** La figura 9 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del tercer punto tomado en el primer muestreo. Elaborado por: La autora.

#### 4.1.2.2 Prueba de Filtración

Tabla 35

*Resultados de Análisis de la Filtración del Primer Muestreo*

PARÁMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	4	3	3
Coliformes Totales (NMP/100ml)	2	2	3

**NOTA:** Resultados del conteo de coliformes luego de la filtración del primer muestreo. Elaborado por: La autora.

En función de los materiales empleados para la prueba de filtración en el siguiente orden: 1) filtro, 2) algodón, 3) grava gruesa, 4) grava fina, 5) arena gruesa, 6) arena fina, 7) filtro y 8) carbón activado, se obtiene como resultado la disminución de organismos microbiológicos en un 40,22 %; por lo que se puede mencionar que el tipo de filtro usado cumplió con su objetivo.

#### 4.1.2.3 Prueba de Cloración

**Datos:**

t= 30 min; tiempo de reacción

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0,23 Ct)^3$$

$$C = \sqrt[3]{\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{(1 + 0,23) * t}}$$

**Tabla 36***Cálculo de la Dosis de Cloro para el Primer Muestreo*

<b>PUNTOS</b>	<b>COLIFORMES TOTALES (N<sub>o</sub>) (NMP/100ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE NaClO (mg/L)</b>
Punto 1	16	0,05
Punto 2	26	0,04
Punto 3	9	0,06

**NOTA:** Resultados de la dosis apropiada para la prueba cloración en el primer muestreo. Elaborado por: La autora.

**Tabla 37***Resultados de la Desinfección del Agua luego de la Aplicación de Cloro*

<b>PUNTOS</b>	<b>COLORO LIBRE RESIDUAL (mg/L)</b>
Punto 1	0,21
Punto 2	0,86
Punto 3	1,04

**NOTA:** Valores de Cloro presente en el agua luego de la Desinfección. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 37 se muestran los valores de cloro residual al haber adicionado 0.05; 0.04 y 0.06 mg/L de NaClO; por lo que se puede decir que fueron efectivas debido a que los valores de cloro luego de la desinfección están dentro de los límites máximos permisibles que es de 0,3 – 1,5 mg/L; es decir, que cumple con la normativa ambiental establecida por la (NTE-INEN 1108, 2014) y (Acuerdo Ministerial No. 028, 2015).

### 4.1.3 Resultados de Análisis de Pruebas de Tratabilidad del Segundo Muestreo

#### 4.1.3.1 Prueba de Jarras

**Tabla 38**

*Resultados de Análisis de Laboratorio de la Prueba de Jarras del Segundo Muestreo*

<b>PUNTO 1</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	8,25	1,42 NTU	7,50	0,34 NTU
10	7,94	0,84 NTU	6,86	0,22 NTU
15	7,89	1,32 NTU	6,76	0,24 NTU
20	7,84	1,23 NTU	6,95	0,23 NTU
25	7,78	1,37 NTU	6,61	0,25 NTU
30	7,76	1,43 NTU	6,50	0,24 NTU
<b>PUNTO 2</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	7,95	1,02 NTU	7,64	0,23 NTU
10	7,84	1,03 NTU	7,48	0,21 NTU
15	7,76	0,73 NTU	7,35	0,14 NTU
20	7,72	1,24 NTU	7,17	0,19 NTU
25	7,71	1,93 NTU	6,83	0,40 NTU
30	7,70	2,75 NTU	6,44	0,53 NTU
<b>PUNTO 3</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	7,54	1,92 NTU	7,17	0,25 NTU
10	7,46	2,39 NTU	7,09	0,21 NTU
15	7,44	1,77 NTU	6,79	0,03 NTU
20	7,43	1,04 NTU	6,64	0,15 NTU
25	7,43	1,55 NTU	6,32	0,27 NTU

30	7,44	1,10 NTU	6,21	0,05 NTU
----	------	----------	------	----------

**NOTA:** Resultados de la prueba de jarras de los tres puntos realizados en el segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

En función de los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de jarras, se puede concluir que la dosis de floculante/coagulante adecuada para reducir la turbidez en el punto uno es de 30 mg/L obteniéndose un porcentaje de remoción del 83,22%; en el punto dos es de 20 mg/L con un porcentaje de remoción del 84,68% y en el punto tres es de 15 mg/L con un porcentaje de remoción del 98,31%, como se observa en la Tabla 39 y en las Figuras 10, 11 y 12, respectivamente.

#### ***4.1.3.1.1 Eficiencia del Jar Test respecto a la Turbidez***

Para determinar el porcentaje de la eficiencia de remoción de microorganismos durante la prueba de tratabilidad mencionada, es necesario tomar los valores de turbiedad medidos antes y después de la prueba de jarras.

$$\% \text{ Ef. Rem} = \frac{\text{Turbidez}_{\text{inicial}} - \text{Turbidez}_{\text{final}}}{\text{Turbidez}_{\text{inicial}}} * 100$$

**Tabla 39**

*Porcentaje de Eficiencia de Remoción de la Prueba de Jarras en el Segundo Muestreo*

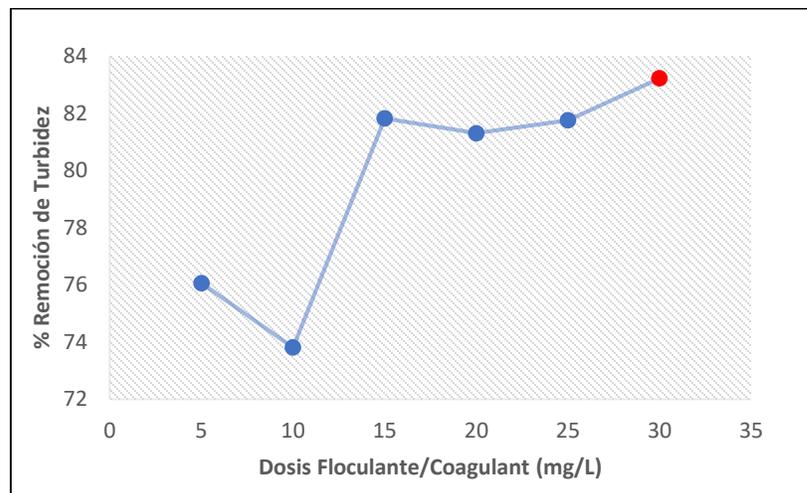
N. JARRA	PORCENTAJE DE REMOCIÓN (%)		
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
1	76,06	77,45	86,98
2	73,81	79,61	91,21
3	81,82	80,82	98,31
4	81,30	84,68	85,58

5	81,75	79,27	82,58
6	83,22	80,73	95,45

**NOTA:** Resultados de la eficiencia de remoción de turbidez del segundo muestreo.  
Elaborado por: La autora.

### Figura 10

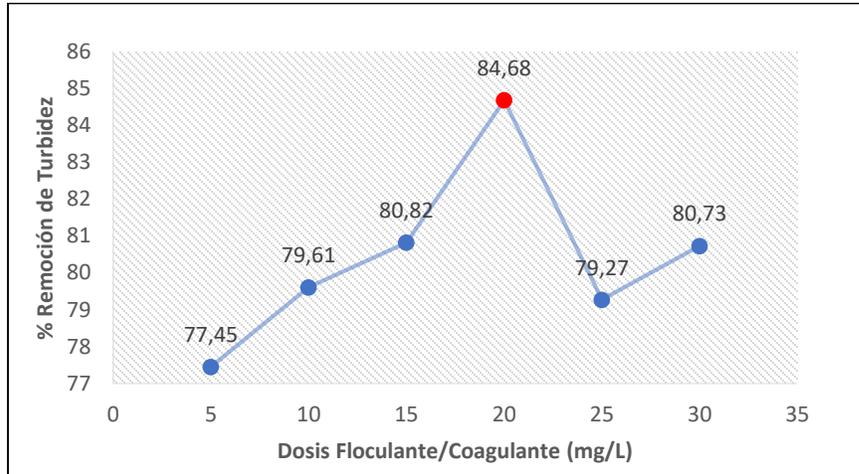
*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 1*



**NOTA:** La figura 10 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del primer punto tomado en el segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

**Figura 11**

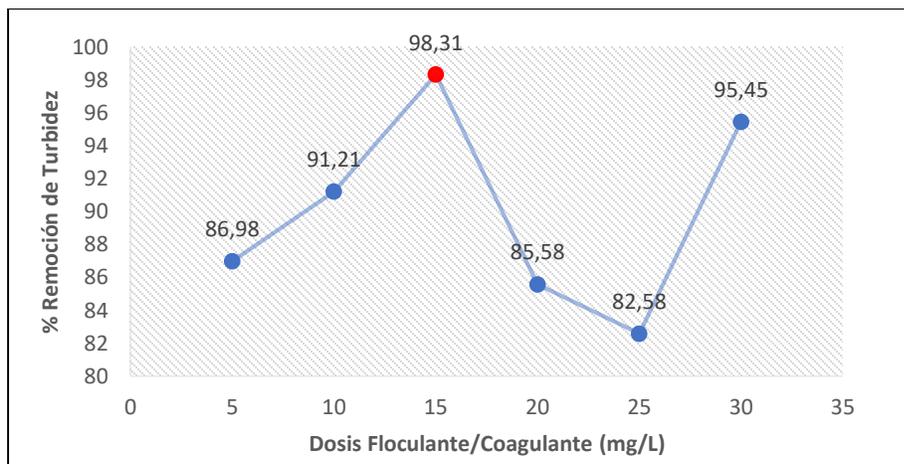
*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 2*



**NOTA:** La figura 11 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del segundo punto tomado en el segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

**Figura 12**

*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 3*



**NOTA:** La figura 12 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del tercer punto tomado en el segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

#### 4.1.3.2 Prueba de Filtración

**Tabla 40**

*Resultados de Análisis de la Filtración del Segundo Muestreo*

PARÁMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	4	2	3
Coliformes Totales (NMP/100ml)	3	2	3

**NOTA:** Resultados del conteo de coliformes luego de la filtración del segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

En función de los materiales empleados para la prueba de filtración en el siguiente orden: 1) filtro, 2) algodón, 3) grava gruesa, 4) grava fina, 5) arena gruesa, 6) arena fina, 7) filtro y 8) carbón activado, se obtiene como resultado la disminución de organismos microbiológicos en un 76,8 %; por lo que se puede mencionar que el tipo de filtro usado cumplió con su objetivo.

#### 4.1.3.3 Prueba de Cloración

**Datos:**

t= 30 min; tiempo de reacción

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0,23 Ct)^3$$
$$C = \sqrt[3]{\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{(1 + 0,23) * t}}$$

**Tabla 41***Cálculo de la Dosis de Cloro para el Segundo Muestreo*

<b>PUNTOS</b>	<b>COLIFORMES TOTALES (N<sub>o</sub>) (NMP/100ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE NaClO (mg/L)</b>
Punto 1	8	0,06
Punto 2	13	0,05
Punto 3	8	0,06

**NOTA:** Resultados de la dosis apropiada para la prueba cloración en el segundo muestreo. Elaborado por: La autora.

**Tabla 42***Resultados de la Desinfección del Agua luego de la Aplicación de Cloro*

<b>PUNTOS</b>	<b>CLORO LIBRE RESIDUAL (mg/L)</b>
Punto 1	0,36
Punto 2	0,84
Punto 3	1,2

**NOTA:** Valores de cloro residual presente en el agua luego de la Desinfección. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 42 se muestran los valores de cloro residual al haber adicionado 0.06; 0.05 y 0.06 mg/L de NaClO; por lo que se puede decir que fueron efectivas debido a que los valores de cloro luego de la desinfección están dentro de los límites máximos permisibles que es de 0,3 – 1,5 mg/L; es decir, que cumple con la normativa ambiental establecida por la (NTE-INEN 1108, 2014) y (Acuerdo Ministerial No. 028, 2015).

#### 4.1.4 Resultados de Análisis de Pruebas de Tratabilidad del Tercer Muestreo

##### 4.1.4.1 Prueba de Jarras

**Tabla 43**

*Resultados de Análisis de Laboratorio de la Prueba de Jarras del Tercer Muestreo*

<b>PUNTO 1</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	7,35	1,13 NTU	7,53	0,26 NTU
10	7,31	3,20 NTU	7,43	0,54 NTU
15	7,28	0,70 NTU	7,37	0,13 NTU
20	7,22	0,40 NTU	7,32	0,03 NTU
25	7,16	2,21 NTU	7,19	0,30 NTU
30	7,12	0,97 NTU	6,89	0,19 NTU
<b>PUNTO 2</b>				
<b>JARRA (mg/L)</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	7,59	0,39 NTU	7,35	0,08 NTU
10	7,56	0,36 NTU	7,21	0,06 NTU
15	7,53	1,43 NTU	7,18	0,12 NTU
20	7,51	0,76 NTU	7,03	0,06 NTU
25	7,52	0,47 NTU	6,95	0,04 NTU
30	7,54	0,53 NTU	6,87	0,03 NTU
<b>PUNTO 3</b>				
<b>N° JARRA</b>	<b>pH Inicial</b>	<b>Turbidez Inicial</b>	<b>pH Final</b>	<b>Turbidez Final</b>
5	7,70	0,42 NTU	7,61	0,01 NTU
10	7,50	0,72 NTU	7,51	0,11 NTU
15	7,42	1,01 NTU	7,44	0,13 NTU
20	7,35	1,77 NTU	7,32	0,19 NTU
25	7,16	2,10 NTU	7,28	0,23 NTU

30	7,17	2,73 NTU	7,13	0,21 NTU
----	------	----------	------	----------

**NOTA:** Resultados de la prueba de jarras de los tres puntos realizados en el tercer muestreo. Elaborado por: La autora.

En función de los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de jarras, se puede concluir que la dosis de floculante/coagulante adecuada para reducir la turbidez en el punto uno es de 20 mg/L obteniéndose un porcentaje de remoción del 92,5%; en el punto dos es de 30 mg/L con un porcentaje de remoción del 94,34% y en el punto tres es de 5 mg/L con un porcentaje de remoción del 97,62%, como se observa en la Tabla 44 y en las Figuras 13, 14 y 15, respectivamente.

#### ***4.1.4.1.1 Eficiencia del Jar Test respecto a la Turbidez***

Para determinar el porcentaje de la eficiencia de remoción de microorganismos durante la prueba de tratabilidad mencionada, es necesario tomar los valores de turbiedad medidos antes y después de la prueba de jarras.

$$\% \text{ Ef. Rem} = \frac{\text{Turbidez}_{\text{inicial}} - \text{Turbidez}_{\text{final}}}{\text{Turbidez}_{\text{inicial}}} * 100$$

**Tabla 44**

*Porcentaje de Eficiencia de Remoción de la Prueba de Jarras en el Tercer Muestreo*

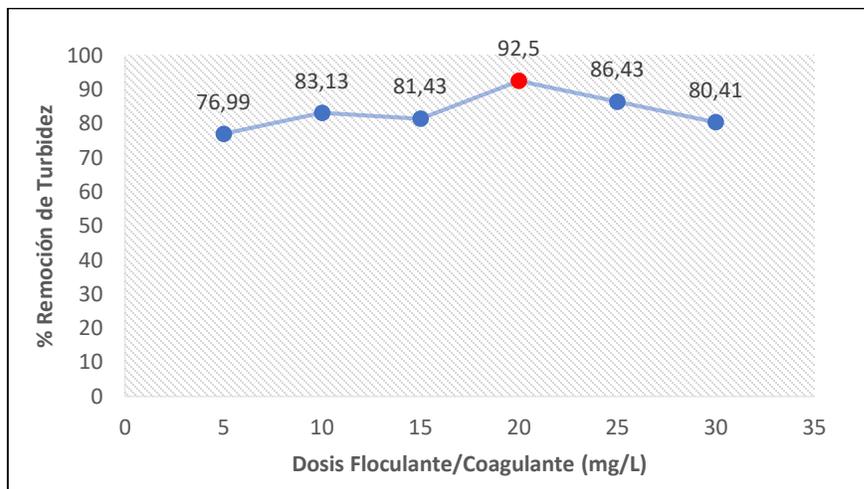
N. JARRA	PORCENTAJE DE REMOCIÓN (%)		
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
1	76,99	79,49	97,62
2	83,13	83,33	84,72
3	81,43	91,61	87,13

4	92,5	92,11	89,27
5	86,43	91,49	89,05
6	80,41	94,34	92,31

**NOTA:** Resultados de la eficiencia de remoción de turbidez del tercer muestreo.  
Elaborado por: La autora.

**Figura 13**

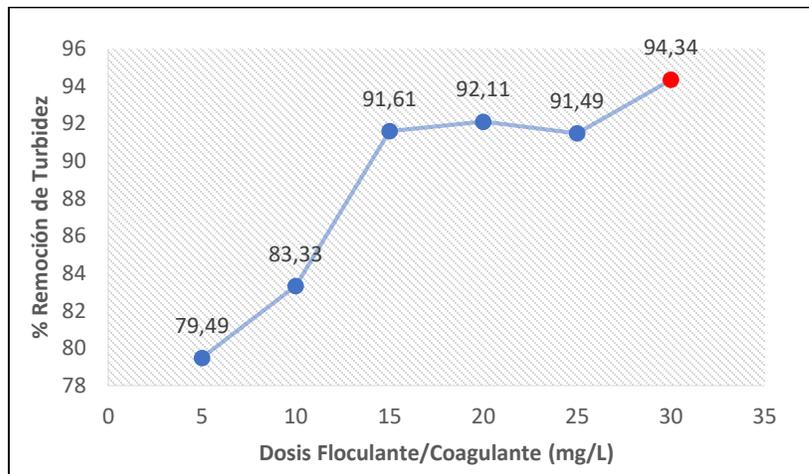
*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 1*



**NOTA:** La figura 13 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del primer punto tomado en el tercer muestreo. Elaborado por: La autora.

**Figura 14**

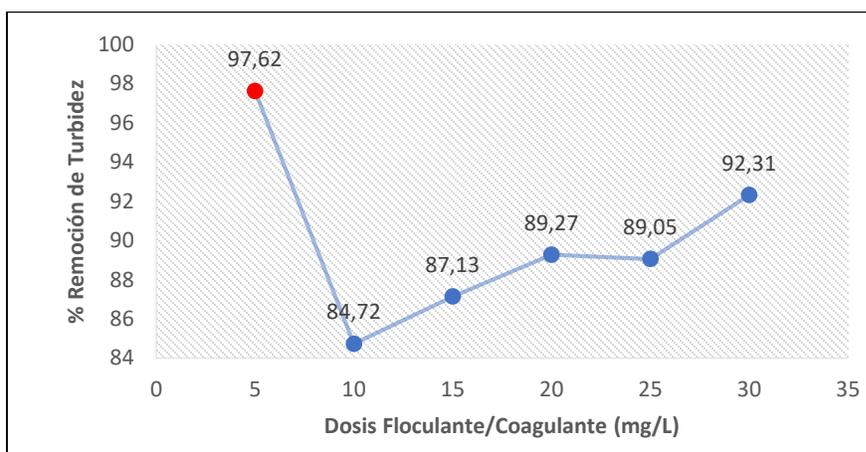
*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 2*



**NOTA:** La figura 14 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del segundo punto tomado en el tercer muestreo. Elaborado por: La autora.

**Figura 15**

*Dosis Floculante/Coagulante VS % Remoción de Turbidez del Punto 3*



**NOTA:** La figura 15 representa un gráfico de dispersión entre la dosis del floculante/coagulante VS % remoción de la turbidez del tercer punto tomado en el tercer muestreo. Elaborado por: La autora.

#### 4.1.4.2 Prueba de Filtración

Tabla 45

*Resultados de Análisis de la Filtración del Tercer Muestreo*

PARÁMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	1	2	1
Coliformes Totales (NMP/100ml)	2	2	2

**NOTA:** Resultados del conteo de coliformes luego de la filtración del tercer muestreo. Elaborado por: La autora.

En función de los materiales empleados para la prueba de filtración en el siguiente orden: 1) filtro, 2) algodón, 3) grava gruesa, 4) grava fina, 5) arena gruesa, 6) arena fina, 7) filtro y 8) carbón activado, se obtiene como resultado la disminución de organismos microbiológicos en un 47,79 %; por lo que se puede mencionar que el tipo de filtro usado cumplió con su objetivo.

#### 5.1.4.3 Prueba de Cloración

**Datos:**

t= 30 min; tiempo de reacción

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0,23 Ct)^3$$
$$C = \sqrt[3]{\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{(1 + 0,23) * t}}$$

**Tabla 46***Cálculo de la Dosis de Cloro para el Tercer Muestreo*

<b>PUNTOS</b>	<b>COLIFORMES TOTALES (N<sub>o</sub>) (NMP/100ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE NaClO (mg/L)</b>
Punto 1	11	0,06
Punto 2	9	0,06
Punto 3	7	0,07

**NOTA:** Resultados de la dosis apropiada para la prueba cloración en el tercer muestreo. Elaborado por: La autora

**Tabla 47***Resultados de la Desinfección del Agua luego de la Aplicación de Cloro*

<b>PUNTOS</b>	<b>COLOR LIBRE RESIDUAL (mg/L)</b>
Punto 1	0,4
Punto 2	0,56
Punto 3	1,39

**NOTA:** Valores de Cloro presente en el agua luego de la Desinfección. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 47 se muestran los valores de cloro residual al haber adicionado 0.06; 0.06 y 0.07 mg/L de NaClO; por lo que se puede decir que fueron efectivas debido a que los valores de cloro luego de la desinfección están dentro de los límites máximos permisibles que es de 0,3 – 1,5 mg/L; es decir, que cumple con la normativa ambiental establecida por la (NTE-INEN 1108, 2014) y (Acuerdo Ministerial No. 028, 2015).

**4.1.5 Resultados del Análisis Estadístico con el programa de Análisis de Datos de Excel y Megastat para las Pruebas de Tratabilidad**

Para el análisis estadístico se trabajó con un nivel de significancia de 0,05 (5 %); en donde se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis: No existe un mal tratamiento de agua mediante la prueba de jarras.

**4.1.5.1 Prueba de Jarras**

**4.1.5.1.1 Primer Muestreo**

**Tabla 48**

*Análisis de Varianza del Muestreo 1*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad (p-value)</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	68142,73488	2	34071,36744	913,5701893	0,00	3,178799292
Dentro de los grupos	1902,032006	51	37,29474521			
<b>Total</b>	<b>70044,76688</b>	<b>53</b>				

**NOTA:** Descripción del análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del nivel de significancia. Elaborado por: La autora.

En función de los análisis ANOVA, en la Tabla 48, se obtienen valores de Probabilidad (p-value) menor a 0.05 y, el valor de F es mayor al Valor Crítico, por lo que la hipótesis es significativa; es decir, se rechaza la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales, lo que significa que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.

**Tabla 49**

*Prueba Tukey*

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Dosis Floculante/ Coagulante	Turbidez Final	17,39556	1,439420123	12,0851135	12,48162927	22,30948184	0,00	4,913926283	2,848488569
Dosis Floculante/ Coagulante	%Remoción de Turbidez	65,13722	1,439420123	45,24240491	60,22329594	70,05114851	0,00	4,913926283	10,66609413
Turbidez Final	%Remoción de Turbidez	82,53278	1,439420123	57,33751841	77,61885149	87,44670406	0,00	4,913926283	13,51458269

**NOTA:** Análisis de varianza mediante la prueba de Tukey. Elaborado por: La autora.

En las Tabla 49, se obtuvieron los siguientes resultados comparados en grupos:

- En los grupos Dosis Floculante/Coagulante VS Turbidez Final; Dosis Floculante/Coagulante VS %Remoción de Turbidez y Turbidez Final VS %Remoción de Turbidez, los valores de p-value son menores a 0.05; por lo que la hipótesis en los tres casos es significativa y por lo tanto rechazan la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales; resultando en que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua.

#### 4.1.5.1.2 Segundo Muestreo

**Tabla 50**

*Análisis de Varianza del Muestreo 2*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	69290,55874	2	34645,27937	884,6909968	0,00	3,178799292
Dentro de los grupos	1997,204961	51	39,16088159			
<b>Total</b>	<b>71287,7637</b>	<b>53</b>				

**NOTA:** Descripción del análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del nivel de significancia. Elaborado por: La autora.

En función de los análisis ANOVA, en la Tabla 50, se obtienen valores de Probabilidad (p-value) menor a 0.05 y, el valor de F es mayor al Valor Crítico, por lo que la hipótesis es significativa; es decir, se rechaza la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales, lo que significa que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.

**Tabla 51**

*Prueba de Tukey*

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Dosis Coagulante/ Floculante	Turbidez Final	17,26778	1,474993062	11,70702305	12,23241176	22,3031438	0,00	5,035366021	2,759371796
Dosis Coagulante/ Floculante	% Remoción de Turbidez	65,86833	1,474993062	44,65670723	60,83296731	70,90369935	0,00	5,035366021	10,52568684
Turbidez Final	% Remoción de Turbidez	83,13611	1,474993062	56,36373028	78,10074509	88,17147713	0,00	5,035366021	13,28505863

**NOTA:** Análisis de varianza mediante la prueba de Tukey. Elaborado por: La autora.

En las Tabla 51, se obtuvieron los siguientes resultados comparados en grupos:

- En los grupos Dosis Floculante/Coagulante VS Turbidez Final; Dosis Floculante/Coagulante VS %Remoción de Turbidez y Turbidez Final VS %Remoción de Turbidez, los valores de p-value son menores a 0.05; por lo que la hipótesis en los tres casos es significativa y por lo tanto rechazan la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales; resultando en que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua.

#### 4.1.5.1.3 Tercer Muestreo

**Tabla 52**

*Análisis de Varianza del Muestreo 3*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	76812,93884	2	38406,46942	1043,653863	0,00	3,178799292
Dentro de los grupos	1876,800356	51	36,80000697			
<b>Total</b>	<b>78689,7392</b>	<b>53</b>				

**NOTA:** Descripción del análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del nivel de significancia. Elaborado por: La autora.

En función de los análisis ANOVA, en la Tabla 52, se obtienen valores de Probabilidad (p-value) menor a 0.05 y, el valor de F es mayor al Valor Crítico, por lo que la hipótesis es significativa; es decir, se rechaza la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales, lo que significa que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.

**Tabla 53**

*Prueba de Tukey*

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Dosis Coagulante/ Floculante	Turbidez Final	0,13361	17,34889	12,13344058	12,46766458	22,2301132	0,00	4,880004308	2,859879371
Dosis Coagulante/ Floculante	% Remoción de Turbidez	87,3914	69,90889	48,89277664	65,02766458	74,7901132	0,00	4,880004308	11,52413797
Turbidez Final	% Remoción de Turbidez	87,2578	87,25778	61,02621722	82,37655347	92,13900209	0,00	4,880004308	14,38401734

**NOTA:** Análisis de varianza mediante la prueba de Tukey. Elaborado por: La autora.

En las Tabla 51, se obtuvieron los siguientes resultados comparados en grupos:

- En los grupos Dosis Floculante/Coagulante VS Turbidez Final; Dosis Floculante/Coagulante VS %Remoción de Turbidez y Turbidez Final VS %Remoción de Turbidez, los valores de p-value son menores a 0.05; por lo que la hipótesis en los tres casos es significativa y por lo tanto rechazan la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales; resultando en que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua.

#### 4.1.5.2 Prueba de Filtración

Para el análisis estadístico se trabajó con un nivel de significancia de 0,05 (5 %); en donde se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis: No existe un mal tratamiento de agua mediante la prueba de filtración.

##### 4.1.5.2.1 Primer Muestreo

**Tabla 54**

*Análisis de Varianza Muestreo 1*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
---------------------------	-------------------	--------------------	---------------------------	---	--------------	----------------------

Entre grupos	686	2	343	343	0,00	5,14325285
Dentro de los grupos	6	6	1			
<b>Total</b>	<b>692</b>	<b>8</b>				

**NOTA:** Descripción del análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del nivel de significancia. Elaborado por: La autora.

En función de los análisis ANOVA, en las Tabla 54 se obtienen valores de Probabilidad (p-value) menor a 0.05 y, el valor de F es mayor al Valor Crítico, por lo que la hipótesis es significativa; es decir, rechaza la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales, lo que significa que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.

### Tabla 55

#### *Prueba de Tukey*

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
DBO 5	Coliformes Fecales	18	0,57735	31,17691454	15,49487718	20,50512282	0,00	2,505123	18
DBO 5	Coliformes Totales	19	0,57735	32,90896534	16,49487718	21,50512282	0,00	2,505123	19

Coliformes Fecales	Coliformes Totales	1	0,57735	1,732050808	-1,505122818	3,505122818	0,48272728	2,505123	1
-----------------------	-----------------------	---	---------	-------------	--------------	-------------	------------	----------	---

**NOTA:** Análisis de varianza mediante la prueba de Tukey. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 55 se obtuvieron los siguientes resultados comparados en grupos:

- En el grupo DBO5 VS Coliformes Fecales y en el grupo DBO5 VS Coliformes Totales, el p-value es menor a 0.05; por lo que la hipótesis es significativa y por lo tanto rechazan la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales; resultando en que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.
- En el grupo Coliformes Fecales VS Coliformes Totales, el p-value es mayor a 0.05 con 0,482; por lo que la hipótesis no es significativa y por lo tanto acepta la hipótesis; disponiendo que sus medias son iguales, resultando en que el tratamiento funcionó correctamente.

4.1.5.2.2 Segundo Muestreo

**Tabla 56**

*Análisis de Varianza del Muestreo 2*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	868,2222222	2	434,1111111	15,5657371	0,004219171	5,14325285
Dentro de los grupos	167,3333333	6	27,88888889			
<b>Total</b>	<b>1035,555556</b>	<b>8</b>				

**NOTA:** Descripción del análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del nivel de significancia. Elaborado por: La autora.

En función de los análisis ANOVA, en la Tabla 56 se obtienen valores de Probabilidad (p-value) menor a 0.05 y, el valor de F es mayor al Valor Crítico, por lo que la hipótesis es significativa; es decir, rechaza la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales, lo que significa que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.

**Tabla 57***Prueba de Tukey*

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
DBO 5	Coliformes Fecales	20,667	3,04898	6,778216809	7,437130168	33,89620317	0,007221069	13,2295365	3,913405299
DBO 5	Coliformes Totales	21	3,04898	6,887542886	7,770463502	34,2295365	0,006682386	13,2295365	3,97652474
Coliformes Fecales	Coliformes Totales	0,3333	3,04898	0,109326078	-12,89620317	13,56286983	0,996712485	13,2295365	0,06311944

**NOTA:** Análisis de varianza mediante la prueba de Tukey. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 57 se obtuvieron los siguientes resultados comparados en grupos:

- En el grupo DBO5 VS Coliformes Fecales y en el grupo DBO5 VS Coliformes Totales, el p-value es menor a 0.05; por lo que la hipótesis es significativa y por lo tanto rechazan la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales; resultando en que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.

- En el grupo Coliformes Fecales VS Coliformes Totales, el p-value es mayor a 0.05 con 0,996; por lo que la hipótesis no es significativa y por lo tanto acepta la hipótesis; disponiendo que sus medias son iguales, resultando en que el tratamiento funcionó correctamente.

#### 4.1.5.2.3 Tercer Muestreo

**Tabla 58**

*Análisis de Varianza del Muestreo 3*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	729,5555556	2	364,7777778	13,2379032	0,00630629	5,14325285
Dentro de los grupos	165,3333333	6	27,55555556			
<b>Total</b>	<b>894,8888889</b>	<b>8</b>				

**NOTA:** Descripción del análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del nivel de significancia. Elaborado por: La

autora.

En función de los análisis ANOVA, en la Tabla 58 se obtienen valores de Probabilidad (p-value) menor a 0.05 y, el valor de F es mayor al Valor Crítico, por lo que la hipótesis es significativa; es decir, rechaza la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales, lo que significa que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.

**Tabla 59**

*Prueba de Tukey*

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
DBO 5	Coliformes Fecales	17	3,03071	5,60925215	3,849762137	30,15023786	0,017378046	13,1502379	3,238503239
DBO 5	Coliformes Totales	20,667	3,03071	6,819090848	7,516428804	33,81690453	0,007014138	13,1502379	3,937003937
Coliformes Fecales	Coliformes Totales	3,6667	3,03071	1,209838699	-9,483571196	16,81690453	0,685277398	13,1502379	0,698500699

**NOTA:** Análisis de varianza mediante la prueba de Tukey. Elaborado por: La autora.

En la Tabla 59 se obtuvieron los siguientes resultados comparados en grupos:

- En el grupo DBO5 VS Coliformes Fecales y en el grupo DBO5 VS Coliformes Totales, el p-value es menor a 0.05; por lo que la hipótesis es significativa y por lo tanto rechazan la hipótesis, disponiendo que sus medias no son iguales; resultando en que en pequeñas cantidades existe alteración en la calidad del agua ya que el promedio de sus medias es diferente.
- En el grupo Coliformes Fecales VS Coliformes Totales, el p-value es mayor a 0.05 con 0,685; por lo que la hipótesis no es significativa y por lo tanto acepta la hipótesis; disponiendo que sus medias son iguales, resultando en que el tratamiento funcionó correctamente.

## 4.1.6 Cálculos

### 4.1.6.1 Población Futura

Para su determinación, se usaron los métodos aritmético y geométrico, en el que se evidenciará el método que más se adecúe según las actividades de participación social, políticas y económicas del Cantón.

Los datos de población de los años 2001 y 2010, respectivamente, fueron obtenidos como referencia de los últimos censos realizados por el INEC, en el que se realizó una proyección para el año 2046.

#### 4.1.6.1.1 Método Aritmético

Para determinar la tasa de crecimiento poblacional ( $r$ ), se realiza a partir de los datos obtenidos de los dos últimos censos efectuados en los años 2001 y 2010, respectivamente; mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{P_{fc} - P_{oc}}{t_f - t_o}$$
$$r = \frac{9.500 - 8.251}{2010 - 2001}$$
$$r = 138,78 \frac{hab}{año}$$

**En donde:**

$r$ : Tasa de crecimiento poblacional ( $hab/año$ )

$P_{fc}$ : Población final censada ( $hab$ )

$P_{oc}$ : Población inicial censada ( $hab$ )

$t_f$ : Último año censado ( $años$ )

$t_o$ : Año inicial censado (*años*)

Posteriormente, se determina la población futura a través de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} P_f &= P_{oc} + r * (t_f - t_o) \\ P_f &= 9.500 + 138,78 * (2046 - 2010) \\ P_f &= 14497 \text{ hab} \end{aligned}$$

**En donde:**

$r$ : Tasa de crecimiento poblacional (*hab/año*)

$P_f$ : Población futura (*hab*)

$P_{oc}$ : Población inicial censada (*hab*)

$t_f$ : Último año censado (*años*)

$t_o$ : Año inicial censado (*años*)

#### **4.1.6.1.2 Método Geométrico**

Este método establece una relación proporcional entre la tasa de crecimiento poblacional y un periodo de tiempo.

**Tasa de Crecimiento Poblacional ( $i$ ):**

$$\begin{aligned} i &= 100 * \left[ \left( \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_o}} \right) - 1 \right] \\ i &= 100 * \left[ \left( \sqrt[9]{\frac{9500}{8251}} \right) - 1 \right] \\ i &= 1.58 \% \end{aligned}$$

**En donde:**

$i$ = Tasa de crecimiento poblacional (%)

$n$ = Periodo de análisis entre  $P_o$  y  $P_f$  (años)

$P_f$ : Población final censada (*hab*)

$P_o$ : Población inicial censada (*hab*)

***Población Futura ( $P_f$ )***

$$P_f = P_{fc} * (1 + i)^t$$

$$P_f = 9.500 * \left(1 + \frac{1.58}{100}\right)^{25}$$

$$P_f = 14059 \text{ hab}$$

**En donde:**

$P_f$ : Población futura (*hab*)

$P_{fc}$ : Población final censada (*hab*)

$i$ = Tasa de crecimiento poblacional (*hab/año*)

$t$ = Período de diseño (años)

Las estimaciones de población futura para el año 2046, según el método geométrico es de 14497 habitantes, y según el método aritmético es de 14059 habitantes, respectivamente.

#### 4.1.6.2 Caudal

Para el cálculo del caudal medio y máximo diario de la población, se debe considerar el valor de dotación respecto a un año de consumo del recurso agua, de acuerdo a la disposición de la siguiente tabla:

**Tabla 60**

*Dotaciones Recomendadas de Agua*

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

**NOTA:** Valores de dotación de agua en relación con la cantidad de habitantes y la influencia directa del clima. Elaborado por: La autora con información obtenida de (CPE INEN 005-9-1, 1992).

##### 4.1.6.2.1 Consumo Medio Diario ( $Q_{med}$ )

$$Q_{med} = \frac{Dot * P_f}{86400 \frac{s}{día}}$$

$$Q_{med} = \frac{190 \frac{L}{hab * día} * 14059 \text{ hab}}{86400 \frac{s}{día}}$$

$$Q_{med} = 30,92 \frac{L}{s}$$

**En donde:**

$Dot =$  Dotación media futura de agua  $\left(\frac{L}{hab*dia}\right)$

$P_f =$  Población futura del método geométrico (*hab*)

#### 4.1.6.2 Caudal Máximo Diario ( $Q_{max}$ )

Para la obtención del caudal máximo diario, se debe considerar los valores de coeficiente de variación diario:

**Tabla 61**

*Coefficientes de Variación*

REQUERIMIENTO	VALOR
Coefficiente de variación máximo diario	1,3 – 1,5
Coefficiente de variación máximo horario	2 – 2,3

**NOTA:** Valores del coeficiente de variación requeridos por la población para la determinar el caudal máximo por día. Elaborado por: La autora con información obtenida de (CPE INEN 005-9-1, 1992).

$$Q_{max} = K_{max} * Q_{med}$$

$$Q_{max} = 1,3 * 30,92 \frac{L}{s}$$

$$Q_{max} = 40,2 \frac{L}{s}$$

#### 4.1.6.2.3 Aforamiento del Caudal de Ingreso a la Planta

##### **Datos:**

Diámetro de tubería ( $\varnothing$ )= 4''

Área= 0,0081073 m<sup>2</sup>

Cd= 0,61

Aceleración de la gravedad (g)= 9,81  $\frac{m}{s^2}$

##### **Fórmula:**

$$Q = A * Cd * \sqrt{2 * g * h}$$

##### **Tabla 62**

*Datos del Aforamiento*

<b>DÍA</b>	<b>HORA</b>	<b>h (m)</b>	<b>Q (L/s)</b>
Lunes	8:00	0,80	19,59
	8:15	0,83	19,96
	8:30	0,85	20,20
	8:45	0,85	20,20
	9:00	0,84	20,08
Martes	8:00	0,85	20,20
	8:15	0,84	20,08
	8:30	0,80	19,59
	8:45	0,83	19,96
	9:00	0,85	20,20

Miércoles	8:00	0,84	20,08
	8:15	0,83	19,96
	8:30	0,83	19,96
	8:45	0,83	19,96
	9.00	0,84	20,08

**NOTA:** El Caudal de diseño de la planta de agua potable se la realizará con un **Q= 20 L/s**. Elaborado por: La autora.

#### **4.1.7 Diseño**

##### **4.1.7.1 Diseño del Caudal antes de la Criba**

#### **Datos**

Q= 20 L/s

b= 0,20m

Ym= 0,20 m

n= 0,013

V= 0,60 m/s

$$a) \quad V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$J^{1/2} = \frac{V*n}{Rh^{\frac{2}{3}}}$$

$$J = \left( \frac{V*n}{Rh^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

b) Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{A}{P_m}$$

$$\mathbf{Rh} = \frac{0,20 \text{ m} * 0,20 \text{ m}}{0,20 \text{ m} + 2 * 0,20 \text{ m}}$$

$$\mathbf{Rh} = \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,60 \text{ m}}$$

$$\mathbf{Rh} = 0,06666$$

$$\mathbf{Rh}^{2/3} = 0,164414$$

c) Pendiente longitudinal del canal

$$\mathbf{J} = \left( \frac{V * n}{Rh^{2/3}} \right)^2$$

$$\mathbf{J} = \left( \frac{0,60 * 0,013}{0,164414} \right)^2$$

$$\mathbf{J} = 0,0475$$

$$\mathbf{J} = 4,75 \%$$

#### 4.1.7.2 Diseño de la Criba

##### Datos

$$Q = 20 \text{ L/s}$$

$$W = 5 \text{ mm} = 0,5 \text{ cm}$$

$$b = 25 \text{ mm} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\beta = 1,79; \text{ dato barras circulares}$$

$$\theta = 45^\circ; \text{ pendiente con la vertical}$$

$$v = 0,60 \text{ m/s}$$

$$bc = 0,20 \text{ m}; \text{ ancho del canal}$$

$$h_{\text{seguridad}} = 0,085 \text{ m}$$

a) Pérdida de energía a través de la rejilla “H”

$$\mathbf{H} = \beta * \left(\frac{W}{b}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{V^2}{2g} * \sin \theta$$

$$\mathbf{H} = 1,79 * \left(\frac{5 \text{ mm}}{25 \text{ mm}}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{\left(0,60 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2\left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} * \sin 45^\circ$$

$$\mathbf{H} = 0,003 \text{ m}$$

$$\mathbf{H} = 0,3 \text{ cm}$$

b) Área transversal

$$\mathbf{A} = \frac{Q}{V}$$

$$\mathbf{A} = \frac{0,020 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,60 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$\mathbf{A} = 0,033 \text{ m}^2$$

c) Altura de la lámina de agua

$$\mathbf{h} = \frac{A}{b}$$

$$\mathbf{h} = \frac{0,033 \text{ m}^2}{0,20 \text{ m}}$$

$$\mathbf{h} = 0,165 \text{ m}$$

d) Altura total

$$\mathbf{h_T} = h + h_{\text{seguridad}}$$

$$\mathbf{h_T} = 0,165 \text{ m} + 0,085 \text{ m}$$

$$\mathbf{h_T} = 0,25 \text{ m}$$

e) Longitud efectiva de la rejilla

$$\mathbf{L} = \frac{h_T}{\sin \theta}$$

$$L = \frac{0,25 \text{ m}}{\sin 45}$$

$$L = 0,35 \text{ m}$$

f) Número de varillas de la rejilla

$$n * W + (n + 1) * b = b_c$$

$$n * 5 \text{ mm} + (n + 1) * 25 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$5 \text{ m} + 25 \text{ m} + 25 = 200$$

$$30 \text{ m} = 175$$

$$n = \frac{175}{30}$$

$$n = 6 \text{ varillas}$$

#### 4.1.7.3 Diseño del Vertedero Hidráulico de Mezcla Rápida

##### Datos:

$$Q = 20 \text{ L/s}$$

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

$$B = 0,70 \text{ m}; \text{ ancho del canal}$$

$$P = 0,50 \text{ m}; \text{ altura del vertedero}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \text{ aceleración de la gravedad}$$

$$\delta = 9803 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2}; \text{ peso específico del agua}$$

$$\mu = 0,001271 \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}; \text{ viscosidad del agua}$$

a) Altura del agua sobre el vertedero

$$Q = 1,84 * B * H^{1.5}$$

$$H = \left( \frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{1}{1.5}}$$

$$H = \left( \frac{0,020 \frac{m^3}{s}}{1,84 * 0,70 m} \right)^{\frac{1}{1.5}}$$

$$H = 0,062 m$$

$$H = 6,2 cm$$

### 1<sup>era</sup> Condición

$$P \geq 2 H$$

$$0,50 m \geq 2 * 0,062 m$$

$$0,50 m \geq 0,125 m \quad \therefore \text{Cumple}$$

b) Caudal unitario

$$q = \frac{Q}{B}$$

$$q = \frac{0,020 \frac{m^3}{s}}{0,70 m}$$

$$q = 0,029 \frac{m^2}{s}$$

c) Altura crítica “h<sub>c</sub>”

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{(0,029 \frac{m^2}{s})^2}{9,81 \frac{m}{s^2}}}$$

$$h_c = 0,044 m$$

$$h_c = 4,4 cm$$

## 2<sup>da</sup> Condición

$$\frac{P}{h_c} \geq 3$$

$$\frac{0,50 \text{ m}}{0,044 \text{ m}} \geq 3$$

$$11,36 \geq 3 \quad \therefore \text{Cumple}$$

- d) Calado crítico “profundidad del agua luego del vertedero ( $h_1$ )” con la ecuación de White

$$h_1 = \frac{\sqrt{2} * h_c}{1,06 + \left(\frac{P}{h_c} + 1,5\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$h_1 = \frac{\sqrt{2} * 0,044 \text{ m}}{1,06 + \left(\frac{0,50 \text{ m}}{0,044 \text{ m}} + 1,5\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$h_1 = 0,013 \text{ m}$$

- e) Velocidad en la sección 1 “resalto”

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

$$V_1 = \frac{0,029 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}{0,013 \text{ m}}$$

$$V_1 = 2,23 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- f) Número de Froude en la sección 1

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * Y_1}}$$

$$Fr_1 = \frac{2,23 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,013}}$$

$$\mathbf{Fr}_1 = 6,24 \quad \therefore \text{Cumple}$$

**NOTA:** El Número de Froude debe entrar en el rango de 4,5 a 9 para garantizar el resalto hidráulico.

g) Calado conjugado “altura luego del resalto ( $h_2$ )”

$$\mathbf{h}_2 = \frac{h_1}{2} * \left( \sqrt{1 + 8 * (Fr_1)^2} - 1 \right)$$
$$\mathbf{h}_2 = \frac{0,013 \text{ m}}{2} * \left( \sqrt{1 + 8 * (6,24)^2} - 1 \right)$$
$$\mathbf{h}_2 = 0,11 \text{ m}$$

h) Velocidad media en el resalto

$$\mathbf{V}_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$
$$\mathbf{V}_m = \frac{2,23 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2}$$
$$\mathbf{V}_m = 1,245 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

i) Velocidad en la sección 2

$$\mathbf{V}_2 = \frac{q}{h_2}$$
$$\mathbf{V}_2 = \frac{0,029 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}{0,11 \text{ m}}$$
$$\mathbf{V}_2 = 0,26 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

j) Longitud del resalto hidráulico

$$\mathbf{L} = 6,90 * (h_2 - h_1)$$
$$\mathbf{L} = 6,90 * (0,11 \text{ m} - 0,013 \text{ m})$$

$$L = 0,67 \text{ m}$$

k) Tiempo del resalto hidráulico “tiempo de mezcla”

$$t = \frac{L}{V_m}$$
$$t = \frac{0,67 \text{ m}}{1,245 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$
$$t = 0,54 \text{ seg}$$

**NOTA:** Cumple menor a 1 seg.

l) Energía disipada en el resalto

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * (h_2 * h_1)}$$
$$h_p = \frac{(0,11 \text{ m} - 0,013 \text{ m})^3}{4 * (0,11 \text{ m} * 0,013 \text{ m})}$$
$$h_p = 0,159 \text{ m}$$

m) Altura de la grada de salida

$$\text{Grada} = \frac{h_2}{6}$$
$$\text{Grada} = \frac{0,11 \text{ m}}{6}$$
$$\text{Grada} = 0,02 \text{ m}$$

n) Longitud según las aplicaciones del coagulante con la ecuación de Scimeni

$$L_m = 1,45 * P^{0,54} * h_c^{0,46}$$
$$L_m = 1,45 * (0,50 \text{ m})^{0,54} * (0,044 \text{ m})^{0,46}$$
$$L_m = 0,24 \text{ m}$$

o) Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\delta * h_p}{\mu * t}}$$
$$G = \sqrt{\frac{9803 \frac{\text{Kgm}}{\text{m}^3 \text{s}^2} * 0,159 \text{ m}}{0,001271 \frac{\text{Kg}}{\text{ms}} * 0,54 \text{ seg}}}$$
$$G = 1506,98 \text{ seg}^{-1}$$

**NOTA:** La condición es que G se encuentre entre  $1000 \text{ seg}^{-1}$  a  $2000 \text{ seg}^{-1}$ . ∴Cumple (O.K)

#### 4.1.7.4 Diseño del Floculador Hidráulico de Flujo Horizontal de Mezcla Lenta

##### Datos:

$$Q_{\text{planta}} = 20 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 10 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

a) Criterios técnicos para el tiempo

**Tabla 63**

*Criterios Técnicos de Tiempo*

CRITERIO	TIEMPO
Smethurst	10 – 60 min
Arboleda	15 – 20 min
Insfopal	15 – 60 min
Awwa	10 – 60 min

Fair y Geyer	10 – 90 min
Kawamura	30 – 45 min
Cepis	10 – 60 min
R.A.S 2000	20 – 30 min

**NOTA:** En la tabla 47 se representan los valores de los criterios técnicos de tiempo empleados para el cálculo del diseño del Floculador Hidráulico. Elaborado por: La autora.

b) Criterios técnicos para velocidad

**Tabla 64**

*Criterios Técnicos para Velocidad*

<b>CRITERIO</b>	<b>VELOCIDAD</b>
Smethurst	0,15 – 0,50 m/seg
Arboleda	0,10 – 0,60 m/seg
Insfopal	0,15 – 0,45 m/seg
Awwa	0,09 – 0,30 m/seg
Fair y Geyer	0,10 – 0,90 m/seg
Kawamura	<90 m/seg

**NOTA:** En la tabla 48 se representan los valores de los criterios técnicos de velocidad empleados para el cálculo del diseño del Floculador Hidráulico. Elaborado por: La autora.

#### **4.1.7.4.1 Diseño de la Primera Sección**

**Datos:**

$$t = 10 \text{ min}$$

$$V = 0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q = 10 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q = 0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

a) Longitud de los canales

$$L = \text{Velocidad} * \text{Tiempo}$$

$$L = 0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 600 \text{ seg}$$

$$L = 180 \text{ m}$$

b) Volumen de agua que hay que mezclar en cada periodo de 10 min

$$V = Q * t$$

$$V = 0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 600 \text{ seg}$$

$$V = 6 \text{ m}^3$$

c) Área transversal del canal

$$A = \frac{V}{L}$$

$$A = \frac{6 \text{ m}^3}{180 \text{ m}}$$

$$A = 0,033 \text{ m}^2$$

d) Profundidad del agua en los canales considerando un ancho de 0,15 m

$$d = \frac{A}{a}$$

$$d = \frac{0,033 \text{ m}^2}{0,15 \text{ m}}$$

$$d = 0,22 \text{ m}$$

e) Espacio libre entre las tuberías y la pared del tanque

$$e = 1,5 * a$$

$$e = 1,5 \times 0,15 \text{ m}$$

$$e = 0,22 \text{ m}$$

a) Longitud efectiva del canal. Si consideramos que la unidad tiene un ancho de 14 m

$$l = B - e$$

$$l = 14 \text{ m} - 0,22 \text{ m}$$

$$l = 13,78 \text{ m}$$

f) Número de canales requeridos

$$N = \frac{L}{l}$$

$$N = \frac{180 \text{ m}}{13,78 \text{ m}}$$

$$N = 13 \text{ canales}$$

g) Ancho total del primer tramo de la cámara de floculación

$$A_t = (N * a) + (N - 1) * e_{\text{placa}}$$

$$A_t = (13 * 0,15 \text{ m}) + (13 - 1) * 0,03 \text{ m}$$

$$A_t = 2,31 \text{ m}$$

h) Radio hidráulico de la canaleta

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

$$R_h = \frac{A}{a + 2d}$$

$$\mathbf{R_h} = \frac{0,033 \text{ m}^2}{0,15 \text{ m} + (2 * 0,22 \text{ m})}$$

$$\mathbf{R_h} = 0,05593$$

$$\mathbf{R_h}^{4/3} = 0,02139$$

i) Pérdidas por fricción en canaletas

$$\mathbf{h_f} = \frac{(m * V)^2 * L}{R_h^{\frac{4}{3}}}$$

$$\mathbf{h_f} = \frac{(0,013 * 0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 * (13 * 13,78 \text{ m})}{0,02139}$$

$$\mathbf{h_f} = 0,127 \text{ m}$$

j) Pérdidas localizadas

$$\mathbf{hf_1} = k * (N - 1) * \frac{V^2}{2g}$$

$$\mathbf{hf_1} = 2 * (13 - 1) * \frac{(0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$\mathbf{hf_1} = 0,11 \text{ m}$$

k) Pérdidas totales

$$\mathbf{hf_T} = h_f + hf_1$$

$$\mathbf{hf_T} = 0,127 \text{ m} + 0,11 \text{ m}$$

$$\mathbf{hf_T} = 0,237 \text{ m}$$

l) Criterios técnicos para el gradiente de velocidad “G”

**Tabla 65**

*Criterio Técnico de Gradiente de Velocidad G*

<b>CRITERIO</b>	<b>GRADIENTE DE VELOCIDAD</b>
Smethurst	20 a 100 seg <sup>-1</sup>
Arboleda	10 a 100 seg <sup>-1</sup>
Awwa	5 a 100 seg <sup>-1</sup>
Kawamura	10 a 50 seg <sup>-1</sup>
Cepis	10 a 100 seg <sup>-1</sup>
R.A.S. 2000	20 a 70 seg <sup>-1</sup>

**NOTA:** Valores de los criterios técnicos de gradiente de velocidad G empleados para el cálculo del diseño del Floculador Hidráulico. Elaborado por: La autora.

$$G = \sqrt{\frac{\delta * h_T}{\mu * t}}$$

En donde:

G= Gradiente de velocidad; seg<sup>-1</sup>

δ= Peso específico del fluido para el agua a 10 °C

$$\delta = 9804 \frac{N}{m^3}$$

h<sub>T</sub>= Pérdida de energía del tanque

$$h_T = 0,237 \text{ m}$$

μ= Viscosidad dinámica

$$\mu = 1,307 \times 10^{-3} \frac{N * \text{seg}}{m^2}$$

t= Tiempo de retención

$$t = 600 \text{ seg}$$

$$G = \sqrt{\frac{9804 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0,237 \text{ m}}{1,307 \times 10^{-3} \frac{\text{N} * \text{seg}}{\text{m}^2} * 600 \text{ seg}}}$$

$$G = 54,43 \text{ seg}^{-1}$$

∴Cumple (O.K)

#### 4.1.7.4.2 Diseño de la Segunda Sección

##### Datos:

$$t = 10 \text{ min} = 600 \text{ seg}$$

$$V = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$Q = 10 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q = 0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

b) Longitud de los canales

$$L = \text{Velocidad} * \text{Tiempo}$$

$$L = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 600 \text{ seg}$$

$$L = 150 \text{ m}$$

c) Volumen de agua que hay que mezclar en un periodo de 10 min

$$V = Q * t$$

$$V = 0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 600 \text{ seg}$$

$$V = 6 \text{ m}^3$$

d) Área transversal del canal

$$\mathbf{A} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{L}}$$
$$\mathbf{A} = \frac{6 \text{ m}^3}{150 \text{ m}}$$
$$\mathbf{A} = 0,04 \text{ m}^2$$

e) Profundidad del agua en los canales considerando un ancho de 0,18 m

$$\mathbf{d} = \frac{\mathbf{A}}{\mathbf{a}}$$
$$\mathbf{d} = \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,18 \text{ m}}$$
$$\mathbf{d} = 0,22 \text{ m}$$

f) Espacio libre entre las tuberías y la pared del tanque

$$\mathbf{e} = 1,5 * \mathbf{a}$$
$$\mathbf{e} = 1,5 \times 0,18 \text{ m}$$
$$\mathbf{e} = 0,27 \text{ m}$$

a) Longitud efectiva del canal. Si consideramos que la unidad tiene un ancho de 14 m

$$\mathbf{l} = \mathbf{B} - \mathbf{e}$$
$$\mathbf{l} = 14 \text{ m} - 0,27 \text{ m}$$
$$\mathbf{l} = 13,73 \text{ m}$$

b) Número de canales requeridos

$$\mathbf{N} = \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{l}}$$
$$\mathbf{N} = \frac{150 \text{ m}}{13,73 \text{ m}}$$
$$\mathbf{N} = 11 \text{ canales}$$

c) Ancho total del segundo tramo de la cámara de floculación

$$\begin{aligned}A_t &= (N * a) + (N - 1) * e_{\text{placa}} \\A_t &= (11 * 0,18 \text{ m}) + (11 - 1) * 0,03 \text{ m} \\A_t &= 2,28 \text{ m}\end{aligned}$$

d) Radio hidráulico de la canaleta

$$\begin{aligned}R_h &= \frac{A}{P_m} \\R_h &= \frac{A}{a + 2d} \\R_h &= \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,18 \text{ m} + (2 * 0,22 \text{ m})} \\R_h &= 0,0645161 \\R_h^{4/3} &= 0,025875\end{aligned}$$

e) Pérdidas por fricción en canaletas

$$\begin{aligned}h_f &= \frac{(m * V)^2 * L}{R_h^{4/3}} \\h_f &= \frac{(0,013 * 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 * (11 * 13,73 \text{ m})}{0,025875} \\h_f &= 0,062 \text{ m}\end{aligned}$$

f) Pérdidas localizadas

$$\begin{aligned}hf_1 &= k * (N - 1) * \frac{V^2}{2g} \\hf_1 &= 2 * (11 - 1) * \frac{(0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \\hf_1 &= 0,063 \text{ m}\end{aligned}$$

g) Pérdidas totales

$$\begin{aligned} \mathbf{hf_T} &= h_f + hf_1 \\ \mathbf{hf_T} &= 0,062 \text{ m} + 0,063 \text{ m} \\ \mathbf{hf_T} &= 0,125 \text{ m} \end{aligned}$$

h) Gradiente de velocidad

$$\begin{aligned} \mathbf{G} &= \sqrt{\frac{\delta * h_T}{\mu * t}} \\ \mathbf{G} &= \sqrt{\frac{9804 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0,237 \text{ m}}{1,307 \times 10^{-3} \frac{\text{N} * \text{seg}}{\text{m}^2} * 600 \text{ seg}}} \\ \mathbf{G} &= 54,43 \text{ seg}^{-1} \quad \therefore \text{Cumple (O.K)} \end{aligned}$$

#### 4.1.7.4.1 Diseño de la Tercera Sección

##### Datos:

$$t = 10 \text{ min} = 600 \text{ seg}$$

$$V = 0,20 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$Q = 10 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q = 0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

a) Longitud de los canales

$$\mathbf{L} = \text{Velocidad} * \text{Tiempo}$$

$$\mathbf{L} = 0,20 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 600 \text{ seg}$$

$$\mathbf{L} = 120 \text{ m}$$

b) Volumen de agua que hay que mezclar en un periodo de 10 min

$$\begin{aligned}V &= Q * t \\V &= 0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 600 \text{ seg} \\V &= 6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c) Área transversal del canal

$$\begin{aligned}A &= \frac{V}{L} \\A &= \frac{6 \text{ m}^3}{120 \text{ m}} \\A &= 0,05 \text{ m}^2\end{aligned}$$

d) Profundidad del agua en los canales considerando un ancho de 0,22 m

$$\begin{aligned}d &= \frac{A}{a} \\d &= \frac{0,05 \text{ m}^2}{0,22 \text{ m}} \\d &= 0,22 \text{ m}\end{aligned}$$

e) Espacio libre entre las tuberías y la pared del tanque

$$\begin{aligned}e &= 1,5 * a \\e &= 1,5 * 0,22 \text{ m} \\e &= 0,33 \text{ m}\end{aligned}$$

g) Longitud efectiva del canal. Si consideramos que la unidad tiene un ancho de 14 m

$$\begin{aligned}l &= B - e \\l &= 14 \text{ m} - 0,33 \text{ m} \\l &= 13,67 \text{ m}\end{aligned}$$

f) Número de canales requeridos

$$\mathbf{N} = \frac{L}{l}$$
$$\mathbf{N} = \frac{120 \text{ m}}{13,67 \text{ m}}$$
$$\mathbf{N} = 9 \text{ canales}$$

g) Ancho total del tercer tramo de la cámara de floculación

$$\mathbf{A}_t = (N * a) + (N - 1) * e_{\text{placa}}$$
$$\mathbf{A}_t = (9 * 0,22 \text{ m}) + (9 - 1) * 0,03 \text{ m}$$
$$\mathbf{A}_t = 2,22 \text{ m}$$

h) Radio hidráulico de la canaleta

$$\mathbf{R}_h = \frac{A}{P_m}$$
$$\mathbf{R}_h = \frac{A}{a + 2d}$$
$$\mathbf{R}_h = \frac{0,05 \text{ m}^2}{0,22 \text{ m} + (2 * 0,22 \text{ m})}$$
$$\mathbf{R}_h = 0,07575$$
$$\mathbf{R}_h^{4/3} = 0,032055$$

i) Pérdidas por fricción en canaletas

$$\mathbf{h}_f = \frac{(m * V)^2 * L}{R_h^{\frac{4}{3}}}$$
$$\mathbf{h}_f = \frac{(0,013 * 0,20 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 * (11 * 13,67 \text{ m})}{0,032055}$$
$$\mathbf{h}_f = 0,025 \text{ m}$$

j) Pérdidas localizadas

$$\mathbf{hf_1} = k * (N - 1) * \frac{V^2}{2g}$$
$$\mathbf{hf_1} = 2 * (9 - 1) * \frac{(0,20 \frac{m}{s})^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}}$$
$$\mathbf{hf_1} = 0,032 \text{ m}$$

k) Pérdidas totales

$$\mathbf{hf_T} = h_f + hf_1$$
$$\mathbf{hf_T} = 0,025 \text{ m} + 0,032 \text{ m}$$
$$\mathbf{hf_T} = 0,057 \text{ m}$$

l) Gradiente de velocidad

$$\mathbf{G} = \sqrt{\frac{\delta * h_T}{\mu * t}}$$
$$\mathbf{G} = \sqrt{\frac{9804 \frac{N}{m^3} * 0,057 \text{ m}}{1,307 * 10^{-3} \frac{N * \text{seg}}{m^2} * 600 \text{ seg}}}$$
$$\mathbf{G} = 26,69 \text{ seg}^{-1} \quad \therefore \text{Cumple (O.K)}$$

#### 4.1.7.5 Diseño del Sedimentador de Alta Tasa o de Flujo Laminar

**Datos:**

$$Q = 20 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 10 \frac{\text{lt}}{\text{sg}}$$

a) Velocidad de sedimentación crítica según R.A.S. 2000

$$V_{sc} = 15 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

b) El parámetro “S” caracteriza la eficiencia del sedimentador

**Tabla 66**

*Módulos del Sedimentador*

TIPO DE MÓDULO	S
Placas planas paralelas	1
Tubos circulares	4/3
Tubos cuadrados	11/8
Placas onduladas paralelas	1,30

**NOTA:** Módulos de los sedimentador empleados en el diseño del Sedimentador.  
Elaborado por: La autora.

c) Utilizando la separación entre placas  $d = 0,06$  m. La longitud relativa de sedimentación. Ángulo de inclinación de las placas  $\theta = 60^\circ$ .

$$L = \frac{l}{d}$$

$$L = \frac{120 \text{ cm}}{6 \text{ cm}}$$

$$L = 20$$

d) Velocidad de flujo en los módulos

$$V_0 = \frac{V_{sc}}{S} * (\sin \theta + L * \cos \theta)$$

$$V_0 = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{día}}}{1} * (\sin 60 + (20) * \cos 60)$$

$$V_o = 162,99 \frac{\text{m}}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ seg}}$$

$$V_o = 0,189 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

$$0,189 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} < 1 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \quad \therefore \text{Cumple (O.K)}$$

e) Número de Reynolds en la zona de sedimentación. El objetivo es que en la zona de sedimentación se tenga flujo laminar, según R.A.S. 2000

$$R_e < 500$$

La viscosidad cinemática es  $1,139 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$

$$N_{RE} = \frac{V_o * d}{V_c}$$

$$N_{RE} = \frac{0,00189 \frac{\text{m}}{\text{seg}} * 0,06 \text{ m}}{1,139 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{seg}}}$$

$$N_{RE} = 99,56$$

$$N_{RE} < 500 \quad \therefore \text{Cumple (O.K)}$$

f) Área de la zona laminar de sedimentación

$$A = \frac{Q}{V_o * \sin \theta}$$

$$A = \frac{0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0,00189 \frac{\text{m}}{\text{seg}} * \sin 60}$$

$$A = 6,10 \text{ m}^2$$

g) Obtenemos las dimensiones en planta de la unidad. Utilizamos una placa y media

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Área}}{\text{Largo}}$$

$$\text{Ancho} = \frac{6,10 \text{ m}^2}{(2,4 \text{ m} + 1,2 \text{ m})}$$

$$\text{Ancho} = \frac{6,10 \text{ m}^2}{3,60 \text{ m}}$$

$$\text{Ancho} = 1,70 \text{ m}$$

h) Tiempo de paso de las partículas por las placas. Según R.A.S. 2000 de 15 a 20 minutos

$$t = \frac{l}{V_o}$$

$$t = \frac{1,20 \text{ m}}{0,00189 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$t = 634 \text{ seg}$$

$$t = 10,58 \text{ min} \quad \therefore \text{Cumple (O.K.)}$$

i) La carga superficial

$$C.S = \frac{Q}{A_{\text{superficial}}}$$

$$C.S = \frac{10 \frac{\text{l}}{\text{seg}} * 86,4}{3,60 \text{ m} * 1,70 \text{ m}}$$

$$C.S = \frac{864 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{3,60 \text{ m} * 1,70 \text{ m}}$$

$$C.S = 141,17 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

**NOTA:** Según R.A.S. 2000 la carga superficial debe estar entre 120 m/día a 185 m/día.

j) **Zona de Ingreso:** La velocidad de flujo en la zona de ingreso debe ser menor a 1,25 cm/seg

$$V_{\text{entrada}} = \frac{Q}{A}$$
$$V_{\text{entrada}} = \frac{0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0,80 \text{ m} * 3,60 \text{ m}}$$
$$V_{\text{entrada}} = 3,47 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$
$$V_{\text{entrada}} = 0,34 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

k) **Zona de Lodos:** Según R.A.S. 20000, la zona de lodos debe ser mayor al 50% de la zona de sedimentación

• **Volumen de Lodos**

$$V_{\text{lodos}} = [(0,80 \text{ m} * 0,80 \text{ m}) + (0,70 \text{ m} * 0,80 \text{ m})] * 3,60 \text{ m}$$
$$V_{\text{lodos}} = 4,32 \text{ m}^2$$

• **Volumen zona de sedimentación**

$$V_{\text{sed}} = 1,70 \text{ m} * 1,04 \text{ m} * 3,60 \text{ m}$$
$$V_{\text{sed}} = 6,36 \text{ m}^3$$

• **Comprobación**

$$V_{\text{lodos}} > 0,5 V_{\text{sed}}$$
$$4,32 \text{ m}^3 > 0,5 * 6,36 \text{ m}^3$$
$$4,32 \text{ m}^3 > 3,18 \text{ m}^3$$

l) Estructura de salida

Diámetro de orificio  $\Phi = 1''$ ;  $\Phi = 2,54 \text{ cm}$

$h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

$C_d = 0,60$

$$A = \frac{\pi * \Phi^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (0,0254 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = C_d * A * \sqrt{2gh}$$

$$Q = 0,6 * 5,07 \times 10^{-4} * \sqrt{2 * 9,81 * 0,10 \text{ m}}$$

$$Q = 4,26 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$Q = 0,43 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

m) Número de orificios

$$\# \text{ Orificios} = \frac{10 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}}{0,43 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}}$$

$$\# \text{ Orificios} = 24$$

#### 4.1.7.6 Diseño del Filtro Lento

a) Caudal de diseño

$$Q = 20 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 86,4$$

$$Q = 1728 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

b) Tasa de filtración

1. Fundamento teórico

$$CS_{\text{normal}} = 180 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

$$CS_{\text{máxima}} = 480 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

2. Valores adoptados

$$CS_{\text{normal}} = 180 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

$$CS_{\text{máxima}} = 240 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

c) Número de filtros rápidos

$$CS_{\text{normal}} = \frac{Q}{n * A_f}$$

$$CS_{\text{máxima}} = \frac{Q}{(n - 1) * A_f}$$

En donde:

$CS_{\text{normal}}$  = Carga superficial normal en (m/día)

$CS_{\text{máxima}}$  = Carga superficial máxima en (m/día)

Q= Caudal de diseño

$A_f$ = Área del filtro

n= Número de filtros

$$CS_{\text{normal}} * n = CS_{\text{máxima}} * (n - 1)$$

$$180 * n = 240 * (n - 1)$$

$$180n - 240n = -240$$

$$-60n = -240$$

$$n = 4$$

**Entonces:** En la planta se construirán 4 filtros

- d) Debido a que en la planta se construirán cuatro (4) filtros, determinamos el caudal para cada uno

$$Q_D = \frac{20 \frac{l}{seg}}{4}$$

$$Q_D = 5 \frac{l}{seg} * 86,4$$

$$Q_D = 432 \frac{m^3}{día}$$

- e) Determinación del área de cada filtro en condiciones normales

$$CS_{normal} = \frac{Q}{n * A_f}$$

$$A_f = \frac{Q}{n * CS_{normal}}$$

$$A_f = \frac{432 \frac{m^3}{día}}{1 * 180 \frac{m}{día}}$$

$$A_f = 2,40 m^2$$

- f) Verificación de la carga superficial en el momento que un filtro se encuentra en mantenimiento

$$CS_{máxima} = \frac{Q}{(n - 1) * A_f}$$

$$CS_{\text{máxima}} = \frac{1728 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{(4 - 1) * 2,40 \text{ m}^2}$$

$$CS_{\text{máxima}} = 240 \frac{\text{m}}{\text{día}} \quad \therefore \text{Cumple (O.K)}$$

g) Determinación de la vida de arrastre de los diferentes lechos del filtro

1. Velocidad de arrastre para “Arena”

**Datos:**

Densidad relativa  $\rightarrow \delta = 2,65$

Tamaño efectivo  $\rightarrow TE = 0,55 \text{ mm}$

Coefficiente de uniformidad  $\rightarrow CU = 1,4$

D60 = Producto del tamaño efectivo por el coeficiente de uniformidad

$$D60 = TE * CU$$

$$D60 = 0,55 * 1,4$$

$$D60 = 0,77 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

- Velocidad de arrastre

$$V_{\text{arrastre}} = 10 * D60$$

$$V_{\text{arrastre}} = 10 * 0,77$$

$$V_{\text{arrastre}} = 7,7 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

2. Velocidad de arrastre de “Antracita”

**Datos:**

Densidad relativa  $\rightarrow \delta = 1,55$

Tamaño efectivo  $\rightarrow TE = 1,2 \text{ mm}$

Coefficiente de uniformidad  $\rightarrow CU = 1,5$

$$D_{60} = TE * CU$$

$$D_{60} = 1,2 * 1,5$$

$$D_{60} = 1,8 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

- Velocidad de arrastre

$$V_{\text{arrastre}} = 4,7 * D_{60}$$

$$V_{\text{arrastre}} = 4,7 * 1,8$$

$$V_{\text{arrastre}} = 8,46 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

h) Determinación de la velocidad de fluidización

1. Arena

$$V_f = V_{\text{arrastre}} * (\text{Porosidad})^{4,5}$$

$$V_f = 7,7 \frac{\text{m}}{\text{min}} * (0,45)^{4,5}$$

$$V_f = 0,21 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

2. Antracita

$$V_f = V_{\text{arrastre}} * (\text{Porosidad})^{4,5}$$

$$V_f = 8,46 \frac{\text{m}}{\text{min}} * (0,50)^{4,5}$$

$$V_f = 0,37 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

i) Velocidad apropiada de lavado

$$V_b = 0,10 * V_{\text{arrastre}}$$

$$V_b = 0,10 * 7,7 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$V_b = 0,77 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

**La norma indica:**

$$V_b > V_f$$

$$\text{Arena: } 0,77 \frac{\text{m}}{\text{min}} > 0,21 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad \therefore (\text{O.K})$$

$$\text{Antracita: } 0,77 \frac{\text{m}}{\text{min}} > 0,37 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad \therefore (\text{O.K})$$

j) Diseño de las canaletas

**Datos:**

$$Q = 5 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} = 0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

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

$$b = 0,10 \text{ m}$$

$$Q = 1,38 * b * h^{1,5}$$

$$Q = 1,38 * 0,10 \text{ m} * (0,11 \text{ m})^{1,5}$$

$$Q = 0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$Q = 5 \frac{\text{l}}{\text{seg}}$$

#### 4.1.7.7 Diseño del Aireador con Surtidores

**Datos:**

$$t = 1,7 \text{ seg}$$

$$Q = 20 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$\emptyset \text{ Boquilla} = 2,54 \text{ cm}$$

$$C_d = 0,85$$

$$\alpha = 85^\circ$$

a) Velocidad inicial en la boquilla

$$Y = V_0 \sin \alpha * t - \frac{gt^2}{2}$$
$$0 = V_0 \sin 85 * (1,7 \text{ seg}) - \frac{\left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) * (1,7 \text{ seg})^2}{2}$$
$$V_0 \sin 85 * (1,7 \text{ seg}) = \frac{\left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) * (1,7 \text{ seg})^2}{2}$$
$$V_0 * 1,69353 = 14,161$$
$$V_0 = \frac{14,161}{1,69353}$$
$$V_0 = 8,36 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

b) La distancia horizontal que alcanza el chorro

$$X = V_0 \cos \alpha * t$$
$$X = 8,36 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \cos 85^\circ * 1,7 \text{ seg}$$
$$X = 1,23 \text{ m}$$

c) Área transversal de cada boquilla

$$A = \frac{\pi * \varnothing^2}{4}$$
$$A = \frac{\pi * (0,0254 \text{ m})^2}{4}$$
$$A = 5,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

d) Caudal de la boquilla

$$Q = V * A$$
$$Q = 8,36 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 5,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = 4,236 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

e) Número de boquillas requeridas

$$\text{Número} = \frac{Q_T}{Q_{\text{Boquilla}}}$$

$$\text{Número} = \frac{20 \frac{\text{lt}}{\text{s}}}{4,24 \frac{\text{lt}}{\text{s}}}$$

$$\text{Número} = 4,72$$

$$\text{Número} = 5$$

f) Presiones de trabajo

$$h = \frac{Q^2}{(C_d * A)^2 * 2g}$$

$$h = \frac{(4,236 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}})^2}{(0,85 * 5,6 \times 10^{-4})^2 * (2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$h = \frac{1,79436 \times 10^{-5}}{3,62942 \times 10^{-6}}$$

$$h = 4,94 \text{ m}$$

g) Carga de diseño

$$C_d = \frac{\text{Área Aireador}}{Q}$$

$$C_d = \frac{2,00 \text{ m} * 1,8 \text{ m}}{20 \frac{\text{lt}}{\text{sg}}}$$

$$C_d = 0,18 \frac{\text{m}^2}{\text{lt} * \text{sg}}$$

#### 4.1.7.8 Diseño del Aireador de Bandejas

##### Datos:

$$Q = 20 \text{ lt/sg}$$

$$C_h = 0,8 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \cdot \text{m}^2}; \text{ Carga Hidráulica Superficial}$$

a) Área requerida de las bandejas

$$Q = 20 \frac{\text{lt}}{\text{sg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$Q = 1200 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q = 1200 \frac{\text{lt}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}}$$

$$Q = 1,2 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$A = \frac{Q}{C_h}$$

$$A = \frac{1,2 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{0,8 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \cdot \text{m}^2}}$$

$$A = 1,5 \text{ m}^2$$

**NOTA:** Se consideran 3 bandejas, cada bandeja tiene un  $A = 0,5 \text{ m}^2$ .

b) Disminuciones de las bandejas

$$A = 0,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Dimensiones} = 0,70 \text{ m} * 0,70 \text{ m}$$

c) Se adopta un diámetro de orificios de 5 mm separados 2,5 cm

$$N * 0,5 \text{ cm} + (N + 1) * 2,5 \text{ cm} = 70 \text{ cm}$$

$$0,5 N + 2,5 N = 70 - 2,5$$

$$3 N = 67,5$$

$$N = 22,5 \text{ orificios}$$

**NOTA:** Se utilizarán 22 filas de orificios de un  $\varnothing = 0,5 \text{ cm}$  separados 2,5 cm y con orificios de borde a 3,25 cm de cada extremo.

$$L = (22 * 0,5 \text{ cm}) + (21 * 2,5 \text{ cm}) + (2 * 3,25 \text{ cm})$$

$$L = 70 \text{ cm}$$

d) El área total de orificios

$$A = \frac{\pi * (0,5 \text{ cm})^2 * (22 * 22)}{4}$$

$$A = 95,03 \text{ cm}^2$$

e) Velocidad de flujo

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,020 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{95,03 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V = 2,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

f) Altura de la lámina en cada bandeja

$$C_v = 0,82$$

$$H = \frac{V^2}{2g * C_v^2}$$

$$H = \frac{(2,10 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{(2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) * (0,82)^2}$$

$$H = 0,33 \text{ m}$$

#### 4.1.8 Análisis de Sostenibilidad

##### 4.1.8.1 Análisis Económico

###### 4.1.8.1.1 Presupuesto de Construcción

**Tabla 67**

*Presupuesto de Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable*

COL.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	TOTAL
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					
1	Cerramiento provisional H=2,40 m	m	68	63,91	4345,88
2	Limpieza manual del terreno	m2	182,67	1,35	246,60
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
3	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	1525	9,45	14411,25
4	Excavación manual de las unidades	m3	37,5	10,34	387,75
5	Excavación con maquinaria de las unidades	m3	485	32,7	15859,5
6	Relleno compactado	m3	23,5	6,79	159,57
7	Desalojo de material con volqueta cargada manualmente	m3	51,5	11,87	611,31
<b>ESTRUCTURA</b>					
8	Replanteo H.S 180 kg/cm2 con equipo concretera de 1 saco	m3	1,65	121	199,65
9	Hormigón ciclopeo f'c= 210kg/cm2	m3	7,2	96,06	691,63
10	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	m3	4,28	145,71	623,64
11	Hormigón simple f'c= 240 kg/cm2	m3	2,1	174,16	365,74
12	Acero de refuerzo	kg	97	2,94	285,18
13	Construcción de oficinas	m2	3	1900	5700

14	Contrucción de bodegas	m2	2	1500	3000
15	Sistema de evacuación de aguas lluvias global	m3	1	5900	5900
16	Sistema de evacuación de aguas servidas global	m3	1	6700	6700

### MAMPOSTERÍA

17	Mampostería de bloque de concreto	m2	178,61	21,18	3782,96
----	-----------------------------------	----	--------	-------	---------

### ENLUCIDOS

18	Enlucido de filos	m	9	7	63
19	Enlucido más impermeabilizante	m2	34,9	12,41	433,11

### PISOS

20	Contrapiso de 180 kg/m2	m3	36,75	199,87	7345,22
21	Malla soldada eléctricamente	m2	102	3,37	343,74

### REVESTIMIENTOS

22	Pintura de caucho para superficie	m2	86	4,51	387,86
23	Cerámica para piso y pared	m2	76	4,92	373,92

### SANITARIOS

24	Suministros e insumos de sanitario	u	3	127,34	382,02
----	------------------------------------	---	---	--------	--------

### COMPLEMENTARIOS

25	Adoquines para área de parqueadero	m2	7,8	23,95	186,81
26	Jardineras	m2	3,6	21,26	76,54

### MANO DE OBRA

27	Albañil	trabajador	6	31	186
28	Maestro de obra	trabajador	1	32,7	32,7
29	Residente de obra	trabajador	1	34,49	34,49
30	Operador de maquinaria	trabajador	2	31	62
31	Pintor	trabajador	3	31	93
32	Encofrador o carpintero de ribera	trabajador	4	31	124

33	Electricista	trabajador	3	31	93
34	Mampostero	trabajador	3	31	93
35	Ingeniero Ambiental	ingeniero	1	4890	4890
<b>SUBTOTAL DE CONSTRUCCIÓN</b>					<b>78471,06</b>
<b>IVA 12%</b>					<b>9416,53</b>
<b>TOTAL CONSTRUCCIÓN</b>					<b>87887,59</b>

**NOTA:** Presupuesto requerido de construcción para la PTAP. Elaborado por: La autora.

#### 4.1.8.1.2 Presupuesto de Equipos y Maquinaria

**Tabla 68**

*Presupuesto de Adquisición de Equipos y Maquinaria para la PTAP*

COL.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P.U	TOTAL
1	Motoniveladora	1	492,49	492,49
2	Excavadora	1	492,49	492,49
3	Retroexcavadora	1	492,49	492,49
4	Máquina extendora de adoquín	1	492,49	492,49
5	Bomba dosificadora Grundfos	1	595,49	595,49
6	Bomba de 15 HP	1	1135	1135
7	Bomba dosificadora de Cloro	1	490	490
<b>SUB TOTAL DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>				<b>4190,45</b>
<b>IVA 12 %</b>				<b>502,85</b>
<b>TOTAL DE AQUISICIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIA</b>				<b>4693,3</b>

**NOTA:** Presupuesto requerido para la adquisición de equipos y maquinaria necesarios para la construcción de la PTAP. Elaborado por: La autora.

#### 4.1.8.1.3 Presupuesto de Operación

**Tabla 69**

*Presupuesto de Operación para la PTAP*

COL.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	UNIDAD	TOTAL MENSUAL	TOTAL ANUAL
<b>MANO DE OBRA</b>							
1	Técnico	Técnico	1	32,7	USD/día	654	7848
2	Operador auxiliar	Auxilia	2	15,38	USD/día	615,2	7382,4
<b>INSUMOS QUÍMICOS</b>							
3	Sulfato de Aluminio	kg/mes	20	0,8	USD/kg	496	5952
4	Cloro gas	lb/mes	12	2,5	USD/kg	615,2	7382,4
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>							
5	Arena	m3/año	12	74	USD/m3	-	888
6	Grava	m3/año	8	58	USD/m3	-	696
<b>ELECTRICIDAD</b>							
7	Energía eléctrica	(Kw-h)/mes	3857	0,12	USD/Kw-h	462,84	5554,08
<b>SUB TOTAL DE OPERACIÓN</b>							<b>28680,48</b>
<b>IVA 12 %</b>							<b>3441,66</b>
<b>TOTAL DE OPERACIÓN</b>							<b>32122,14</b>

**NOTA:** Presupuesto requerido de Operación luego de la construcción de la PTAP. Elaborado por: La autora.

#### 4.1.8.1.4 Presupuesto de Mantenimiento

**Tabla 70**

*Presupuesto de Mantenimiento de la PTAP*

COL.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P.U	FRECUENCIA ANUAL	TOTAL ANUAL
<b>UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA</b>					
1	Operador	1	15,38	12	184,56
<b>EQUIPOS</b>					
2	Técnico	1	654	2	1308
<b>ESPACIOS VERDES</b>					
3	Jardinero	1	280	6	1680
<b>SUB TOTAL DE MANTENIMIENTO</b>					<b>3172,56</b>
<b>IVA 12 %</b>					<b>380,71</b>
<b>TOTAL DE MANTENIMIENTO</b>					<b>3553,27</b>

**NOTA:** Presupuesto requerido para el Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable luego de la Construcción. Elaborado por: La autora.

#### 4.1.8.1.5 Costo del Agua Tratada

**Tabla 71**

*Costo Total del Tratamiento de Agua*

FASE	VALOR
Construcción	87887,59
Operación	32122,14
Mantenimiento	3553,27

<b>TOTAL</b>	<b>123562,99</b>
--------------	------------------

**NOTA:** Presupuesto Total requerido para el Tratamiento de la Planta de Agua Potable una vez que haya sido construida. Elaborado por: La autora.

**Producción anual del agua tratada en m3**

$$P = 20 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1000 L} * \frac{86400 s}{1 día} * \frac{360 días}{1 año}$$

$$P = 622080 \frac{m^3}{año}$$

Se pretende conocer el costo del agua con un tiempo de rentabilidad de la planta de 10 años.

**Costo del agua tratada**

$$\text{Costo de Agua Tratada} = \frac{\frac{\text{Costo Total de la PTAP}}{10 \text{ años}}}{\text{Producción de Agua Tratada}}$$

$$\text{Costo de Agua Tratada} = \frac{123562,99 \frac{\$}{año}}{622080 \frac{m^3}{año}}$$

$$\text{Costo de Agua Tratada} = 0,02 \frac{\$}{año}$$

Lo que significa que, al año de construcción, la planta percibirá aproximadamente 123562,99 USD/año; y luego de 10 años recuperará esa inversión 745642,99 USD/año por la rentabilidad de la planta de 10 años de los 25 años de diseño originalmente.

#### **4.1.8.2 Análisis Técnico**

El espacio que será destinado para el diseño y construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable contará con: el sistema de tratamiento, áreas administrativas y espacios verdes, misma que será ubicada en el espacio en que el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón El Tambo lo disponga.

#### **4.2 Discusión**

El proyecto de titulación se realizó en el Cantón El Tambo, provincia de Cañar; mismo que tenía como finalidad el diseño de una planta de tratamiento de agua potable con un caudal de diseño de 20 L/s, con el que se pueda mejorar la calidad para abastecimiento del agua para el consumo humano y demás necesidades que brinda este recurso.

En base a los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, se obtuvo un promedio de DBO5 de 24.55 mg/L; 45.74 mg/L de DQO y 22,67 PCU; resultando en el incumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 097a, (2015) y NTE-INEN 1108, (2014). Estos resultados podrían deberse a residuos de materia orgánica, pues la fuente de captación de agua es la Laguna de Culebrillas, y, en su trayectoria hasta llegar a la planta, se encuentra ganado bovino. No obstante, estos resultados pueden deberse también a factores externos como la falla en la calibración del equipo Espectrofotómetro de la marca HANNA, pues durante el proceso experimental, se pudo evidenciar errores en las lecturas de ciertos parámetros, por lo que es posible que los valores de DQO estén elevados para el tipo de agua que se analizó y, por consiguiente, errores en las mediciones al momento de realizar la DBO5.

La Prueba de Jarras realizada mediante proceso de floculación – coagulación, se refiere a la eliminación de las partículas coloides mediante agregación de compuestos químicos al agua con la finalidad de minimizar la fuerza de separación de los sólidos en suspensión (Calupiña, 2014).

Según estudios realizados por (Ampai et al., 2019), la efectividad de la reducción de la turbidez del agua se verá influenciada por el tipo de floculante/coagulante adicionado, la dosis de f/c, turbidez inicial, pH y conductividad; pues en sus investigaciones removieron entre 80-90% de turbidez de quitosanos con la adición de 1 y 3mg/L de PAC Y Sulfato de Aluminio. En la presente investigación para el primer muestreo se tuvo una variación de remoción de turbidez de 87.1, 90.36 y 94.34% con la adición de 20, 10 y 25 mg/L de PAC y Sulfato de Aluminio. Para el segundo muestreo una variación de 83.22, 84.68 y 98.31% con la adición de 30, 20 y 15 mg/L de PAC y Sulfato de Aluminio. Y, para el tercer muestreo una variación de 92.5, 93.94 y 97.62% con la adición de 20, 30 y 5 mg/L de PAC y Sulfato de Aluminio.

Investigaciones realizadas por Yagual, (2012), mediante el uso de Sulfato de Aluminio obtuvo un porcentaje de remoción de la turbidez de agua del río Daule de 95-99.6%. En donde hace referencia a, que la dosis que se vaya a aplicar para obtener la remoción va a depender de igual manera de la tipología del químico. Pues, Choque, (2018), menciona que el mejor coagulante a usarse en el tratamiento de agua potable es el Sulfato de Aluminio, quien ha demostrado ser eficiente en la remoción de materia coloidal, no obstante, la desventaja económica es considerable debido a que su precio es elevado.

En la Filtración, se usaron materiales ordenados por nivel de porosidad de mayor a menor, para de esta forma reducir el número de coliformes fecales y totales encontrados en los análisis de laboratorio.

Investigaciones realizadas por (Piri et al., 2010), mencionan que la eficiencia de la filtración está enfocada en bajos valores de turbidez y la presencia de menos de 50 partículas/ml en el que se incorpora partículas granulares debido a que eliminan contaminantes presentes en el agua, pues el objetivo es aclarar la misma y mejorar su calidad.

Sin embargo (Pérez et al., 2016), mencionan que se puede lograr una eficiencia de filtración del 75-100% con diferentes tipos de filtros de membrana, filtros granulares (arena), filtros de velas de cerámicas y ollas cerámicas. En la presente investigación, se realizó el proceso de filtración mediante filtros granulares en el que se obtuvo una eficiencia del 54,94%, lo que significa que este proceso es efectivo.

No obstante, es necesario mencionar las características de los materiales que fueron empleados en la filtración, iniciando con la referencia de Torres & Villanueva, (2013) respecto a la arena como un elemento que gracias a sus paredes filtrantes brinda una alta eficacia en el rendimiento de la eliminación de materia coloidal. De igual manera, (Carbotecnia, 2004), menciona que el utilizar una capa de grava en la parte inferior del filtro, ayuda a mejorar el paso de la materia coloidal gracias a su lecho filtrante en el que se puede llegar a tener una eficiencia de retención de sólidos de hasta el 75%.

En cuanto al proceso de Desinfección (Carrasco et al., 2019), mencionan que la desinfección se la puede realizar mediante la aplicación de cloro gas, hipoclorito de sodio,

hipoclorito de calcio, dióxido de cloro, pues como actúan como oxidantes tienen por objetivo eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua previa a su tratamiento.

Sin embargo, el complemento sobre el cloro gas por (Jaramillo, 2010) respecto a su peligrosidad y corrosividad, incita a manejar con cuidado el producto, pues al entrar en contacto con el calor, puede llegar a generar una explosión, por ello, recomienda mantener los tanques de cloro gas en lugares secos y al aire libre, pero bajo cubierta. Información adicional de Jaramillo, (2010), menciona que los tipos de desinfectantes mayormente usados es el hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio y cal clorada debido a que son económicamente más rentables por sus bajos precios en el mercado.

Ramírez (2005), menciona también que el cloro gas es el elemento más utilizado por su reacción con microorganismos, denominados como coliformes fecales y totales y su posterior eliminación, con una eficiencia de hasta el 95%.

Es necesario recalcar que, en la presente investigación, se trabajó con cloro gas en dosis que varían de 0,04 a 0,07 mg/L reduciendo en un 90% la presencia de coliformes fecales y totales.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se realizó el diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la población del Cantón El Tambo mediante el uso del programa de diseño AutoCAD, el cual el sistema consta de criba, vertedero, sedimentador, floculador, aireador, filtro y clorador, respectivamente.
- Mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua cruda que se realizaron en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, se pudo determinar que los parámetros de  $DBO_5$  y DQO no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-a. De acuerdo al índice de biodegradabilidad (relación  $DBO_5/DQO$ ) se obtuvo un resultado de 0,54; lo que indica que posee un alto grado de biodegradabilidad, por lo que la calidad del agua es buena para el consumo humano.
- A través de las pruebas de tratabilidad realizadas en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, fue posible realizar el dimensionamiento de 7 unidades de tratamiento para el diseño de la planta, mismas que comprenden en: 1) Cribado, 2) Vertedero Hidráulico de Mezcla Rápida, 3) Floculador Hidráulico de Mezcla Lenta, 4) Sedimentador de Alta Tasa o de Flujo Laminar, 5) Filtro Lento, 6) Aireador con Surtidores y de Bandejas, 7) Clorador.
- El costo de construcción, operación y mantenimiento de la Planta es de aproximadamente 123562,99 USD; obtenido este valor, se puede decir que la construcción de la planta es económicamente rentable.

## 5.2 Recomendaciones

- Una vez que se ha elaborado la propuesta del diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, en el caso de ser implementada, deberán ser considerados factores tanto físicos como climáticos, en donde se llevarán a cabo actividades de evaluación de la puesta en marcha, con la finalidad de evitar futuras averías y de esta manera consolidar una idónea calidad del agua durante y después de su tratamiento.
- Se recomienda que el GAD del Cantón en conjunto con los moradores, realicen como mínimo 2 o 3 veces al mes mingas de limpieza, mantenimiento y cuidado de las fuentes de agua, pues la viabilidad del tratamiento dependerá en gran parte del origen de esta.
- Es recomendable realizar un mantenimiento de la planta cada 2 o 3 años, esto para comprobar el adecuado funcionamiento de la misma y mantener o mejorar su eficiencia.
- De igual manera, es necesario realizar socialización con la población del Cantón para conocer el estado de la dotación del agua, y si están o no conformes con el abastecimiento a través de encuestas descriptivas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, R. (1997). *AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES*. LIBRARY IRC. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>
- Ampai, S., Amburgey, J., Stauber, C., Sobsey, M., & Casanova, L. (2019). *Turbidity reduction in drinking water by coagulation-flocculation with chitosan polymers*. 4. [https://iwaponline-com.translate.google.com/jwh/article/17/2/204/65912/Turbidity-reduction-in-drinking-water-by?\\_x\\_tr\\_sl=auto&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es](https://iwaponline-com.translate.google.com/jwh/article/17/2/204/65912/Turbidity-reduction-in-drinking-water-by?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es)
- Arizaga, J. (2016). *EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE VINCES* [Tesis de Maestría en Gestión Ambiental de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil]. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15356/1/TESIS%20MGA%20037\\_%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20VINCES.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15356/1/TESIS%20MGA%20037_%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20VINCES.pdf)
- AQUASTAT. (2018). FAO's Global Information System on Water and Agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use>
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2015). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Water Environment Federation (ed.); 3rd Edition). American Public Health Association.
- Barrios, C., Torres, R., Lampoglia, T., & Agüero, R. (2009). *GUÍA DE ORIENTACIÓN EN SANEAMIENTO BÁSICO PARA ALCALDÍAS DE MUNICIPIOS RURALES Y PEQUEÑAS COMUNIDADES* (CEPIS (ed.)). OPS/OMS.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Burek, Peter Satoh, Yusuke Fischer, Günther Kahil, Mohammed Scherzer, Angelika Tramberend, Silvy Nava, Luzma Wada, Yoshihide Eisner, Sthepanie Flörke, Martina Hanasaki, Naota Magnuszewski, Piotr Cosgrove, Bill Wiberg, David. (2016). *Water Futures and Solution Fast Track Initiative [Review of Water Futures and Solution Fast Track Initiative, por B. Cosgrove]*. IIASA, 13. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13008/1/WP-16-006.pdf>
- Calupiña, C. (2014). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para los Barrios de La Delicia y La Floresta en la Parroquia de Nanegal*. [Tesis de Pregrado de la

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad San Francisco de Quito].  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3761/1/112604.pdf>

Carbotecnia. (2004). *FILTROS DE GRAVA, ARENA SÍLICA Y ANTRACITA*.  
<https://www.carbotecnia.info/PDF/boletines/AG-009.pdf>

Carrasco, I., & Samperio, H. (2019). *Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas*.  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2019/ei193c.pdf>

Choque, D. (2018). *Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua*. *SCIELO*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852018000200008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200008)

CPE INEN 005-9-1. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES* (First Edition). INEN.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjpxfbsx5v1AhXOSDABHQTN4YQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.normalizacion.gob.ec%2Fbuzon%2Fnormas%2Fcpe\\_inen\\_5-parte9-1.pdf&usg=AOvVaw0-vyduPEWLxGljyYWX9w1f](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjpxfbsx5v1AhXOSDABHQTN4YQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.normalizacion.gob.ec%2Fbuzon%2Fnormas%2Fcpe_inen_5-parte9-1.pdf&usg=AOvVaw0-vyduPEWLxGljyYWX9w1f)

Directiva Marco de las Aguas. (2016). *LA CALIDAD DE LAS AGUAS* [Review of *La Situación Actual y los Problemas Existentes y Previsibles*]. 1. [https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3\\_part2.\\_Libro\\_blanco\\_del\\_agua.pdf](https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf)

ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO Y PLAN DE MITIGACIÓN POR CONTAMINACIÓN POR USO DOMÉSTICO Y AGROQUÍMICOS EN APURIMAC Y CUSCO*. <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

EMAPAT-EP. (2014). *Plan Maestro de Agua Potable para el Cantón El Tambo*.

Domínguez, F. J. (1999). *Hidráulica* (Sexta Edición). Editorial Universitaria.

FONDO PERU-ALEMANA. (2017). *MANUAL PARA LA CLORACIÓN DEL AGUA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL ÁMBITO RURAL*.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiZrrX68PjzAhX\\_SzABHcsoBQgQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fsswm.info%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Freference\\_attachments%2FGIZ%25202017.%2520Manual%2520para%2520la%2520cloraci%C3%B3n](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiZrrX68PjzAhX_SzABHcsoBQgQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fsswm.info%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Freference_attachments%2FGIZ%25202017.%2520Manual%2520para%2520la%2520cloraci%C3%B3n)

3n%2520del%2520agua%2520en%2520sistemas%2520de%2520abastecimiento%2520de%2520agua%2520potable.pdf&usg=AOvVaw10CtGYV-MdntuUGSghUcmY

García, Martha Sánchez, Félix Marín, Rodrigo Guzmán, Héctor Verdugo, Nelsy Domínguez, Efraín Vargas, Omar Panizzo, Lorenzo Sánchez, Nancy Gómez, Jeremías Cortés, Guillermo. (2001). *El Agua* [Review of *EL MEDIO AMBIENTE EN COLOMBIA*, por G. Rodríguez]. 2. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>

Jaramillo, Cristian (2010). *DESINFECCIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO* [Tesis para obtención del título de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2134/1/CD-2893.pdf>

Jiménez, José. (2014). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO* [Tesis de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana]. <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Materón, H. (1997). *Obras Hidráulicas Rurales*. [Universidad del Valle].

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-a*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Minaya, R. (2017). *PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS, PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA MORONACOCHA, ÉPOCA DE TRANSICION CRECIENTE-VACIANTE. IQUITOS. PERU. 2016* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4690/Reynaldo\\_Tesis\\_Titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

NTE-INEN 1108. (2014). *AGUA POTABLE. REQUISITOS*. <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>

NTE-INEN 2169. (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>

NTE-INEN 2176. (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.->

CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051#:~:text=1.1%20Esta%20norma%20establece%20gu%C3%ADas,aguas%20residuales%20para%20su%20caracterizaci%C3%B3n

NTE-INEN 2226. (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>

OECD. (2011). *Water Governance in OECD Countries. A MULTI-LEVEL APPROACH*. [https://read.oecd-ilibrary.org/environment/water-governance-in-oecd-countries\\_9789264119284-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/environment/water-governance-in-oecd-countries_9789264119284-en#page1)

OMS. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable* (Tercera Edición, Vol. 1). Organización Mundial de la Salud. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

ONU. (2019). *NO DEJAR A NADIE ATRÁS. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

Orellana, J. (2005). *CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE* [Universidad Tecnológica Regional]. [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_03\\_Caracteristicas\\_del\\_Agua\\_Potable.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf)

Pérez, A., Díaz, J., Salamanca, K., & Rojas, L. (2016). *Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw y Olla Cerámica*. SCIELO. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi2rMnDhf71AhUxRDABHc-6A3kQFnoECAMQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.co%2Fpdf%2Frsap%2Fv18n2%2Fv18n2a11.pdf&usg=AOvVaw0uodFTbipXA-w1ukzytQNR>

Ramírez, F. (2005). *Tratamiento de Desinfección del Agua Potable*. <https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2.pdf>

Serrano, A. M. R. (2015). *GUÍA BÁSICA DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA*. ONGAWA, 4. <https://www.ongawa.org/wpcontent/uploads/2015/09/Agua-CAS-revisar2.pdf>

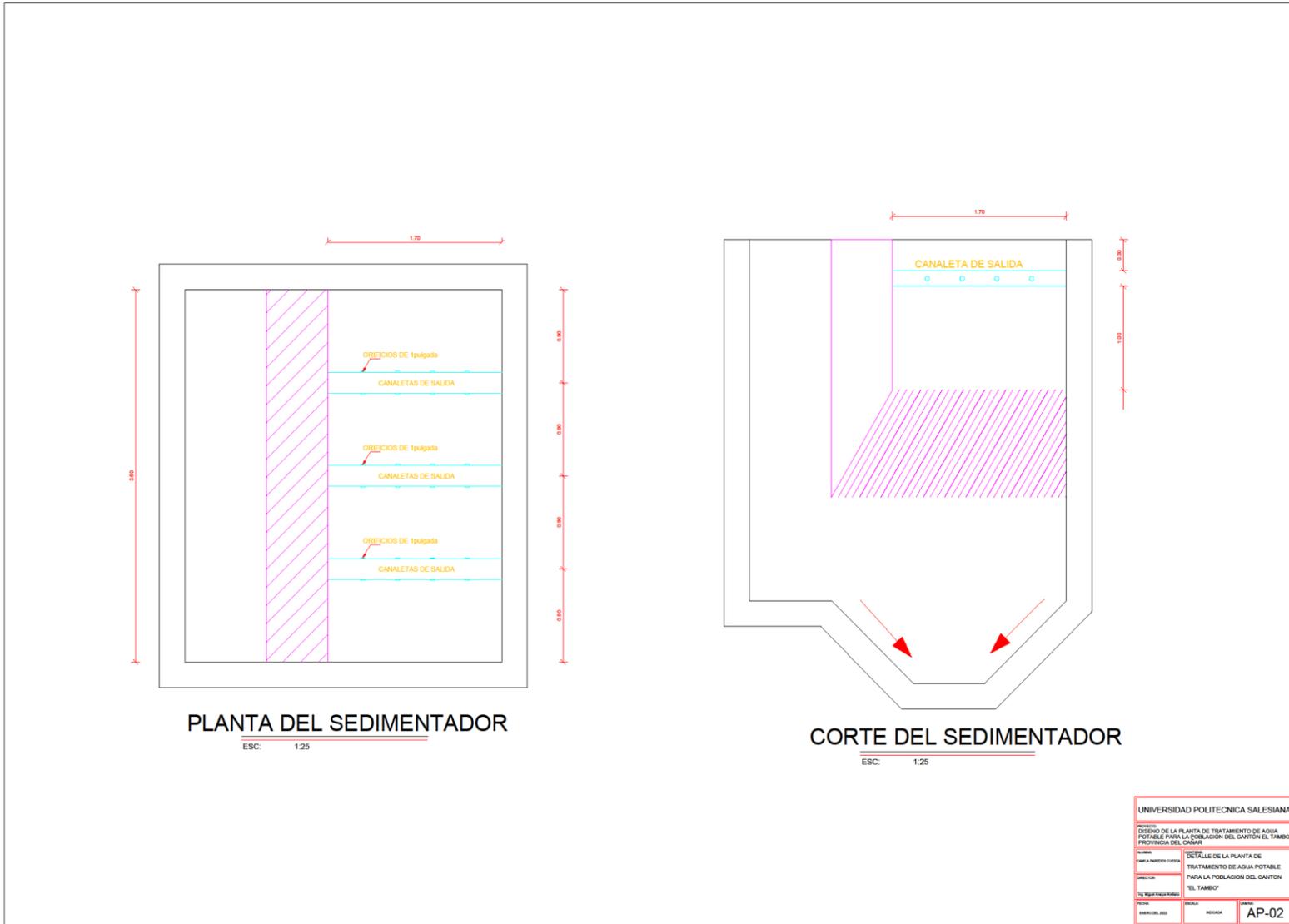
Torres, C., & Villanueva, S. (2013). *EL FILTRO DE ARENA LENTO: MANUAL PARA EL ARMADO, INSTALACIÓN Y MONITOREO* (Universidad Piloto de Colombia (ed.); Primera Ed). <https://www.unipiloto.edu.co/wp-content/uploads/2013/11/El-filtro-de-arena-Lento-a-color-para-la-web.pdf>

- Tinoco, Jair (2019). *NIVELES DE CLORO RESIDUAL LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA CIUDAD DE CALI EN EL AÑO 2019*. [Tesis de Maestría, Universidad Santiago de Cali]. Cali. Recuperado de: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/3262/NIVELES%20DE%20CLORO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNESCO. (2006). *EL AGUA, UNA RESPONSABILIDAD COMPARTIDA*. [https://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Resumen\\_informe\\_agua.pdf](https://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Resumen_informe_agua.pdf)
- Vera, Raiza (2017). *ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CLARIFICACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA REFINERÍA ESMERALDAS*. [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12657/1/T-UCE-0017-0053-2017.pdf>
- Yagual, María (2012). *Análisis comparativo del proceso de floculación-coagulación en la potabilización de agua de río, usando como fuente de captación el Río Daule y el Río Babahoyo en la Provincia del Guayas*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Guayaquil. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/43688/D-CD102720.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Zhen, B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008* [Tesis de Maestría, Universidad Estatal a Distancia]. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad%20f%C3%A4Dsico-qu%C3%ADmica%20y%20bateriol%C3%B3gica%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20de%20la%20microcuenca.pdf>
- Zimmerman, J., & Mihelcic, J. (2011). *ENVIRONMENTAL RENGINEERING: FUNDAMENTALS, SUSTAINABILITY, DESIGN* (Alfaomega (ed.); First Edit).

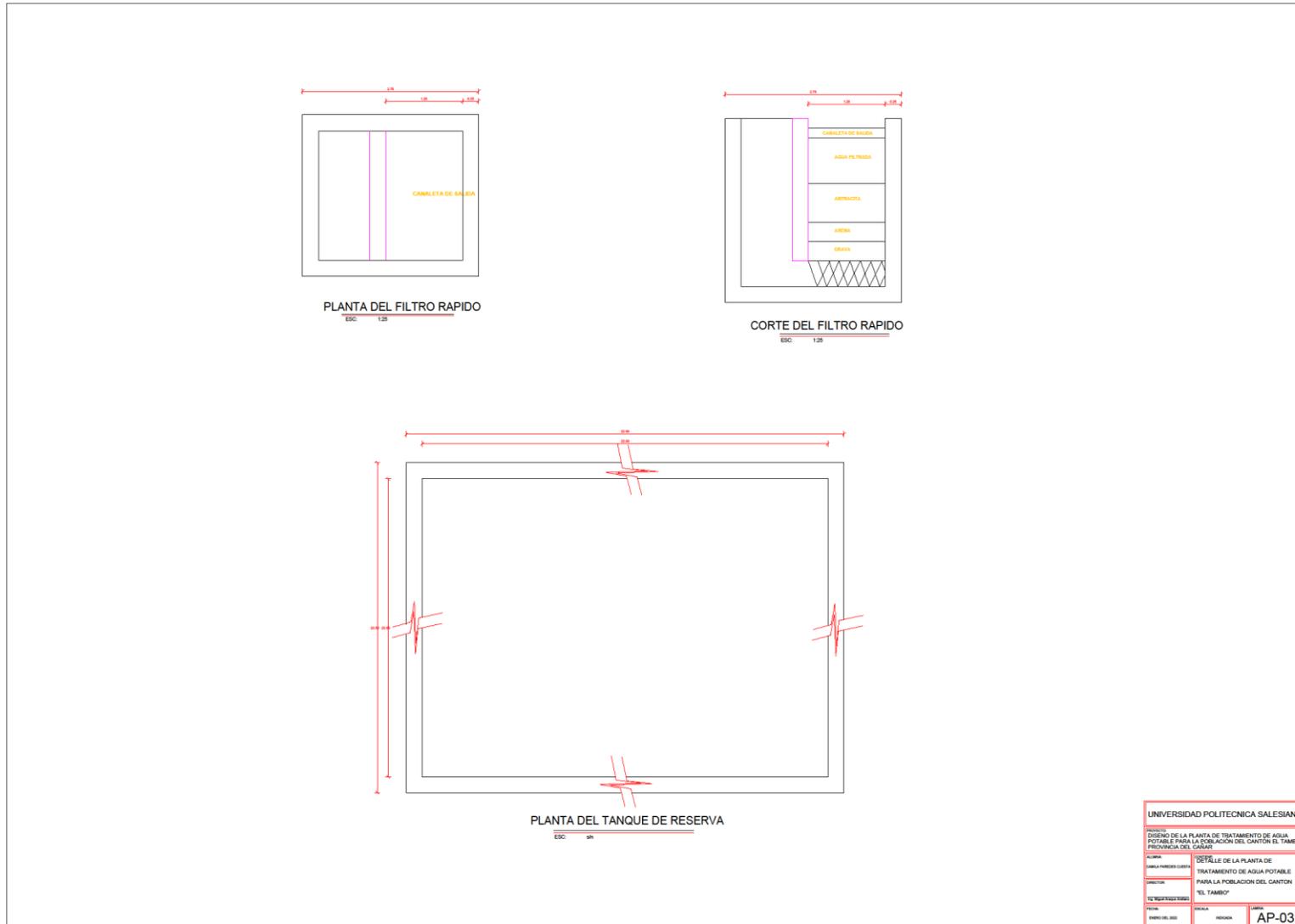


## **Anexo 2**

*Diseño en AutoCAD del Sedimentador y Flocculador*



*Diseño en AutoCAD del Filtro y Tanque de Reserva*



**Anexo 4**



## Anexo 5

### Registro Fotográfico



**NOTA:** La imagen representa el muestreo realizado en el Cantón El Tambo. Fuente: La autora.



**NOTA:** Análisis de parámetros físicos *in situ*. Fuente: La autora.



**NOTA:** Toma de puntos del lugar del proyecto. Fuente: La autora.



**NOTA:** Análisis de parámetros físicos y químicos en laboratorio. Fuente: La autora.



**NOTA:** Análisis de parámetros microbiológicos en laboratorio. Fuente: La autora.



**NOTA:** Realización de Sólidos. Fuente: La autora.



**NOTA:** Prueba de Jarras. Fuente: La autora.



**NOTA:** Prueba de Filtración. Fuente: La autora.

## Anexo 6

*Encuesta Aplicable a la población del Cantón El Tambo*

<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>								
<b>CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>								
<b>CALIDAD DEL AGUA POTABLE</b>								
<b>Nombre:</b>								
<b>Sexo:</b>	F	<input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>					
<b>Pertenencia étnica:</b>								
<b>Tipo de residencia:</b>								
<b>1. ¿Conoce el origen de la fuente de abastecimiento del agua potable?</b>								
	Si	<input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>					
<b>2. ¿Cuál es la forma de abastecimiento de agua en su hogar?</b>								
	Cisterna	<input type="checkbox"/>	Pozo <input type="checkbox"/>	Río <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>			
<b>3. ¿Tiene conocimiento sobre el tratamiento que se le da al agua en la Planta?</b>								
	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>				
<b>4. ¿Cómo describiría la calidad del agua potable que abastece su hogar?</b>								
	Muy Buena	<input type="checkbox"/>	Buena	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Mala	<input type="checkbox"/>
<b>5. En el caso de que se llegue a construir otra planta de tratamiento, ¿estaría dispuesto a pagar por el servicio de agua potable?</b>								
	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>				

**NOTA:** La presente encuesta será aplicada a la población del Cantón El Tambo en el caso que se lleve a cabo la construcción de la Planta. Elaborado por: La autora.