UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:
PROPUESTA DE UN DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA TÁLAG, CANTÓN TENA, PROVINCIA DE NAPO

AUTORES:
CLINTON CECIL GREFA ANDI
MARASCA JENNYFER GREFA ANDI

DIRECTOR DE PROYECTO/TRABAJO:
MSc. KAREM YAEL CAZARES CARRIÓN

Puyo - Ecuador
Julio 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien/es suscribe/n Grefa Andi Clinton Cecil con C.I. 150091566-3 y Grefa Andi Marasca Jennyfer con C.I. 150088931-4, hacen constar que son autor/es del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "Propuesta de un diseño de planta de tratamiento de agua potable en la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, MSc. Cazares Carrión Karem Yael. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 07 días del mes de julio del 2021.





Grefa Andi Clinton Cecil

CI: 1500915663

Grefa Andi Marasca Jennyfer

CI: 1500889314

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: “Propuesta de un diseño de planta de tratamiento de agua potable en la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo”.

Firmado electrónicamente por:
PAUL MARCELO MANOBANDA PINTO

MSc. Manobanda Pinto Paúl Marcelo.

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
PEDRO ANDRES PENAFIEL ARCOS

MSc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés.

Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

MSc. Ledesma Acosta Rubén Darío.

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quién suscribe el presente MSc. Cazares Carrión Karem Yael con CI: 1600318602, certifica que el Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **"Propuesta de un diseño de planta de tratamiento de agua potable en la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo"**, ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 3%.

En el cantón Pastaza, a los 07 días del mes de julio del 2021.

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

MSc. Karem Yael Cazares

Director del Trabajo de Integración Curricular

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Grefa Andi Clinton Cecil y Grefa Andi Marasca Jennyfer, declaramos que el presente proyecto de investigación, es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



GREFA ANDI CLINTON CECIL

No. Cédula: 150091566-3



GREFA ANDI MARASCA JENNYFER

No. Cédula: 150088931-4

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo queremos dedicar primero a Dios por habernos encaminado en esta maravillosa carrera, por brindarnos la bendición necesaria para así alcanzar todos los objetivos propuestos durante nuestra formación como profesionales.

A nuestras familias, ya que son pieza esencial en nuestra vida e igualmente nos brindan su apoyo incondicional para cada día prosperar como persona y como profesional, motivando alcanzar una de tantas metas planteadas en nuestra vida, debido que es satisfactorio poder realizarlos en compañía de nuestros seres queridos.

A cada uno de nuestros docentes que con su conocimiento y experiencia brindadas nos permitieron formarnos como futuros ingenieros ambientales.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios, por su inmenso amor y bendiciones, por tener vida, fortaleza y la oportunidad de culminar nuestro estudio con éxito y satisfacción.

A nuestras familias, por haber sido los pilares fundamentales que nos ayudaron a alcanzar esta meta.

A la Universidad Estatal Amazónica por abrirnos las puertas, donde adquirimos conocimientos importantes para nuestra vida profesional y personal.

El más sincero agradecimiento a los docentes de la Universidad Estatal Amazónica, por compartirnos sus conocimientos y ayudarnos a formarnos como profesionales.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Tálag (GADT), por la colaboración y el aval para la realización de la investigación.

Clinton Grefa y Marasca Grefa

La forma de lograr nuestras metas está en hacer y no en el pensar.

Thomas S. Monson

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se planteó una propuesta de diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para los habitantes del margen izquierdo de la parroquia Tálag, debido al inadecuado tratamiento, déficit de la demanda y la necesidad de mejorar la calidad del agua para consumo.

Para ello, se recabó información del censo 2010, documento del PDOT y con la colaboración de las instituciones públicas del GAD Municipal de Tena y el GAD Parroquial Tálag, respectivamente se determinó las características de la población y se obtuvo información relevante de la dotación y los resultados del análisis químicos, físicos y microbiológicos del río Tálag, el cual se comparó minuciosamente con las normativas ecuatorianas vigentes para efectuar el cumplimiento de los parámetros correspondientes al agua para consumo humano.

Asimismo, mediante una investigación bibliográfica en cuánto al proceso de filtración se analizaron tres posibles equipos a instalar en la planta, por lo que, para escoger el proceso más adecuado, se elaboró una matriz y en base a ciertos parámetros se seleccionó la opción más viable. Finalmente se realizó el dimensionamiento de las diferentes operaciones unitarias que intervienen en la potabilización del agua.

Se obtuvo el diseño de la planta de tratamiento de agua potable en la cual tendrán las operaciones unitarias de: captación y rejillas, desarenador, sistema de conducción, filtración lenta de arena y desinfección.

Se concluyó que la población futura proyectada será de 2865 habitantes. Además, se realizó la comparación del agua cruda con la normativa TUSMA Anexo 1, libro VI, AM 097 en dónde los parámetros como el color, pH, turbidez y coliformes fecales cumplen con los límites máximos permitidos, mientras que, para el agua previamente tratada con la normativa INEN 1108:2014 los parámetros como la turbidez, pH, cloro residual si cumplen a excepción del color y coliformes fecales no cumplen con la normativa.

Palabras clave: AGUA POTABLE/ POBLACIÓN/ DOTACIÓN/ DISEÑO.

ABSTRACT

In this research work, a proposal for the design of a drinking water treatment system for the inhabitants of the left bank of the Tálag parish was proposed, due to inadequate treatment, demand deficit and the need to improve water quality for consumption.

For this, information was collected from the 2010 census, a document from the PDOT and with the collaboration of the public institutions of the Municipal GAD of Tena and the Parish GAD Tálag, respectively, the characteristics of the population were determined and relevant information was obtained on the endowment and the results of the chemical, physical and microbiological analysis of the Tálag River, which was carefully compared with the current Ecuadorian regulations to comply with the parameters corresponding to water for human consumption.

Likewise, through a bibliographic research regarding the filtration process, three possible equipment to install in the plant were analyzed, therefore, to choose the most appropriate process, a matrix was elaborated and based on certain parameters the most viable option was selected. Finally, the dimensioning of the different unit operations that intervene in the purification of water was carried out.

The design of the drinking water treatment plant was obtained in which the unit operations of: catchment and grids, desander, conduction system, slow sand filtration and disinfection will be obtained.

It was concluded that the projected future population will be 2,865 inhabitants. In addition, raw water was compared with the TUSMA Annex 1, book VI, AM 097 regulation where parameters such as color, pH, turbidity and fecal coliforms comply with the maximum limits allowed, while for previously treated water With the INEN 1108: 2014 regulation, the parameters such as turbidity, pH, residual chlorine do comply, except for color and fecal coliforms, they do not comply with the regulations.

.

Keywords: DRINKING WATER / POPULATION / ENDOWMENT / DESIGN.

CONTENIDO

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN. 1

1.1 Planteamiento del problema 2

1.1.1 Definición del problema 2

1.1.2 Formulación del problema 3

1.2 Objetivos 3

1.2.1 Objetivo General 3

1.2.2 Objetivos Específicos 3

1.3 Justificación 4

2. CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. 6

2.1 Marco teórico 6

2.1.1 El agua 6

2.1.2 Agua potable 6

2.1.4 Propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua 6

2.1.5 Contaminante 9

2.1.6 Calidad de agua 9

2.1.7 Planta de tratamiento 12

2.1.8 Planta de tratamiento de agua potable 12

2.1.9 Tipos de tratamiento 13

2.1.10 Parámetros de partida para el dimensionamiento de la planta 14

2.1.11 Procesos de potabilización 17

2.1.13 Desarenador 21

2.1.14 Conducción 29

2.1.15 Coagulación 33

2.1.16 Floculación 34

2.1.17 Filtración 34

2.1.18 Desinfección 42
2.1.19 Potabilización..... 47
2.1.20 Operaciones unitarias que intervienen en el proceso de potabilización..... 48
2.1.21 Sistema de agua potable..... 48
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 50
3.1 Localización 50
3.2 Tipo de investigación 51
3.3 Métodos de investigación..... 51
3.3.1 Determinación de las condiciones técnicas de partida poblacional y de caracterización del agua potable de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo……52
3.3.2 Análisis de las diferentes alternativas de tratamiento de potabilización del agua de la población de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo 53
3.3.3 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua potable para la población de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo..... 56
4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS. 63
4.1 Condiciones técnicas de partida poblacional y caracterización del agua de la parroquia Tálag 63
4.1.1 Número de habitantes..... 63
4.1.2 Componente sociocultural 64
4.1.3 Componente económico 66
4.1.4 Componente ambiental 68
4.1.5 Caracterización del agua: Análisis físico, químico y microbiológico del río Tálag…….75
4.2 Análisis de las diferentes alternativas del proceso de filtración para el tratamiento de potabilización del agua para los habitantes de la parroquia Tálag. 80
4.2.1 Selección de la alternativa..... 80
4.2.2 Criterio de selección..... 81

4.3 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua potable para la población de la parroquia Tálag 89
4.3.1 Estimación de las poblaciones 90
4.3.2 Estimación de caudales 90
4.3.3 Estimación de la obra de captación y rejillas 92
4.3.4 Estimación del desarenador 95
4.3.5 Estimación de la conducción 101
4.3.6 Estimación coagulación-floculación 104
4.3.7 Estimación de la filtración lenta de arena 105
4.3.8 Estimación de la desinfección 111
4.4 Conclusiones 117
4.5 Recomendaciones 119
5. REFERENCIAS 120
6. ANEXOS 128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2 Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico .. 9
Tabla 2-2 Características físicas, sustancias inorgánicas y radioactivas 11
Tabla 3-2 Requisitos microbiológicos que el agua potable debe cumplir 11
Tabla 4-2 Caudales de diseño para un sistema de potabilización de agua..... 16
Tabla 5-2 Coeficientes k para pérdidas menores en accesorios..... 32
Tabla 6-3 Estimación de valores referenciales para los parámetros de la alternativa más adecuada..... 55
Tabla 7-3 Matriz para la toma de decisiones 56
Tabla 8-4 Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable 58
Tabla 9-4 Número de habitantes de la parroquia Tálag..... 63
Tabla 10-4 Número de estudiantes por centro educativo 64
Tabla 11-4 Personal de salud de la parroquia Tálag..... 65
Tabla 12-4 Identidad cultural de la parroquia Tálag..... 65
Tabla 13-4 Sistema de cultivo por productos a nivel parroquial por ha 66
Tabla 14-4 Ecosistemas de la parroquia Tálag 69
Tabla 15-4 Temperatura de la Estación Tena HDA Chaupi Shungo..... 71
Tabla 16-4 Datos de precipitación promedio..... 73
Tabla 17-4 Servicios de abastecimiento de agua de la parroquia Tálag..... 74
Tabla 18-4 Estado actual de la planta de tratamiento de agua en la parroquia Tálag... 74
Tabla 19-4 Resultados de los análisis físico, químico y microbiológico del agua cruda y agua con previo tratamiento del río Tálag 76
Tabla 20-4 Comparación del color de los resultados del análisis de agua con las normativas..... 77
Tabla 21-4 Comparación de la turbiedad, de los resultados del análisis de agua con las normativas..... 77
Tabla 22-4 Comparación del Potencial de hidrógeno según los resultados del agua cruda 78
Tabla 23-4 Concentración de cloro libre residual según los resultados del agua previamente tratada..... 78

Tabla 24-4 Comparación de coliformes fecales según los resultados del agua cruda 79
Tabla 25-4 Tipos de filtración 81
Tabla 26-4 Ventajas y desventajas (FLA) 83
Tabla 27-4 Tipos de filtros gruesos ascendentes FGA y sus características 85
Tabla 28-4 Ventajas y desventajas de la membrana ultrafiltración 86
Tabla 29-4 Comparación de los criterios de los tres tipos de filtración para la selección de la mejor alternativa para el tratamiento de agua potable..... 87
Tabla 30-4 Evaluación de las alternativas para el proceso de filtración de la PTAP 89
Tabla 31-4 Resultados de la alternativa para el proceso de filtración de la PTAP..... 89
Tabla 32-4 Valores de partida para el dimensionamiento 90
Tabla 33-4 Datos para el dimensionamiento de la captación y rejillas..... 92
Tabla 34-4 Resumen de los cálculos de la captación y rejillas..... 94
Tabla 35-4 Datos para el dimensionamiento del desarenador 95
Tabla 36-4 Resumen de los cálculos del desarenador 101
Tabla 37-4 Datos para el dimensionamiento de la conducción 101
Tabla 38-4 Coeficiente K para pérdidas menores en accesorios 104
Tabla 39-4 Resultados del cálculo de la conducción..... 104
Tabla 40-4 Datos para el dimensionamiento para la filtración lenta de arena..... 105
Tabla 41-4 Característica de la grava 110
Tabla 42-4 Resultados del cálculo de la filtración lenta de arena 110
Tabla 43-4 Datos para el dimensionamiento para la dosificación y tanque de cloración 111
Tabla 44-4 Resultados del cálculo de la desinfección 115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Gráfico de planta de tratamiento de agua potable por bombeo 12
Figura 2-2. Gráfico de planta de tratamiento de agua potable a gravedad 13
Figura 3-2. Gráfico de cribado 18
Figura 4-2. Gráfico del desarenador 21
Figura 5-2. Gráfico del proceso de coagulación 33
Figura 6-2. Gráfico del proceso de floculación 34
Figura 7-2. Gráfico del proceso filtración 34
Figura 8-2. Elementos básicos de la filtración lenta de arena 35
Figura 9-2. Gráfico del proceso de desinfección 42
Figura 10-2. Gráfico del proceso de potabilización 47
Figura 11-2. Diagrama de bloques del tratamiento de agua potable 48
Figura 12-3. Localización de la parroquia Tálag 50
Figura 13-4. Mapa de las comunidades del margen izquierdo de la parroquia Tálag 63
Figura 14-4. Kayak y rafting en el río Jatun Yaku 68
Figura 15-4. Balneario Laguna Azul 68
Figura 16-4. Temperaturas de la Estación Tena HDA Chaupi Shungo 72
Figura 17-4. Precipitación de la Estación Tena HDA Chaupi Shungo 73
Figura 18-4. Servicio de abastecimiento de agua en la parroquia Tálag 74
Figura 19-4. Esquema, filtro lento de arena 81
Figura 20-4. Esquema, filtro grueso ascendente en capas FGAc 84
Figura 21-4. Esquema, filtro grueso ascendente en serie 85
Figura 22-4. Esquema, ultrafiltración 86
Figura 23-4. Gráfico del diagrama de Moody 103
Figura 24-4. Esquema de las pérdidas menores en la tubería de conducción 104
Figura 25-4. Esquema de la planta de tratamiento de agua potable 116

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

El agua en el planeta es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la vida; así como también indispensable para las diferentes actividades que la naturaleza y el hombre desarrolla. Debido al crecimiento poblacional en el planeta, el recurso agua en óptimas condiciones se torna escaso, por lo que se debe desarrollar diferentes técnicas y procesos para su potabilización y a la vez esté dispuesto para el consumo humano (Salas, et al., 2020).

Según (Banús, 2010) la potabilización del agua, tiene que ser una de las políticas de interés para los diferentes niveles de gobierno de un país, ya que de ella se abastecerán todos los seres vivos y permitirá su subsistencia en su ambiente; además la disponibilidad del recurso agua y de mejor calidad es un derecho fundamental de todo ser humano, a pesar de la disponibilidad de agua en el planeta no toda el agua es apta para consumo humano.

Desde tiempos atrás, el tratamiento del agua para el consumo humano ha sido un tema de interés para todos los sectores sociales, productivos y económicos de la región, la búsqueda constante de técnicas, métodos o metodologías que establezcan alternativas de tratamiento de las aguas para consumo humano; ha permitido desarrollar varias técnicas estructurales acordes a la situación económica y la estructura social de la comunidad. El obtener agua potable, significa que este recurso luego del tratamiento que elimina contaminantes físicos, minerales y microbiológicos, estará apta para el consumo; esto con la finalidad de evitar y combatir enfermedades de carácter gastrointestinal que se generan por el consumo de agua de mala calidad, y que afectan directamente a niños y personas adulto mayores (Aguirre, 2015).

El siguiente trabajo de investigación pretende desarrollar una propuesta de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para la población de la parroquia Tálag, zona que se encuentra ubicada en la provincia de Napo. En la actualidad el sistema de agua convencional que abastece a la parroquia presenta problemas de infraestructura y con el tiempo podría sufrir daños considerables, la misma se origina desde la captación, conducción, seguida de un tratamiento previo. Este déficit de tratamiento genera en la

comunidad diferentes tipos de afectaciones en el ámbito de salud al consumir agua no tratada y se evidencian problemas de enfermedades gastrointestinales en la población infantil y adulto mayor; es así que se propone diseñar los procesos técnicos y operativos de una PTAP y ofrecer agua segura para el consumo de la población (Fonseca J. , 2015).

El acceso al agua potable puede proporcionar diferentes beneficios para la salud humana, por lo que se recomienda aplicar medidas correctivas para tratarlas y disminuir la concentración de factores contaminantes en el agua de uso diario, buscando mejorar la calidad de vida de la población actual y futura (Girón, 2014).

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Definición del problema

Según la Organización de la Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2019) afirma:

> Que más de 2000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua y aproximadamente 4000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. Los niveles de escasez seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático. Sin embargo; estas cifras globales enmascaran las significativas desigualdades entre y dentro de las regiones, países, comunidades. (p. 1)

> En Ecuador, la región Sierra con 75.7% presenta una cobertura de agua potable mayor al promedio nacional; la región Costa presenta una cobertura de 68.1% de su población, y finalmente la región con menor población de agua potable es la Amazonía con 42.5%. En promedio en la Amazonía, 6 de cada 10 personas no cuentan con agua potable. (Molina, Pozo y Serrano, 2018, p. 25)

El agua para el consumo humano debe cumplir con todas las normas de calidad para su uso y consumo, además debe representar una ventaja para nuestra salud, es por ello que se transforma en una necesidad básica para una población y el no tenerla genera un problema (Aguirre, 2015).

El presente trabajo de investigación corresponde al área gestión y conservación ambiental. Este trabajo se llevará a cabo en el período académico 2021-2021. La investigación se va a desarrollar en la cabecera parroquial, que se ubica en el cantón Tena, provincia de Napo. (Fonseca J. , 2015)

La parroquia Tálag, actualmente cuenta con una captación de agua previamente tratada proveniente del río Tálag, el mismo que no dispone con un tratamiento adecuado por lo tanto hay déficit de cantidad y calidad.

Al consumir el agua sin un tratamiento adecuado conlleva a la proliferación de enfermedades diarreicas, cutáneas e inclusive a la mortalidad de los habitantes, especialmente en los más vulnerables como son los niños y personas de la tercera edad (Aguirre, 2015).

1.1.2 Formulación del problema

¿Qué tipo de tratamiento físico, químico es conveniente aplicar al agua cruda de la parroquia Tálag para dotar a la población de agua segura, de calidad para evitar problemas de salud y mejorar el desarrollo de la parroquia?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Proponer un diseño de un sistema de tratamiento de agua potable, para los habitantes del margen izquierdo de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones técnicas de partida poblacional y de caracterización del agua potable para consumo de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia del Napo.
- Analizar las diferentes alternativas de tratamiento de potabilización del agua de abastecimiento de la población de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo.
- Dimensionar el sistema de tratamiento de agua potable para la población de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo.

1.3 Justificación

Según la Constitución del Ecuador del 2008 (Constitución de la República del Ecuador, 2008) afirma: "El agua es un derecho humano vital e irrenunciable; en Ecuador se establece esta norma en el artículo 12 de la Constitución de la República" (p. 13).

De la misma manera en los artículos 55 literal d y 137 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) establecen que la prestación del servicio de agua potable es competencia exclusiva de los gobiernos municipales, el cual es otro motivo importante para que este servicio esté al alcance de todos los ecuatorianos (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), 2010, pp. 28-57).

Por otra parte, "la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró mediante resolución el acceso seguro a un agua potable salubre y al saneamiento como un derecho humano fundamental para el completo disfrute de la vida" (Defensoría del Pueblo Ecuador, 2019). El agua y el saneamiento son esenciales en el ámbito de la salud pública y es vital para el desarrollo de actividades e higiene del ser humano (Camacho y Peña, 2018).

El incremento de la población en la parroquia Tálag y la preocupación por la salubridad de la misma crea la necesidad de proponer una alternativa de tratamiento del agua de consumo humano, la cual es fundamental, ya que ésta es de uso indispensable en los hogares para realizar muchas actividades cotidianas, por ello es necesario trabajar con las autoridades pertinentes y desde la academia con el fin de mitigar esta problemática.

La planta de tratamiento de agua potable será la primera propuesta planteada para la parroquia Tálag, mediante el dimensionamiento de los diversos procesos de tratamiento requeridos en función de las características fisicoquímicas del agua a captar, el cual beneficiará a las presentes y futuras generaciones.

Con esta propuesta se pretende aportar en el proyecto y estudio de construcción de la planta de tratamiento de agua potable que están realizando las autoridades de la parroquia para preservar la salud de los habitantes de la zona.

El suministro de agua de calidad permite atender las necesidades de los consumidores, mitigará incidencia de las infecciones de la piel, y disminuirá las enfermedades gastrointestinales y la mayoría de las infecciones parasitarias (Aguirre, 2015).

2. CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1 Marco teórico

2.1.1 El agua

Es un compuesto simple, pero que es indispensable para la vida, debido a que es necesaria para las funciones vitales de los seres bióticos, cubriendo más del 70% de la superficie del planeta, la misma que se encuentra almacenada en: océanos, lagos, ríos, etc., de los cuales sólo el 2,5% corresponde a agua dulce, siendo sustento de la vida y ayudando a regular el clima en el mundo. Es un material flexible, solvente y un excelente reactivo para varios procesos metabólicos, encontrándose en tres fases: sólido, líquido y gaseoso. Se estima que al año se evapora aproximadamente 505000 km^3 de agua presente en los océanos. (Fernández, 2012, p. 148).

2.1.2 Agua potable

"Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano" (INEN, 2014).

Se le llama agua potable a aquella que al consumirla no presenta peligro para la salud, dicha agua no debe poseer sustancias químicas o microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades o prejuicios, para lo cual deberá cumplir los requisitos físicos químicos y microbiológicos establecidos en la normativa vigente para agua potable. (Orta y Pabón, 2020, p. 5)

2.1.3 Características del agua

El agua tiene una alta capacidad calorífica, absorbiendo grandes cantidades de calor sin elevar demasiado la temperatura, además tiene la propiedad de expandirse cuando llega a su punto de congelación. Alta constante dieléctrica, que permite que se disoluciones las sustancias iónicas. Alta tensión superficial y alto calor de vaporización. (Fernández, 2012, p. 150)

2.1.4 Propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua

2.1.4.1 Color

Se debe a la presencia en el agua de sustancias disueltas o en estado coloidal y puede originarse por de material vegetal, materia orgánica del suelo, presencia de

hierro o manganeso u otros compuestos metálicos. El color que presenta el agua en su estado natural se denomina color aparente y el color verdadero al que se obtiene luego de que esta ha sido filtrada. (Aguirre, 2015, p. 19).

2.1.4.2 Turbidez

Es la medida de la claridad relativa del líquido. Representa una característica óptica de agua y constituye la cantidad de luz que es dispersada por el material en el agua cuando esta brilla a través de la muestra de agua. Es originada por los sólidos suspendidos en el agua, conformados por arcilla y limo con materia orgánica e inorgánica, algas, plancton y otros organismos microscópicos. (Aguirre, 2015, p. 18)

2.1.4.3 Olor y sabor

"Es originado por sustancias orgánicas, inorgánicas o gases disueltos, la presencia de esta característica puede ser motivo de rechazo por parte de los consumidores. La falta de olor y sabor puede ser indicio de ausencia de contaminantes" (Aguirre, 2015, p. 19).

2.1.4.4 Temperatura

"La temperatura es uno de los parámetros más importantes, debido a que influye en la aceleración o retardo de la actividad biológica e influye en la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua" (Aguirre, 2015, p. 19).

2.1.4.5 Potencial de hidrógeno (pH)

Es un indicador de acidez cuando es menor a 7 y de alcalinidad para valores superiores a 7, un pH igual a 7 se considera neutro. El pH influye en los procesos de tratamiento de agua potable, como la coagulación y desinfección, además produce corrosión o incrustaciones en las tuberías de las redes de distribución. (Aguirre, 2015, p. 19)

2.1.4.6 Dureza

Se debe a la cantidad de calcio y magnesio que se encuentran disueltos en el agua. El agua dura contiene concentraciones altas de calcio y magnesio, puede formar depósitos en las tuberías originando obstrucciones y afecta el rendimiento de los jabones y detergentes durante el lavado de ropa. (Aguirre, 2015, p. 20)

2.1.4.7 Alcalinidad

Es producida por los carbonatos de calcio e hidróxidos de calcio, magnesio, sodio y potasio, se considera como la capacidad para neutralizar ácidos. Su importancia en el tratamiento del agua potable radica, en que reacciona con los coagulantes en el proceso de coagulación. Además, tiene incidencia en los efectos corrosivos o incrustantes del agua sobre las tuberías y equipos de bombeo. (Aguirre, 2015, p. 20)

2.1.4.8 Sólidos disueltos

"Representa la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas" (Aguirre, 2015, p. 20).

2.1.4.9 Coliformes totales

De los organismos indicadores, las bacterias coliformes totales son las que se usan con mayor frecuencia. Este grupo incluye, por definición, todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan lactosa con formación de gases antes de 48 horas a 35°C. El grupo de coliformes se compone de Escherichia coli (E. coli), Enterobacter aerogenes, Citrobacter fruendii y bacterias afines. (Quintuña y Samaniego, 2016, p. 30)

2.1.4.10 Coliforme fecales

Dentro de este grupo se considera a E. coli exclusivamente y por ello es el organismo indicador preferido de contaminación fecal. Son bacterias que producen gas en medio Escherichia Coli (EC) a 44.5 °C en 24 ±2 horas. También se utiliza el caldo m-ColiBlue24® de HACH que detecta e identifica simultáneamente tanto coliformes totales como E. coli. El período de incubación es de 24 horas para obtener una enumeración completa. No hay pasos de confirmación. (Quintuña y Samaniego, 2016, p. 30)

Con excepción de algunas cepas de Coliformes fecales enteropatógenas que causan diarrea, los coliformes no son patógenos para el hombre. Sin embargo, los coliformes pueden aceptar y transferir genes resistentes a las drogas, por lo cual hacen necesaria su eliminación. (Quintuña y Samaniego, 2016, p. 30)

2.1.5 Contaminante

Se refiere a cualquier elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, que causa un efecto adverso al aire, agua, suelo, flora, fauna, seres humanos, a su interrelación o al ambiente en general. (Ministerio del Ambiente (MAE), 2015, p. 4)

2.1.6 Calidad de agua

2.1.6.1 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Anexo I, Libro VI, Acuerdo Ministerial 097.

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) menciona, que las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación. (Ministerio del Ambiente (MAE), 2015, pp. 11-12)

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Anexo I, Libro VI es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente ley establece los criterios de calidad de las aguas para sus usos, en los cuales se detallan los siguientes:

Tabla 1-2
Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0.3
Arsénico	As	mg/L	0.1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Bario	Ba	mg/L	1
Cadmio	Cd	mg/L	0.02

Cianuro	CN	mg/L	0.1
Cobre	Cu	mg/L	2
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/L	0.05
Fluoruro	F	mg/L	1.5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	< 4
Demanda Bioquímica de Oxigeno (5 días)	DBO_5	mg/L	< 2
Hierro Total	Fe	mg/L	1
Mercurio	Hg	mg/L	0.006
Nitratos	NO_3	mg/L	50.0
Nitritos	NO_2	mg/L	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/L	0.01
Selenio	Se	mg/L	0.01
Sulfatos	SO_4	mg/L	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	0.2
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad	NTU	100.0

Fuente: (Ministerio del Ambiente (MAE), 2015, p. 13)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN para agua potable se deben implementar procesos de tratamiento adecuados y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano.

2.1.6.2 Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014

La Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014 establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

Requisitos específicos

El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

Tabla 2-2
Características físicas, sustancias inorgánicas y radioactivas

PARÁMETROS	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Potencial de hidrógeno	---	6-9
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/L	0.02
Arsénico, As	mg/L	0.01
Bario, Ba	mg/L	0.7
Boro, B	mg/L	2.4
Cadmio, Cd	mg/L	0.003
Cianuros, CN*	mg/L	0.07
Cloro libre residual*	mg/L	0.3-1.5
Cobre, Cu	mg/L	2.0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/L	0.05
Fluoruros	mg/L	1.5
Mercurio, Hg	mg/L	0.006
Níquel, Ni	mg/L	0.07
Nitratos, NO_3	mg/L	50
Nitritos, NO_2	mg/L	0.3
Plomo, Pb	mg/L	0.01
Radiación total *	Bg/L	0.5
Radiación total *	Bg/L	1.0
Selenio, Se	mg/L	0.04

Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: 210Po, 224Ra, 226Ra, 232Th, 234U, 238U, 239Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: 60Co, 89Sr, 90Sr, 129I, 131I, 134Cs, 137Cs, 210Pb, 228Ra.

Fuente: (INEN, 2014, p. 2), (INEN, 2006, p. 2)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Tabla 3-2
Requisitos microbiológicos que el agua potable debe cumplir

	Máximo
Coliformes fecales (1):	
Tubos múltiples NMP/100 mL ó	< 1.1 *
Filtración por membrana UFC/100 mL	< 1 **
Cryptosporidium, número de ooquistes/ litros	Ausencia
Giardia, número de quistes/ litros	Ausencia

* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm3 ó 10 tubos de 10 cm3 ninguno es positivo

** < 1 significa que no se observan colonias

(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida

Fuente: (INEN, 2014, p. 3)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

2.1.7 Planta de tratamiento

"Son un conjunto de operaciones y procesos unitarios de origen físico-químico o biológico, o combinación de ellos que están envueltos por fenómenos de transporte y manejo de fluidos" (Farias de Marquez, 2016).

2.1.8 Planta de tratamiento de agua potable

"Es una instalación donde el agua cruda es sometida a diversos procesos con el objetivo de eliminar los microorganismos y los contaminantes físicos y químicos hasta los límites aceptables que estipulan las normas" (Chulluncuy, 2011, p. 166).

"Se denomina estación de tratamiento de agua potable (ETAP) al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano" (Fonseca A. , 2018, p. 17).

Las plantas de tratamiento de agua potable por el desnivel, en cuanto a su captación se dividen en dos grupos:

2.1.8.1 Plantas de tratamiento de agua potable por bombeo

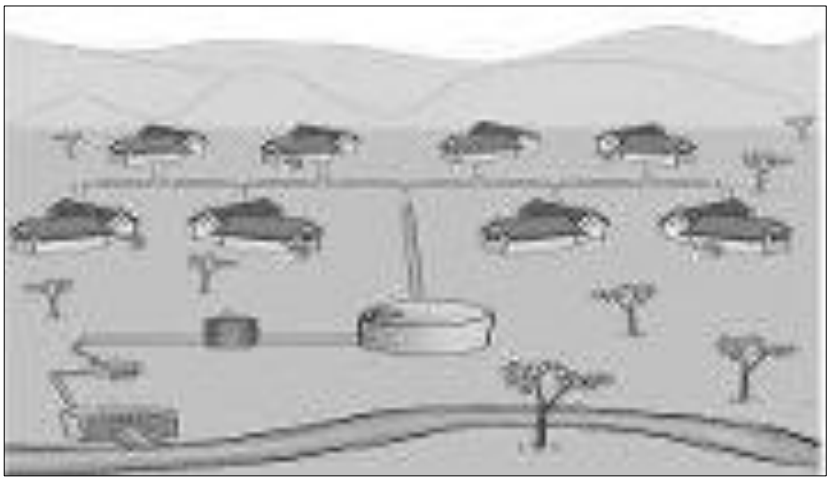


Figura 1-2. Gráfico de planta de tratamiento de agua potable por bombeo
Fuente: (Fonseca A. , 2018)

En los sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento y regulación ubicados en cotas superiores al centro poblado. (Lossio, 2012, p. 19)

2.1.8.2 Plantas de tratamiento de agua potable a gravedad

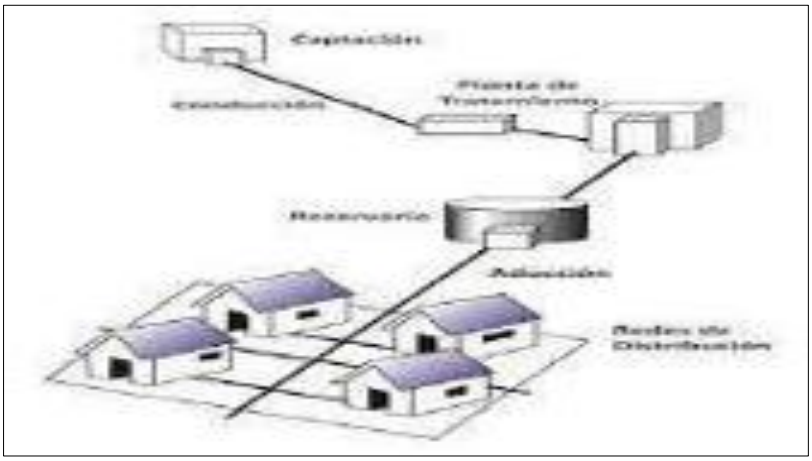


Figura 2-2. Gráfico de planta de tratamiento de agua potable a gravedad
Fuente: (Fonseca A. , 2018)

> En estos sistemas el agua cae por acción de la fuerza de la gravedad desde una fuente elevada ubicada en cotas superiores a las de la población a beneficiar. El agua fluye a través de tuberías para llegar a los consumidores finales. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua por su altura. (Lossio, 2012, p. 19)

2.1.9 *Tipos de tratamiento*

2.1.9.1 Tratamiento primario

"Contempla el uso de operaciones físicas para la reducción de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual, como: cribado, desarenado, sedimentación y manejo y disposición final de sólidos generados en este proceso" (MAE, 2015, p. 11).

2.1.9.2 Tratamiento secundario

"Contempla el empleo de procesos biológicos y/o químicos para reducción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables, y sólidos suspendidos El tratamiento secundario generalmente está precedido por tratamiento primario, incluye generalmente procesos de desinfección" (MAE, 2015, p. 11)

2.1.9.3 Tratamiento terciario o avanzado

"Es el tratamiento adicional necesario para remover nutrientes y sustancias principalmente disueltas que permanecen después del tratamiento secundario" (MAE, 2015, p. 11)

2.1.10 Parámetros de partida para el dimensionamiento de la planta

2.1.10.1 Método geométrico

"Este método consiste en suponer que el crecimiento poblacional sigue la ley del interés compuesto, lo que quiere decir que crece a una tasa constante" (Aguirre, 2015, p. 26).

Se representa según la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Pf} = Po * (1 + r)^n \qquad \textbf{\textit{Ecuación (1)}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Pf}$ = Población final *(hab)*

$\boldsymbol{Po}$ = Población actual *(hab)*

$\boldsymbol{r}$ = Tasa de crecimiento anual de la población *(%)*

$\boldsymbol{n}$ = Intervalo en años.

2.1.10.2 Dotación

"La producción de agua para satisfacer las necesidades de la población y otros requerimientos, se fijará en base a estudios de las condiciones particulares de cada población" (Secretaría del Agua, 2012).

2.1.10.3 Caudal medio diario

"Caudal de agua, incluyendo pérdidas por fugas, consumido en promedio, por la comunidad. Es el caudal medio calculado con la población de diseño, corresponde al promedio de los consumos diarios para el período de un año" (Aguirre, 2015, p. 32). Se determina con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Qmd} = f * \frac{Población\ final * Dotación}{86400} \qquad \textbf{Ecuación (2)}$$

Donde:

Qmd = Caudal medio diario *(L/s)*

Pf = Población final *(hab)*

D **=** Dotación *(L/hab/día)*

f **=** Factor de fugas

Las Normas de diseño establecen un factor de fugas del 20%

2.1.10.4 Caudal máximo diario

"Es el caudal del día de máximo consumo de una serie de registros diarios durante un año" (Aguirre, 2015, p. 33). Se determina mediante la expresión:

$$\boldsymbol{QMD} = KMD * Qmd \qquad \textbf{\textit{Ecuación (3)}}$$

Donde:

KMD = factor de mayoración máximo diario

Qm = Caudal medio diario *(L/s)*

El Factor de mayoración máximo diario se lo determina en base a registros de caudales medidos diariamente durante un año, a falta de estos la norma establece un valor de kmd = 1.25.

2.1.10.5 Caudal máximo horario

"El caudal máximo horario representa el caudal en la hora de máximo consumo en el día que el consumo tiene su mayor valor. Se determina mediante registros horarios durante un período de un año" (Aguirre, 2015, p. 33). Se calcula con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{QMD} = KMH * Qmd \qquad \textbf{\textit{Ecuación (4)}}$$

Donde:

KMH = factor de mayoración máximo horario

Qm = Caudal medio diario *(L/s)*

El valor de kmh tiene un valor de 3

2.1.10.6 Caudal de diseño para elementos de un sistema de potabilización de agua.

Para el diseño de las diferentes partes de un sistema de abastecimiento de agua potable, se usarán los caudales que constan en la siguiente tabla:

Tabla 4-2
Caudales de diseño para un sistema de potabilización de agua

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Fuente: (Lárraga, 2016, p. 45)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

- ✓ Caudal de captación

Según la proveniencia de la fuente para el cálculo de este caudal se utilizó la siguiente formula del autor (Lárraga, 2016, p. 45):

$$\boldsymbol{Qcap} = QMD + 20\% \qquad \textbf{\textit{Ecuación (5)}}$$

Donde:

Q cap = Caudal de captación *(L/s)*

QMD = Caudal medio diario (L/s).

- ✓ Caudal de conducción

Según la proveniencia de la fuente para el cálculo de este caudal se utilizó la siguiente formula del autor (Lárraga, 2016, p. 45):

$$\boldsymbol{Qcond} = QMD + 10\% \qquad \textbf{\textit{Ecuación (6)}}$$

Donde:

Q cond = Caudal de conducción *(L/s)*

QMD = Caudal medio diario *(L/s)*.

- ✓ Caudal de planta de tratamiento

"El caudal de la planta de tratamiento es el consumo máximo diario más el 10%, con este dato se dimensionarán los componentes destinados para el tratamiento de ser necesarios" (Lárraga, 2016, p. 46).

$$\boldsymbol{Q\ ptra} = QMD + 10\% \qquad \textbf{\textit{Ecuación (7)}}$$

Donde:

Q ptra = Caudal de planta de tratamiento *(L/s)*

QMD = Caudal medio diario *(L/s)*.

- ✓ Caudal de red de distribución

"La red de distribución debe ser diseñada para el caudal máximo horario" (Lárraga, 2016).

$$\boldsymbol{Q\ red\ dis} = QMH \qquad \textbf{\textit{Ecuación (8)}}$$

Donde:

Q red dis = Caudal de red de distribución *(L/s)*

QMH = Caudal medio horario *(L/s)*.

2.1.11 Procesos de potabilización

El tratamiento de las aguas se realiza mediante una serie de procesos encadenados que dependen de las características del agua a tratar. Normalmente consta de las siguientes fases: en primer lugar, debe tener una captación; donde se capta el agua del cauce natural. Seguidamente pasa el primer tratamiento, que es considerado como tratamiento primario, donde existen tratamientos previos como son: desbaste o cribado y desarenado, donde se va a eliminar sólidos grandes, arena y grava. Posteriormente el agua continua al siguiente proceso, tratamiento secundario, que es la filtración; el agua atraviesa los filtros que son principalmente de materiales gruesos en la superficie y en el fondo finos. Finalmente, como tratamiento terciario, el agua se dirige a la desinfección, etapa encargada de la eliminación de todas las bacterias o patógenos que pueda contener el agua. (Zarza, 2020)

2.1.11.1 Obras de captación

> La fuente de abastecimiento deberá proporcionar un caudal mínimo igual al doble del caudal máximo diario, con la finalidad de garantizar un suministro continuo a la comunidad. Para seleccionar la fuente de abastecimiento más conveniente deberán presentarse alternativas técnico – económicas teniendo en cuenta la cantidad, calidad del agua, seguridad de las obras de captación, accesibilidad e impactos al medio ambiente que puedan ocasionar las obras de toma. (Aguirre, 2015, p. 37)

2.1.11.2 Captaciones superficiales

Las captaciones son estructuras construidas directamente en las fuentes de abastecimiento, para captar el caudal necesario para el sistema de agua potable. La selección del tipo de captación depende de las características de la fuente y de los requerimientos de caudal para el sistema. Es recomendable ubicar las obras de captación en los tramos rectos de los ríos o quebradas para evitar la erosión y la sedimentación. (Aguirre, 2015, p. 37)

2.1.11.3 Captación tipo toma de fondo

Este tipo de bocatoma se utiliza para pequeños sistemas de agua potable, en fuentes de abastecimiento de pendientes fuertes y caudales muy variables desde muy pequeños en las estaciones secas a grandes en las estaciones lluviosas. Su estructura está compuesta por una pequeña presa que permite elevar el nivel del agua en la fuente y obligarla a pasar por una rejilla ubicada en la parte superior de la presa y orientada en sentido perpendicular al flujo, el ancho de la presa puede ser igual o menor que el ancho del río. (Aguirre, 2015, p. 37)

$$\boldsymbol{Q\ cap} = 1.84 * L * H^{\frac{3}{2}} \qquad \textbf{Ecuación (9)}$$

Donde:

Q cap = Caudal de captación *(L/s)*

L = Longitud de la cresta del vertedero *(m)*

H = Altura de la lámina de agua sobre el vertedero *(m)*.

2.1.12 Cribado o rejilla



Figura 3-2. Gráfico de cribado
Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2019)

El cribado es la operación utilizada para separar el material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla. El sistema de rejilla es el sistema más utilizado para remover e impedir el paso del material contaminante o sólidos gruesos como basuras, hojas, palos etc., de acuerdo con el método de limpieza, las rejillas son de limpieza manual o mecánica. (Galeano y Rojas, 2016, p. 30).

2.1.12.1 Caudal captado para la rejilla

"Es el caudal que ingresa por las rejas, se encuentra en la captación la cual pasa hacia el desarenador" (Aguirre, 2015, p. 42). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Qcap\ por\ la\ rejilla} = 3.20 * (CK)^{\frac{3}{2}} * b * L^{\frac{3}{2}} \qquad \textbf{Ecuación (10)}$$

Donde:

Q cap = Caudal de captado por la rejilla *(L/s)*

b = ancho de la rejilla *(m)*

L **=** Longitud de la rejilla *(m)*

C **=** Coeficiente de contracción

K **=** Coeficiente que reduce el área total efectiva disponible para el paso del agua.

2.1.12.2 Coeficiente k

"Coeficiente que reduce el área total efectiva disponible para el paso del agua" (Aguirre, 2015, p. 43). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{k} = (1 - f) * \frac{s}{s + t} \qquad \textbf{Ecuación (11)}$$

Donde:

k = Coeficiente k

f = Porcentaje de la superficie que queda obstruida por arena y grava que se incrustan entre las rejas. (15 %≤f ≤30 %)

s **=** Espacio entre barrotes *(m)* (entre 0.02 y 0.06 m)

t **=** Espesor de barrotes *(m)*

2.1.12.3 Inclinación de las rejillas

"Es el ángulo apropiado para el adecuado ingreso del agua y retención de sólidos gruesos (hojarasca, basura, palos)" (Aguirre, 2015, p. 42). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{i} = \tan(\infty) \qquad \textbf{Ecuación (12)}$$

Donde:

∞ = Angulo de inclinación *(º)*

2.1.12.4 Coeficiente de contracción

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{C} = Co - 0.25\, i \qquad \textbf{Ecuación (13)}$$

Donde:

C = Coeficiente de contracción

Co = 0.6 para e/s ≥ 4

Co = 0.5 para e/s < 4

e = Alturas de los barrotes en *(mm)*

s= espacio entre barrotes *(mm).*

El ancho de la rejilla se calcula escogiendo un valor para la longitud de la rejilla. El cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{b} = \frac{0.313 * Q\ cap}{(CK)^{\frac{3}{2}} * L^{\frac{3}{2}}} \qquad \textbf{Ecuación (14)}$$

Donde:

Q cap = Caudal de captación *(m^3/s)*

C = Coeficiente de contracción

k = Coeficiente que reduce el área total efectiva disponible para el paso del agua

L **=** Longitud de cresta del vertedero *(m).*

La expresión que relaciona el caudal de diseño con la altura de la cresta a los lados de la rejilla es:

$$\boldsymbol{Q} = 2.55 * C * k * b * L * \sqrt{Ho} \qquad \textbf{Ecuación (15)}$$

Donde:

Q = Caudal de captación *(L/s)*

C = Coeficiente de contracción

k = Coeficiente que reduce el área total efectiva disponible para el paso del agua

b **=** ancho de la rejilla *(m)*

L **=** Longitud de la rejilla *(m).*

2.1.13 Desarenador



Figura 4-2. Gráfico del desarenador
Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2019)

> Esta estructura tiene como objetivo eliminar o remover mediante la sedimentación las partículas más o menos finas como arenas, gravas, barro, de manera que la arena retenida no arrastre materias contaminadas, presentes en el agua captada, con el fin de evitar que se produzcan sedimentaciones en los canales y conductos, para proteger las partes móviles de los equipos mecánicos contra la abrasión y el desgaste y así evitar sobrecarga de sólidos en las unidades de tratamiento biológico. (Galeano y Rojas, 2016, p. 31).

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas con fines descriptivos:

- Zona de entrada

  Consiste en una transición que une el canal o tubería de llegada de la captación con la zona de sedimentación o desarenación. Sirve para lograr conseguir una distribución más uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad. Se consideran dos compuertas en la entrada para orientar el flujo hacia la unidad, o hacia el by-pass durante la operación de limpieza. La velocidad de paso por los orificios en la zona de entrada no deberá exceder de 0.30 m/s. (Aguirre, 2015, p. 45)

- Zona de sedimentación

"Corresponde a la parte principal de la unidad y consiste en un canal en el cual se realiza el proceso de depósito de partículas. Tiene pendiente en el fondo para facilitar la limpieza" (Aguirre, 2015, p. 45).

- Zona de salida

"Conformada por un vertedero de rebose, diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada. Deberá colocarse una pantalla para impedir el paso de material flotante" (Aguirre, 2015, p. 45).

- Zona de lodos

  Esta zona sirve para el depósito de lodos y está constituida por una tolva con pendiente de 10% para impulsar el deslizamiento de la arena hacia un canal, que facilita su salida a través de la compuerta de igual sección hacia el desagüe. (Aguirre, 2015)

2.1.13.1 Caudal de diseño del desarenador

El caudal para el dimensionamiento del desarenador es el caudal máximo diario incrementado en 10% (1.10 QMD), al final del período de diseño, en el caso de proyectarse dos unidades el caudal se diseñará para la mitad del caudal total. (Aguirre, 2015, p. 47)

Para el diseño del desarenador se requiere los siguientes datos:

- ✓ Caudal de diseño
- ✓ Diámetro de partícula
- ✓ Grado del desarenador
- ✓ Gravedad
- ✓ Densidad de la arena
- ✓ Densidad del agua
- ✓ Porcentaje de remoción
- ✓ Profundidad
- ✓ Relación profundidad/anchura
- ✓ Temperatura
- ✓ Viscosidad cinemática

2.1.13.2 Recomendaciones para el diseño

"Para partículas de arena muy fina, de tamaño menor a 0.01 cm, la velocidad de sedimentación se calcula con la fórmula de Stokes" (Aguirre, 2015, p. 48).

$$\boldsymbol{Vs} = \frac{g}{18} * \frac{(\rho s - \rho)}{\mu} * d^2$$ **Ecuación (16)**

Donde:

Vs = Velocidad de sedimentación *(cm^2)*

g = Gravedad *(cm/s^2)*

ρs = densidad de la arena *(g/cm^3)*

ρ = densidad de la arena *(g/cm^3)*

μ = Viscosidad dinámica *(cm^2/s)*

d = diámetro de la arena *(cm).*

Para compensar turbulencias se recomienda calcular la longitud de la zona de sedimentación mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{L\ zona\ de\ sed} = \frac{1.25 * H * Vh}{Vs}$$ **Ecuación (17)**

Donde:

L = Longitud de la zona de sedimentación *(m)*

H = Profundidad útil *(m)*

Vh = Velocidad horizontal *(m/s)*

Vs = Velocidad de sedimentación *(m/s)*

2.1.13.3 Tiempo de sedimentación

"El tiempo que tarda una partícula en llegar al fondo t es igual a la profundidad útil de sedimentación H sobre la velocidad de sedimentación" (Aguirre, 2015, p. 49).

$$\boldsymbol{t} = \frac{H}{Vs}$$ **Ecuación (18)**

Donde:

H = Profundidad útil*(m)*

Vs = Velocidad de sedimentación *(m/s)*

2.1.13.4 Retención hidráulica

"Es el tiempo que una unidad de fluido permanece en un recipiente, es decir, el tiempo que el líquido que entra en tu recipiente tarda en salir del mismo" (Aguirre, 2015, p. 49).

$$\boldsymbol{\theta} = \ porcentaje\ de\ remoción * t \qquad \textbf{Ecuación (19)}$$

Donde:

θ = retención hidráulica *(s)*

% remoción = Porcentaje de remoción

t = Tiempo de sedimentación *(s)*

2.1.13.5 Volumen del tanque

$$\boldsymbol{V} = \ \theta * Q\ dis \qquad \textbf{Ecuación (20)}$$

Donde:

V = Volumen del tanque *(m^3)*

θ = Retención hidráulica *(s)*

Q dis = Caudal diseño *(m^3/s)*

2.1.13.6 Área disponible superficial

$$\boldsymbol{As} = \frac{V}{H} \qquad \textbf{Ecuación (21)}$$

Donde:

As = Área disponible superficial *(m^2)*

V = Volumen del tanque *(m^3)*

H = Profundidad útil *(m)*

"Para el dimensionamiento del tanque para la realción longitud/anchura L/B = 10:20" (Pulido y Carrillo, 2016, p. 74).

- Ancho

$$\boldsymbol{B} = \sqrt{\frac{As}{Relación\ longitud/anchura}} \qquad \textbf{Ecuación (22)}$$

Donde:

B = Ancho *(m)*

As = Área disponible superficial *(m^2)*

l/B = Relación longitud/anchura *(m)*

- Largo

$$\boldsymbol{L} = Relación\frac{longitud}{anchura} * B \qquad \textbf{Ecuación (23)}$$

Donde:

$\boldsymbol{L}$ = Largo *(m)*

$\boldsymbol{L/B}$ = Relación longitud/anchura *(m)*

$\boldsymbol{B}$ = Ancho *(m)*

2.1.13.7 Carga hidráulica superficial

"La relación entre el caudal y el área hidráulica superficial se conoce como carga hidráulica superficial" (Aguirre, 2015, p. 50). La formula es la siguiente:

$$\boldsymbol{q} = \frac{Q\ diseño}{As} \qquad \textbf{Ecuación (24)}$$

Donde:

$\boldsymbol{q}$ = Carga hidráulica superficial $(\frac{m^3}{m^2 * s})$

$\boldsymbol{Qdis}$ = Caudal diseño (m^3/s)

$\boldsymbol{As}$ = Área disponible superficial (m^2)

2.1.13.8 Velocidad de sedimentación teórica

"Es la velocidad correspondiente a una partícula de diámetro menor" (Aguirre, 2015, p. 50). La fórmula es la siguiente:

$$\boldsymbol{Vo} = q \qquad \textbf{Ecuación (25)}$$

Donde:

$\boldsymbol{Vo}$ = Velocidad teórica (cm/s)

$\boldsymbol{q}$ = Carga hidráulica superficial (cm/s)

2.1.13.9 Diámetro menor

Para el cálculo se utiliza la siquiente fórmula del autor (Pulido y Carrillo, 2016, p. 75):

$$\boldsymbol{do} = \sqrt{\frac{Vo * 18 * \mu}{g * (\rho s - \rho)}} \qquad \textbf{Ecuación (26)}$$

Donde:

do= Diámetro menor *(mm)*

Vo = Velocidad teórica *(cm/s)*

μ = Viscosidad cinemática *(cm/s)*

g = Gravedad *(cm/s)*

ρs **=** Densidad de la arena *(g/cm^3)*

ρ **=** Densidad del agua *(g/cm^3)*

2.1.13.10 Velocidades

- ✓ Velocidad horizontal

$$\boldsymbol{Vh} = \frac{Q}{BH} = \frac{Vo * L}{H} \qquad \textbf{Ecuación (27)}$$

Donde:

Vh= Velocidad horizontal *(m/s)*

Vo = Velocidad teórica *(m/s)*

L = Largo *(m)*

H = Profundidad útil *(m)*

- ✓ Velocidad de arrastre

"Según Camp y Shield, la velocidad de arrastre se expresa con lasiguiente ecuación" (Aguirre, 2015, p. 50).

$$\boldsymbol{Va} = 125 * \sqrt{(\rho s - \rho) * d} \qquad \textbf{Ecuación (28)}$$

Donde:

Va= Velocidad de arrastre*(m/s)*

ρs **=** Densidad de la arena *(kg m^3)*

ρ **=** Densidad del agua *(kg/m^3)*

d **=** Diámetro de arena *(m)*

- ✓ Velocidad horizontal máxima

$$\boldsymbol{Vhmax} = 20 * Vs \qquad \textbf{Ecuación (29)}$$

Donde:

Vh max= Velocidad horizontal máxima *(m/s)*

Vs = Velocidad de sedimentación *(m/s)*

- ✓ Velocidad de resuspensión máxima

La velocidad máxima horizontal para que no se produzca la resuspensión del sedimento se calcula con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Vr} = \sqrt{\frac{8 * k}{f} * g * (\rho s - \rho) * d} \qquad \textbf{Ecuación (30)}$$

Donde:

k = 0.04 para sedimentación de arenas

f = 0.03 factor de Darcy – Weisbach para sedimentación simple sin la adición de coagulantes

g = Gravedad *(cm/s^2)*

ρs = Densidad de la arena *(g/cm^3)*

ρ = Densidad del agua *(g/cm^3)*

d = Diámetro de arena *(cm)*

2.1.13.11 Altura del vertedero

Se calcula según la fórmula del autor (Pulido y Carrillo, 2016, p. 75).

$$\boldsymbol{Hv} = (\frac{Q\ diseño}{1.84 * B})^{\frac{2}{3}} \qquad \textbf{Ecuación (31)}$$

Donde:

Hv = Altura del vertedero *(m)*

Q dis = Caudal de diseño *(m^3/s)*

B = Ancho *(m)*

2.1.13.12 Velocidad de salida del vertedero

$$\boldsymbol{Vv} = \frac{Q\ diseño}{B * Hv} \qquad \textbf{Ecuación (32)}$$

Donde:

Vv = Velocidad de salida del vertedero *(m)*

B **=** Ancho *(m)*

Hv = Altura del vertedero *(m)*

2.1.13.13 Pantalla de salida

- Profundidad

$$\boldsymbol{Hs} = \frac{H}{2} \qquad \textbf{Ecuación (33)}$$

Donde:

Hs = Profundidad *(m)*

H = Profundidad útil *(m)*

- Distancia al vertedero a la salida

$$\boldsymbol{Dvs} = 15 * Hv \qquad \textbf{Ecuación (34)}$$

Donde:

Dvs = Distancia al vertedero a la salida *(m)*

Hv = Altura del vertedero *(m)*

2.1.13.14 Pantalla de entrada

- Profundidad

$$\boldsymbol{He} = \frac{H}{2} \qquad \textbf{Ecuación (35)}$$

Donde:

He = Profundidad *(m)*

H = Profundidad útil *(m)*

- Distancia de la cámara de aquietamiento

$$\boldsymbol{Dca} = \frac{L}{4} \qquad \textbf{Ecuación (36)}$$

Donde:

Dca = Distancia de la cámara de aquietamiento *(m)*

L = Largo *(m)*

2.1.14 Conducción

"En los sistemas de agua potable, se denomina conducción al componente que transporta del agua cruda desde el desarenador hasta la planta de tratamiento o hasta el tanque de reserva" (Aguirre, 2015, p. 53).

Según sus características hidráulicas, las conducciones pueden ser:

- Conducciones a flujo libre: Canales abiertos y conductos cerrados sin presión, en los cuales la línea piezométrica coincide con el nivel del agua.
- Conducciones a presión: Conductos presurizados impulsados por la gravedad o mediante bombeo, la línea piezométrica se encuentra por encima de la tubería.
- Conducciones mixtas: Combinación de canales y conductos presurizados. (Aguirre, 2015, p. 53)

"El tipo de conducción dependerá de la ubicación de la fuente, tipo de terreno y las condiciones económicas (Aguirre, 2015)".

2.1.14.1 Material de tubería

La elección del material de la tubería de la conducción, debe ser efectuada en base a:
Las características topográficas.

- Calidad del agua
- Tipo de suelo
- Resistencia a la corrosión y agresividad del suelo
- Resistencia a esfuerzos mecánicos producidos por cargas externas e internas
- Características de comportamiento hidráulico (velocidades, presiones, golpe de ariete)
- Vida útil del proyecto
- Costos de operación y mantenimiento
- Análisis económico (Aguirre, 2015, p. 54).

Para el diseño de la conducción se requiere los siguientes datos:

- ✓ Caudal de diseño o captación
- ✓ Velocidad de flujo
- ✓ Tipo de tubería
- ✓ Rugosidad absoluta

- ✓ Longitud de la tubería
- ✓ Diámetro de la tubería
- ✓ Viscosidad cinemática
- ✓ Gravedad

2.1.14.2 Pérdida de carga

La pérdida de carga es de gran importancia para los problemas de diseño de las instalaciones hidráulicas. La resistencia al flujo en el caso del régimen laminar, se debe enteramente a la viscosidad. Si bien esa pérdida de energía comúnmente se conoce como pérdida por fricción o rozamiento no se debe suponer que ella se deba a una forma de rozamiento como la que ocurre con los sólidos, pues junto a las paredes de los tubos no hay movimiento del líquido. (Aguirre, 2015, p. 62)

"La velocidad se eleva desde cero hasta su valor máximo en el eje del tubo. Se puede así imaginar una serie de capas en movimiento con velocidades diferentes y responsables de la disipación de la energía" (Aguirre, 2015, p. 62).

Para el caso de flujo en régimen turbulento, la resistencia es el efecto combinado de las fuerzas debidas a la viscosidad y a la inercia. En este caso la distribución de las velocidades en la tubería depende de la turbulencia y está influenciada por las condiciones de las paredes. En la práctica las tuberías no están constituidas exclusivamente por tubos rectilíneos y no siempre comprenden tubos del mismo diámetro. Hay también accesorios especiales como codos, válvulas, tees, reducciones, que son responsables de nuevas pérdidas. (Aguirre, 2015, p. 63)

2.1.14.3 Pérdidas por fricción

La pérdida de carga (o de altura piezométrica) en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, puede calcularse utilizando varias formulas de pérdidas diferentes:

- ✓ Ecuación de Darcy-Weisbach

  Los ingenieros Henry Darcy y Julius Weisbach dedujeron experimentalmente una fórmula para calcular las pérdidas por fricción en las tuberías. Desde el punto de vista académico, la fórmula de Darcy – Weisbach es la más correcta, y es aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes de flujo. (Aguirre, 2015, p. 63)

La pérdida de carga se calcula con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{hf} = f * \frac{L * V^2}{D * 2g}$$ **Ecuación (37)**

Donde:

Hf = Pérdida de carga *(m)*

f = Factor de fricción *(adimensional)*

L **=** Longitud de la tubería *(m)*

V **=** Velocidad de flujo *(m/s)*

D **=** Diámetro de la tubería *(m)*

g **=** Gravedad *(m/s^2)*

El factor de fricción depende de la rugosidad absoluta, del diámetro D y del Número de Reynolds, Re. Donde ε es el coeficiente de rugosidad con unidades de longitud.

- ✓ Número de Reynolds

"Es un grupo adimensional, viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia por las fuerzas debidas a la viscosidad. Para tuberías circulares, en flujo a tubería llena, el número de Reynolds se calcula de la siguiente manera" (Aguirre, 2015, p. 67).

$$\boldsymbol{Re} = \frac{V * D}{\mu}$$ **Ecuación (38)**

Donde:

Re = Número de Reynolds *(adimensional)*

V = Velocidad de flujo *(m/s)*

D **=** Diámetro de la tubería *(m)*

μ **=** Viscosidad cinemática *(m^3/s)*

> El factor de fricción, de Darcy – Weisbach, se calcula mediante diferentes ecuaciones, dependiendo del número de Reynolds del flujo. El campo de aplicación de esta fórmula se encuentra en la zona de transición de flujo laminar a flujo turbulento y flujo turbulento Para la obtención de f es necesario el uso de métodos iterativos. Otra forma más sencilla y directa de obtener el valor de f es hacer uso del diagrama de Moody. (Aguirre, 2015, p. 67)

- ✓ Rugosidad relativa

"Es el cociente entre la rugosidad absoluta y el diámetro de la tubería, la influencia de la rugosidad absoluta depende del tamaño del tubo" (Aguirre, 2015, p. 65). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{k} = \frac{\varepsilon}{D} \qquad \textbf{Ecuación (39)}$$

Donde:

k = Rugosidad relativa

ε = Rugosidad absoluta *(mm)*

D = Diámetro de la tubería *(mm)*

2.1.14.4 Pérdidas menores

Las pérdidas menores, también llamadas locales pueden interpretarse como debidas al incremento de la turbulencia que se produce en los cambios de dirección, codos, accesorios, etc. El valor de la pérdida de carga, es el producto del coeficiente de pérdidas menores por la altura dinámica de la tubería. (Aguirre, 2015, p. 69). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{hm} = k * \frac{V^2}{2g} \qquad \textbf{Ecuación (40)}$$

Donde:

hm = Pérdida menores *(m)*

K = Coeficiente de pérdidas menores

V = Velocidad de flujo *(m/s)*

g = Gravedad *(m/s^2)*

En la siguiente tabla, se proporciona el valor del coeficiente de pérdidas menores para algunos de los accesorios más comunes:

Tabla 5-2

Coeficientes k para pérdidas menores en accesorios

Accesorios	K
Válvula de globo, completamente abierta	10.0
Válvula de mariposa, completamente abierta	5.0

Válvula de cheque, completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Codo de radio corto	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de gran radio	0.6
Codo de 45°	0.4
Codo de 90°	0,9
Te, en sentido recto	0.3
Te, a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°, en sentido recto	0.3
Ye de 45°, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo entrante	0.9
Salida	1.0

Fuente: (Aguirre, 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

2.1.15 Coagulación



Figura 5-2. Gráfico del proceso de coagulación
Fuente: (Salas M. , 2017)

Los procesos que se llevan a cabo en esta etapa del tratamiento del agua potable son la dosificación y la mezcla rápida. Una vez adicionados los coagulantes y auxiliares de la coagulación deben dispersarse rápida y homogéneamente en el cuerpo de agua, para lo cual deben emplearse las unidades de mezcla rápida. (Fonseca A. , 2018, p. 7)

Se utiliza generalmente adición de sales de aluminio y hierro, el cual es un proceso muy rápido y busca purificar el agua de impurezas, el reactivo que se emplea para el tratamiento de agua potable es el sulfato de aluminio por ser el más económico. (Hernández y Corredor, 2017, p. 26)

2.1.16 Floculación



Figura 6-2. Gráfico del proceso de floculación
Fuente: (Salas M. , 2017)

Es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación moderada de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién forados con la finalidad de aumentar el tamaño y estabilizar el peso necesario para sedimentar con facilidad. (Fonseca A. , 2018, p. 17)

2.1.17 Filtración

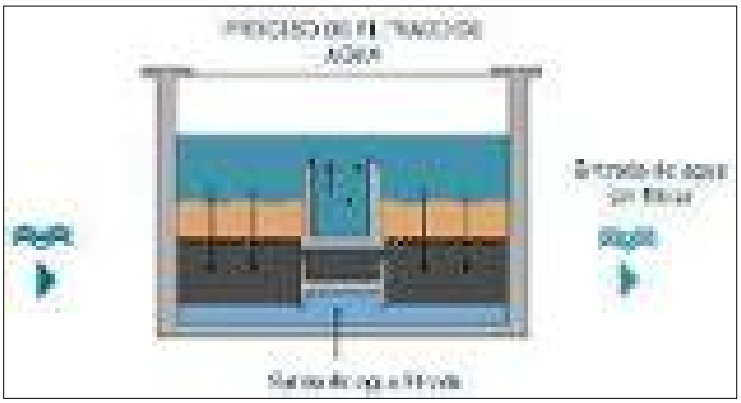


Figura 7-2. Gráfico del proceso filtración
Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2019)

"Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso" (Hernández y Corredor, 2017, p. 40). En la planta de purificación, la filtración remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, suelo, metales oxidados y microorganismos. La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de estos son

extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración (Hernández y Corredor, 2017).

> La filtración tiene como objetivo eliminar todas aquellas partículas coloidales en el agua. Es el último paso en la remoción del material suspendido. Si la sedimentación, que es la etapa de tratamiento anterior logra eliminar la mayor cantidad de partículas de turbidez, la filtración se verá beneficiada sustancialmente. Y en la desinfección también será favorecida. Entre menos turbidez tenga el agua, la velocidad de reacción del cloro será mayor. (Valadares, 2018)

2.1.17.1 Utilización de la filtración lenta en arena en el área rural

La filtración lenta en arena ha sido reconocida como una tecnología apropiada para el tratamiento del agua potable en la zona rural, porque es un proceso simple, efectivo y económico para la remoción de las bacterias patógenas (Aguirre, 2015).

"Es capaz de mejorar la calidad física, química y bacteriológica del agua a través de un proceso sencillo sin la adición de sustancias químicas, y puede producir un efluente de calidad libre de bacterias y virus" (Aguirre, 2015, p. 77).

2.1.17.2 Descripción del filtro lento en arena (FLA)

> Una unidad de (FLA) consta de un tanque que contiene un lecho filtrante, una capa de agua sobrenadante, un sistema de drenaje y el control de flujo. (Aguirre, 2015, p. 77)

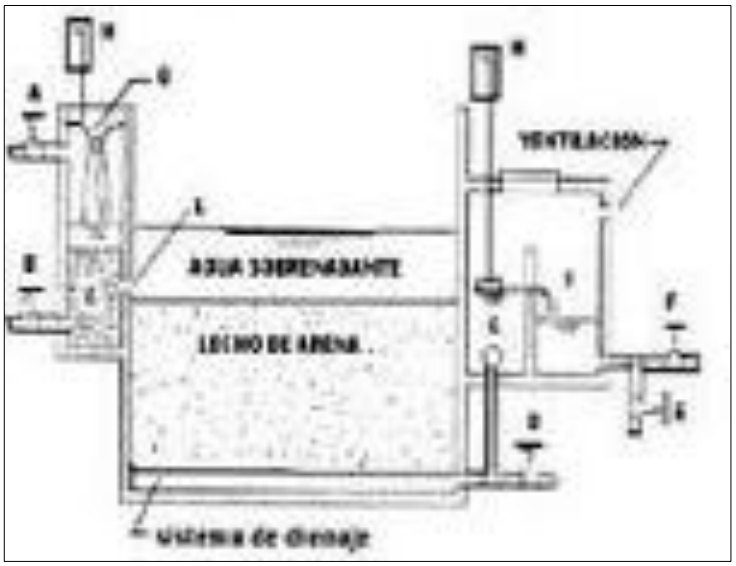


Figura 8-2. Elementos básicos de la filtración lenta de arena
Fuente: (Aguirre, 2015)

> La materia, orgánica e inorgánica, ingresa al filtro con el flujo de agua cruda o pre tratada la cual pasa a través del lecho filtrante por efecto de la gravedad, mediante la presión que ejerce la capa sobrenadante de agua que se encuentra sobre el lecho de la arena. Por efecto de la radiación solar, se favorece el crecimiento de las algas que proporciona materia orgánica adicional añadida a la contaminación del agua. Esa fuente de nutrientes ayuda al crecimiento de las bacterias y otros microorganismos que ayudan al material soluble para que sea removido del agua en el lecho de arena. (Aguirre, 2015, p. 78)
>
> El lecho filtrante actúa como una unidad de limpieza de la materia orgánica y los organismos aeróbicos, como el zooplancton y resto de la biomasa, los cuales respiran continuamente, demandando el oxígeno proveniente del agua, por dicha razón, se requiere un flujo continuo en el sistema. (Aguirre, 2015, p. 78)

Para el diseño de la filtración lenta de arena se requiere los siguientes datos:

- ✓ Caudal diseño
- ✓ Lecho filtrante
- ✓ Velocidad de filtración
- ✓ Número de unidades
- ✓ Coeficiente de uniformidad
- ✓ Porcentaje de trabajo de cada unidad
- ✓ Capa de agua sobrenatante
- ✓ Borde libre de caja de filtro
- ✓ Velocidad del líquido
- ✓ Espacio entre laterales
- ✓ Dipametro del orificio que entran del caudal
- ✓ Espaciamiento entre orificios laterales
- ✓ Cámara de entrada
- ✓ Tiempo
- ✓ Ancho
- ✓ Largo
- ✓ Profundidad el vertedero asumido

2.1.17.3 Diseño para estructura de la entrada de la cámara o el cajón del recolector

Fórmulas para el cálculo según el autor (Cañon & Mora, 2016).

✓ Volumen de la cámara o cajón del recolector

$$\boldsymbol{Vr} = Q\ diseño * t \qquad \textbf{Ecuación (41)}$$

Donde:

Vr = Volumen de la cámara del recolector *(m^3)*

Qd = Caudal de diseño *(m^3/s)*

t **=** Tiempo *(s)*

✓ Profundidad de la cámara

$$\boldsymbol{h} = \frac{Vr}{b * l} \qquad \textbf{Ecuación (42)}$$

Donde:

h = Profundidad de la cámara *(m)*

Vr = Volumen de la cámara del recolector *(m^3)*

b **=** Ancho *(m)*

L **=** Longitud *(m)*

✓ Profundidad adoptada de la cámara de entrada

$$\boldsymbol{hadop} = b * L * h \qquad \textbf{Ecuación (43)}$$

Donde:

h adop = Profundidad adoptada de la cámara de entrada *(m)*

b **=** Ancho *(m)*

L **=** Longitud *(m)*

h **=** Profundidad de la cámara *(m)*

2.1.17.4 Cálculo del vertedero triangular de aforo

✓ Caudal diseño al 65% del filtro lento de arena

$$\boldsymbol{Q\ dise}\textbf{ño}\ \boldsymbol{FLA} = 65\% * Q\ diseño \qquad \textbf{Ecuación (44)}$$

Donde:

Q diseño FLA = Caudal diseño de filtración lenta de arena *(m^3/s)*

Porcentaje = Caudal total de diseño 65 *(%)*

Q diseño **=** Caudal diseño *(m)*

- ✓ Carga sobre el vertedero de aforo

$$\boldsymbol{h\ ver} = (\frac{Qdiseño}{1.40})^{\frac{2}{5}} \qquad \textbf{Ecuación (45)}$$

Donde:

h ver = Carga sobre el vertedero de aforo *(m)*

Q diseño = Caudal diseño *(m^3/s)*

- ✓ Ancho de la lámina de agua en el vertedero

$$\boldsymbol{b\ lámina\ de\ agua} = h\ ver * n\ unidades \qquad \textbf{Ecuación (46)}$$

Donde:

b lám agua = Ancho de la lámina de agua del vertedero *(m)*

n = Número de unidades.

- ✓ Ancho del vertedero

$$\boldsymbol{b\ vertedero} = H\ ver\ asum * n\ unidades \qquad \textbf{Ecuación (47)}$$

Donde:

H ver asm = Ancho del vertedero asumido *(m)*

n unid = Número de unidades

2.1.17.5 Determinación del área superficial del filtro

Fórmulas para calcular según el autor (Pulido & Carrillo, 2016).

- ✓ Área de filtración

$$\boldsymbol{A} = \frac{Q\ diseño}{Vf} \qquad \textbf{Ecuación (48)}$$

Donde:

A = Área de filtración *(m^2)*

Q diseño = Caudal diseño *(m^3/s)*

Vf **=** Velocidad de filtración *(m/s)*

✓ Determinación del número de filtro

$$\boldsymbol{n} = 0.5 * \sqrt[3]{A}$$ **Ecuación (49)**

Donde:

n = Número de unidades

A = Área de filtración *(m^2)*

✓ Determinación del área para cada nivel

$$\boldsymbol{Ai} = \frac{A}{n}$$ **Ecuación (50)**

Donde:

Ai = Área para cada nivel *(m^2)*

A = Área de filtración *(m^2)*

n **=** Número de unidades

2.1.17.6 Determinación de las dimensiones del filtro

✓ Longitud de la pared común por unidad

La fórmula para el siguiente cálculo es según el autor (Cañon y Mora, 2016, p. 48).

$$\boldsymbol{a} = (\frac{2 * n * A}{2 * 1})^{\frac{1}{2}}$$ **Ecuación (51)**

Donde:

a = Longitud de la pared común por unidad *(m)*

Ai = Área para cada nivel *(m^2)*

n **=** Número de unidades

✓ Ancho de la unidad

La fórmula para el siguiente cálculo es según el autor (Gavilanes, 2015).

$$\boldsymbol{b} = (\frac{(n+1) * Ai}{2 * n})^{\frac{1}{2}}$$ **Ecuación (52)**

Donde:

b = Ancho de la unidad *(m)*

Ai = Área para cada nivel *(m^2)*

n = Número de unidades

- ✓ Diámetro de la unidad de filtración

$$\boldsymbol{d\ filt} = (\frac{4 * A}{\pi})^{\frac{1}{2}} \qquad \textbf{Ecuación (53)}$$

Donde:

d filt = Diámetro de la unidad de filtración *(m)*

A = Área filtración *(m^2)*

- ✓ Área superficial final

$$\boldsymbol{Asf} = \frac{\pi * (d\ filt)^2}{4} \qquad \textbf{Ecuación (54)}$$

Donde:

Asf = Área superficial final *(m^2)*

d filt = Diámetro de la unidad de filtración *(m)*

2.1.17.7 Sistema de drenaje y cama de salida

- ✓ Velocidad de filtración del drenaje

$$\boldsymbol{Vfdre} = \frac{Q\ diseño}{Asf} \qquad \textbf{Ecuación (55)}$$

Donde:

Vfdre = Velocidad de filtración del drenaje *(m/s)*

Q diseño = Caudal diseño *(m^3/s)*

Asf = Área superficial final *(m^2)*

- ✓ Área del orificio

$$\boldsymbol{Ao} = \frac{\pi * d\ orificio}{4} \qquad \textbf{Ecuación (56)}$$

Donde:

Ao = Área del orificio *(m^2)*

do = Diámetro del orificio *(m)*

- ✓ Caudal a través del orificio

$$\boldsymbol{Qo} = Ao * Vo \qquad \textbf{Ecuación (57)}$$

Donde:

Qo = Caudal a través del orificio *(m^3/s)*

Ao **=** Área del orificio *(m^2)*

Vo = Velocidad del líquido del orificio (m/s)

- ✓ Número de orificios del sistema del drenaje

$$\boldsymbol{no} = \frac{Q\ dise\tilde{n}o}{Qo} \qquad \textbf{Ecuación (58)}$$

Donde:

no = Número de orificio

Q diseño = Caudal diseño *(m^3/s)*

Qo **=** Caudal a través del orificio *(m^3/s)*

2.1.17.8 Material Filtrante

"Para determinar el material filtrante se debe conocer las características de la grava como: las capas, diámetro y el espesor, con estos datos se procede a realizar los cálculos" (Pulido y Carrillo, 2016).

- ✓ Altura del lecho de soporte del material filtrante de arena (espesor)
- ✓ Altura de la capa de arena (lecho filtrante)
- ✓ Altura de la capa de arena sobrenadante
- ✓ Altura de borde libre

Fórmula para el cálculo de la altura total de la unidad de filtración es la siguiente:

$$\boldsymbol{Htf} = e + lf + Hsn + Hbl \qquad \textbf{Ecuación (59)}$$

Donde:

Htf **=** Altura total de la unidad de filtración *(m)*

Lf = Lecho filtrante *(m)*

Hsn = Altura de la capa de arena sobrenatante *(m)*

Hbl = Altura borde libre *(m)*

2.1.18 Desinfección



Figura 9-2. Gráfico del proceso de desinfección
Fuente: (Lara, 2018)

"Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua" (Hernández y Corredor, 2017, p. 41).

> Es obligatorio en todos los niveles de complejidad del sistema, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización, entre los procesos de desinfección que pueden realizarse está primordialmente la cloración, incluidos sus derivados el dióxido de cloro, los hipocloritos y procedimientos como el de la cloraminación. Como desinfectantes complementarios se tienen el ozono y los rayos ultravioleta. Para la desinfección por cloración, deben emplearse tanques de contacto en los niveles de complejidad de sistema medio alto y alto; en los otros niveles es opcional. El tanque debe proporcionar el tiempo necesario que garantice la desinfección del agua. (Fonseca A. , 2018, pp. 12-13)
>
> El objetivo de la desinfección del agua es destruir los organismos patógenos causantes de enfermedades, tales como bacterias, protozoarios, virus y nemátodos. Todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano debe ser desinfectado adecuadamente. (Secretaría del Agua, 2012, p. 237)
>
> La desinfección se realiza mediante desinfectantes físicos o químicos, que extraen los contaminantes orgánicos presentes en el agua y que sirven de nutrientes y protección de los microorganismos. El desinfectante no solo debe eliminar a los microorganismos sino

que debe tener un efecto residual, que permite que el agente activo se mantenga en el agua después de la desinfección y sirva para prevenir cualquier contaminación en las tuberías de distribución. (Aguirre, 2015, p. 104)

2.1.18.1 Principales características del cloro

- Tiene una potencia germicida de amplio espectro
- Muestra buena persistencia en redes de distribución, debido a que tiene efecto residual que puede verificarse fácilmente
- El equipo dosificador es simple, confiable y de bajo costo
- Es económico y eficaz, por lo que es fácilmente accesible para las comunidades rurales (Aguirre, 2015, p. 104)

El cloro en el mercado local se lo puede encontrar en varias presentaciones, con diferentes concentraciones de cloro activo y estabilidad. El Hipoclorito de calcio $Ca(ClO)_2$, conocido como HTH viene en presentación granulada, en polvo o tabletas con un color blanco, tiene un porcentaje de cloro activo entre el 65 a 70 % y es corrosivo, el Hipoclorito de sodio NaClO, es una solución liquida amarillenta con porcentaje de cloro activo de 1 a 15%, también tiene efecto corrosivo. (Aguirre, 2015, p. 105)

2.1.18.2 Dosificación

Para la dosificación del cloro se de tener los siguientes datos:

- ✓ Caudal de diseño
- ✓ Dosis
- ✓ Porcentaje de cloro

Las fórmulas para los cálculos los siguientes según el autor (Aguirre, 2015).

- Cantidad de hipoclorito de calcio

$$\boldsymbol{Cantidad}\ \mathbf{Ca(ClO)_2} = Qdiseño * D \qquad \textbf{Ecuación (60)}$$

Donde:

Cantidad Ca $(ClO)_2$ **=** Cantidad de hipoclorito de calcio *(g/día)*

Qdiseño = Caudal de diseño *(L/día)*

D = Dosis *(kg/L)*

❖ Porcentaje de cloro

$$\%\ \boldsymbol{de\ cloro} = \frac{Cantidad\ Ca(ClO)_2}{70\%} \qquad \textbf{Ecuación (61)}$$

% de cloro **=** porcentaje de cloro (%)

Cantidad Ca (ClO)$_2$ = Cantidad de hipoclorito de calcio *(g/día)*

Porcentaje = 70 *(%)*

2.1.18.3 Tanque de cloración

Para realizar los cálculos del tanque de cloración se necesita los siguientes parámetros de partida:

- ✓ Caudal diseño
- ✓ Caudal máximo
- ✓ Número de unidades
- ✓ Dosis de cloro
- ✓ Tiempo de contacto
- ✓ Profundidad útil
- ✓ Relación longitud/anchura

Las fórmulas para los cálculos son los siguientes según el autor (Gavilanes, 2015).

- Caudal diseño por línea

$$\boldsymbol{Q\ dis\ línea} = \frac{Q\ diseño}{Nl} \qquad \textbf{Ecuación (62)}$$

Donde:

Qdis línea **=** Caudal diseño línea *(m^3/h)*

Qdis = Caudal de diseño *(m^3/h)*

Nl = Número de líneas

- Caudal máximo por línea

$$\boldsymbol{Q\ máx\ línea} = \frac{Q\ max}{Nl} \qquad \textbf{Ecuación (63)}$$

Donde:

Q máx línea **=** Caudal máximo línea *(m^3/h)*

Qmáx = Caudal máximo *(m^3/h)*

Nl = Número de líneas

- Consumo medio de cloro

$$\boldsymbol{Cons\ med\ Cl} = \frac{Q\ diseño}{1000} * Dosis\ de\ Cl * 24 \qquad \textbf{Ecuación (64)}$$

Donde:

Cons med Cl **=** Consumo medio cloro *(kg/día)*

Qdiseño **=** Caudal diseño *(m^3/h)*

Dosis Cl = Dosis de cloro (*mg/L)*

- Consumo punta de cloro

$$\boldsymbol{Cons\ pun\ Cl} = \frac{Q\ max}{1000} * Dosis\ de\ Cl \qquad \textbf{Ecuación (65)}$$

Donde:

Cons pun Cl **=** Consumo punta de cloro *(kg/h)*

Q máx **=** Caudal máximo *(m^3/h)*

Dosis Cl = Dosis de cloro *(mg/L)*

- Volumen unitario útil

$$\boldsymbol{V\ uni}\ \text{útil} = \frac{Tiempo\ Q\ max}{60} * Q\ \text{max}\ línea \qquad \textbf{Ecuación (66)}$$

Donde:

Vuni útil **=** Volumen unitario útil *(m^3)*

T Qmax = Tiempo caudal máximo *(min)*

Q max línea **=** Caudal máxima línea *(m^3/h)*

- Volumen total útil

$$\boldsymbol{Vt}\ \text{útil} = Vuni\ \text{útil} * Q\ \max línea \qquad \textbf{Ecuación (67)}$$

Donde:

Vt útil **=** Volumen total útil *(m^3)*

V uni útil = Volumen unitario útil *(m^3)*

N línea **=** Número de líneas

- Superficie unitaria

$$\boldsymbol{Supf\ unitaria} = \frac{V\ uni\ \text{útil}}{Profundiad} \qquad \textbf{Ecuación (68)}$$

Donde:

Supf unitaria**=** Superficie unitaria *(m^2)*

V uni útil = Volumen unitario útil *(m^3)*

Prfd **=** Profundidad *(m)*

- Longitud

$$\boldsymbol{L} = \sqrt{Relación\frac{longitud}{anchura} * Supf\ unitaria} \qquad \textbf{Ecuación (69)}$$

Donde:

Rel L/B**=** Relación longitud/anchura *(m)*

Supf unit = Superficie unitaria *(m^2)*

- Ancho

$$\boldsymbol{B} = \frac{Supf\ unit}{L} \qquad \textbf{Ecuación (70)}$$

Donde:

B **=** Ancho *(m)*

Supf unit = Superficie unitaria *(m^2)*

L **=** Longitud *(m)*

2.1.18.4 Red de distribución

Es el conjunto de tuberías y accesorios que permite distribuir el agua potable desde el tanque de almacenamiento hasta los usuarios. La red debe garantizar

el suministro del líquido en cantidad, calidad y presión adecuada durante todo el periodo de diseño. (Aguirre, 2015, p. 17)

2.1.19 Potabilización

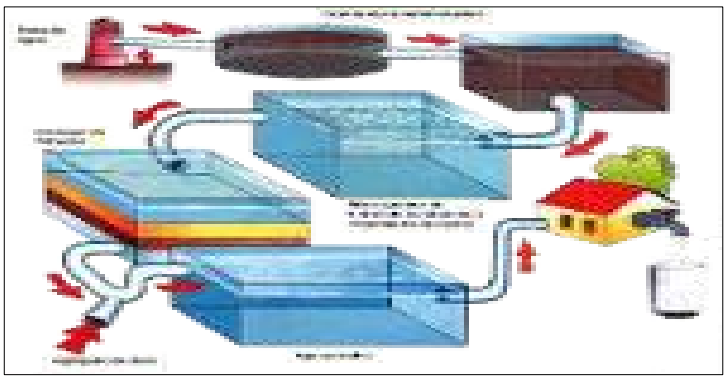


Figura 10-2. Gráfico del proceso de potabilización
Fuente: (Salas M. , 2017)

Es el proceso que se le hace a cualquier agua para que pueda ser de consumo humano sin ningún tipo de restricción porque se encuentra absolutamente limpia, por ejemplo, sólidos suspendidos, aglomeración, de coloides, de organismos patógenos, de hierro y manganeso, sedimentación y corrosión, entre otras cuestiones. Es un proceso muy eficiente, ya que disminuye notablemente enfermedades por el consumo de agua no apta. (Hernández y Corredor, 2017, pp. 39-40)

2.1.20 Operaciones unitarias que intervienen en el proceso de potabilización

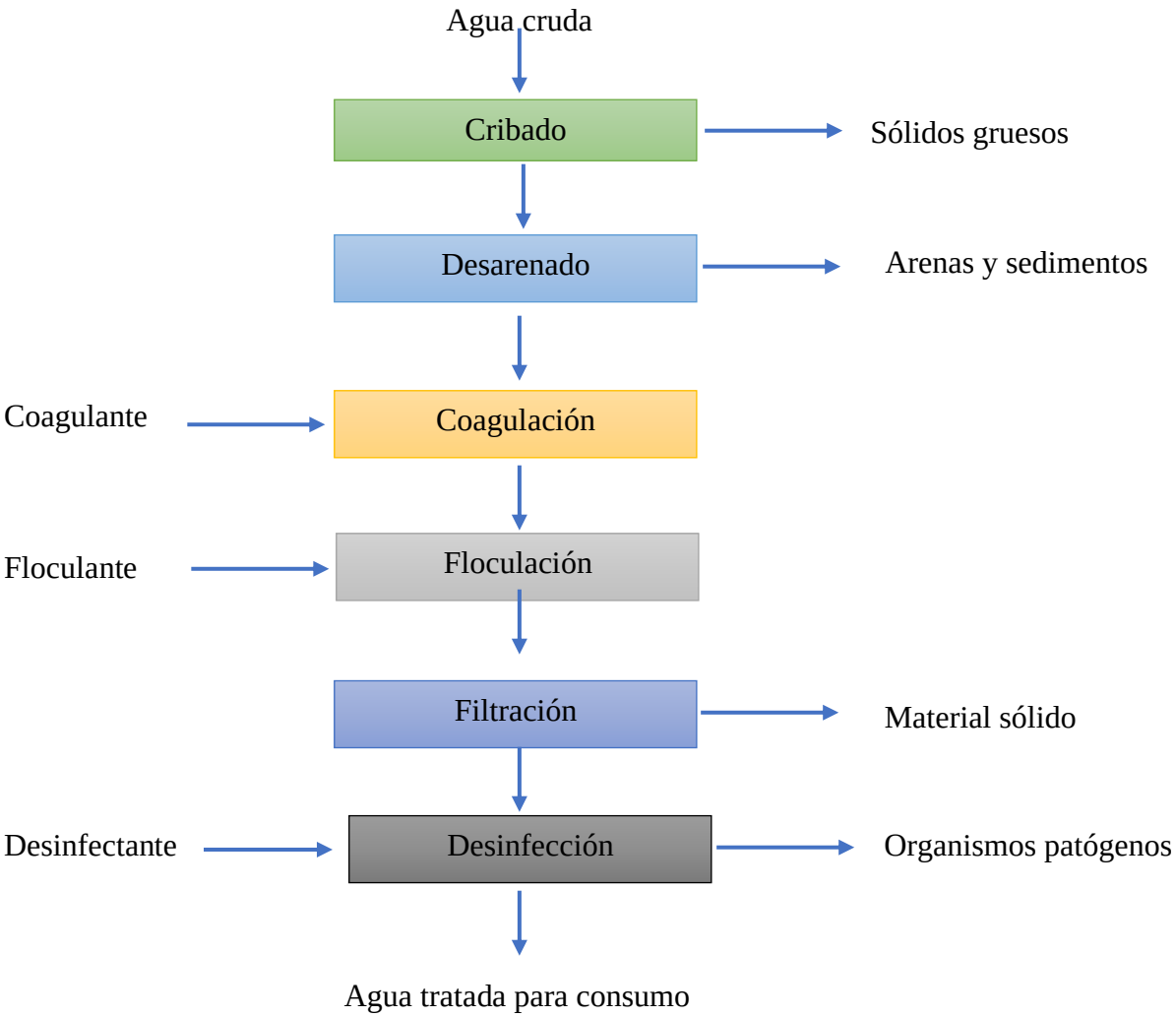


Figura 11-2. Diagrama de bloques del tratamiento de agua potable
Fuente: (Fonseca A. , 2018)

2.1.21 Sistema de agua potable

Sus componentes principales son los siguientes:

2.1.21.1 Captación o bocatoma

Es la parte inicial del sistema que permite tomar de la fuente (río, canal etc.) la cantidad necesaria para abastecer a la comunidad y derivarla hacia la planta de tratamiento (Aguirre, 2015).

2.1.21.2 Línea de conducción

Tubería que conduce al agua de la bocatoma a la planta de tratamiento y de esta al reservorio. Puede ser necesario atravesar grandes longitudes, de acuerdo a la disponibilidad y calidad de fuentes en la cuenca (Hernández y Corredor, 2017).

2.1.21.3 Planta de tratamiento

Unidad destinada a mejorar las cualidades físicas, químicas y biológicas del agua para hacerla apta para su consumo. Generalmente incluye filtros de materiales pétreos (arena, gravilla, grava), aunque dependiendo de la cantidad de agua necesaria y la calidad que proporciona la fuente pueden ser necesarios procesos adicionales. Por lo general la cloración es el proceso final a la salida de la planta (Hernández y Corredor, 2017).

2.1.21.4 Reservorio o tanque de almacenamiento

Es un depósito cerrado que almacena el agua producida por la planta de tratamiento, destinado a mantener una cantidad de agua suficiente para cubrir las variaciones horarias de consumo y distribuir según la demanda de la población (Aguirre, 2015).

2.1.21.5 Línea de aducción y redes de distribución

Conjuntos de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua del reservorio a la población y la distribuyen a las viviendas y/o a las conexiones públicas (Hernández y Corredor, 2017).

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 Localización

La parroquia Tálag fue creada el 9 de junio de 1997, se encuentra situado al sur oeste a 16 kilómetros del cantón Tena, provincia de Napo, posee un área de 915.08 kilómetros cuadrados, a una altura aproximada de 540 m.s.n.m, su latitud Sur es de 1°03´57.08" y su longitud Oeste es de 77°54´37.91", su temperatura media oscila entre 24.48-23.42°C, y sus límites son:

- **Norte**: con la Quebrada de Uchuculin y parroquia Pano.
- **Sur:** con el cantón Arosemena Tola.
- **Este:** con la parroquia Puerto Napo.
- **Oeste:** con la Cordillera de Llanganates y cantón Salcedo. (Fonseca J. , 2015)



Figura 12-3. Localización de la parroquia Tálag
Fuente: (Secretaría Nacional de Información, 2013)

Según la entrevista realizada al presidente del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Tálag (GADP) Sr. Wilson Licuy, el punto específico de la propuesta de investigación se localiza al lado este, aproximadamente a 2 km de la cabecera parroquial Tálag y el río de donde se abastece el agua para el consumo lleva el mismo nombre.

El sistema de tratamiento de agua potable consiste en una planta de tipo compacto, la cual incluye procesos y operaciones unitarias (Fonseca A. , 2018).

3.2 Tipo de investigación

El proceso metodológico que se ha considerado para la presente investigación, es el exploratorio cualitativo documental, ya que este tipo de investigación realiza estudios exploratorios analíticos, teóricos e históricos, por su aplicabilidad este diseño permite proponer nuevos conceptos o modelos de comprensión o medición de variables mediante la revisión documental, entrevistas y observación de campo. Este tipo de investigación utiliza instrumentos centrados en bibliografía secundaria, (artículos, tesis, repositorios e información relacionados a tratamientos de agua para consumo humano, entre otros).

El diseño documental siempre se preocupa por la fidelidad de información. Toda información, se estudia en profundidad, para descubrir incoherencias y contradicciones. En este diseño hay que ser racionalmente selectivos, ya que el propio investigador es quien define y selecciona los datos bibliográficos a utilizar; es posible que seleccione solo aquellos que concuerdan con sus objetivos.

También es una investigación descriptivo cuantitativo comparativo, ya que se basa en diseño (datos), el cual comprende la interacción entre dos o más variables tales como: caudal, dotación, calidad del agua y las unidades de tratamiento entre otros. Este análisis permite conocer la calidad del agua de la fuente de abastecimiento y con base a esto busca especificar las características (unidades de tratamiento) de la planta de tratamiento (Camacho y Peña, 2018).

3.3 Métodos de investigación

3.3.1 Determinación de las condiciones técnicas de partida poblacional y de caracterización del agua potable de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo

3.3.1.1 Condiciones técnicas de partida poblacional

Con respecto a la determinación de las condiciones técnicas de partida poblacional, se realizó la revisión bibliográfica secundaria, entre los que se tiene en la página web del Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos 2010 (INEC). Con estos resultados se permite tener una proyección amplia de la población y a partir de ella, los requerimientos para el dimensionamiento de la planta de agua potable.

En cambio, con el documento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Tálag, perteneciente al GAD parroquial Tálag, se analizó aspectos relacionados a la población a ser atendida, los servicios básicos con los que cuenta la parroquia e información relacionada a los componentes sociocultural, económica, ambiental, et, (Fonseca J. , 2015).

En el aspecto sociocultural se analizó la población en cuanto a su estructura, composición y dinámica poblacional, calidad de los servicios sociales como son la educación y salud. En base al PDOT, dentro de la actividad económica de la parroquia Tálag, se consideró las actividades como la agricultura y la venta de productos de la zona y de qué manera cubren las necesidades en el núcleo familiar. Referente al aspecto ambiental de la parroquia Tálag se tomó en cuenta los ecosistemas más representativos, ya que la mayoría de la superficie está cubierta por bosques nativos no alterados, a su vez la mayor parte de su territorio se encuentra formando parte de las áreas protegidas de Ecuador.

Para obtener la información de la climatología de parroquia Tálag se realizó consultas bibliográficas en el sitio web del Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI), en la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio, de las cuales, se escogió los datos de la Estación Tena HDA Chaupi Shungo de los últimos seis años. La estación Tena HDA Chaupi Shungo se encuentra localizada en el cantón Archidona. Con estos datos, se estimó la variación de la temperatura, así mismo, los meses del año en el cual las precipitaciones tienden a subir y a bajar sucesivamente.

3.3.1.2 Caracterización del agua potable

Para la caracterización del agua de la parroquia Tálag, se realizó un análisis con la información otorgada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de cantón Tena (GADMT) a través del GADP Tálag. Los muestreos realizados se han llevado a cabo en la zona dónde se pretende realizar la captación de agua bruta, así como también después de un previo tratamiento realizado por el GADP. Con ello se va a efectuar una comparación de los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, del agua cruda y el agua tratada parcialmente, con las normativas ecuatorianas vigentes mencionadas respectivamente: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Anexo 1,Libro VI, Acuerdo Ministerial 097, publicada el 30 de julio de 2015 por el Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador y que se presentan en la Tabla 1: Criterios de calidad de efluentes de agua para consumo humano y doméstico; y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014 (Tabla 2-2), quinta revisión perteneciente al Instituto Ecuatoriano de Normalización Agua potable Requisitos, dónde se analizó y se verificó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para la propuesta de diseño de la planta de tratamiento de agua potable.

Es importante destacar que en la parroquia Tálag actualmente se trata el agua parcialmente. Este proceso cuenta con las siguientes operaciones unitarias (rejillas, desarenador, sedimentador, filtración lenta de arena y cloración) sin embargo dichos procesos están obsoletos por la falta de mantenimiento de la infraestructura.

Finalmente, mediante esta comparación se determinó si cumple o no cumple de acuerdo a las dos normativas mencionadas, con respecto al análisis físico, químico y microbiológico del río Tálag, de tal manera establecer cuál es el procedimiento viable para el tratamiento adecuado en la propuesta planteada.

3.3.2 Análisis de las diferentes alternativas de tratamiento de potabilización del agua de la población de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo

Para el cumplimiento del objetivo dos, se analizó las diferentes alternativas de tratamiento de potabilización del agua de abastecimiento de la población de la parroquia Tálag. Para este análisis se examinó la etapa del proceso de filtración, el cual remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, metales oxidados y microorganismos. (Hernández y Corredor, 2017, pág. 38).

3.3.2.1 Selección de alternativa

Para ello, se realizó una investigación bibliográfica de tres procesos de filtración como son: filtración lenta de arena, filtración gruesa y membrana de ultrafiltración para realizar su respectiva comparación y los beneficios que se puede obtener. Se elige estos tres métodos de filtración mencionados anteriormente porque son los procesos más utilizados en las plantas de tratamiento de agua potable en comunidades pequeñas.

3.3.2.2 Criterio de selección

Mediante un análisis e investigación bibliográfica realizado por los autores y con la ayuda del tutor de la investigación, en busca de encontrar la mejor opción para analizar las diferentes alternativas de tratamiento de agua potable por el proceso de filtración, se estableció una matriz con los siguientes parámetros de medición, el cual nos permitirá comparar y determinar al tratamiento óptimo que se acople a las necesidades de la parroquia. Estos parámetros se explican a continuación:

- **Tamaño de la grava:** Para determinar la opción más viable en el proceso de filtración, las alternativas seleccionadas deben eliminar la mayor cantidad de grava o arena que se encuentra presente en el agua.
- **Funcionamiento:** En este criterio se evaluó la operación de cada uno de los sistemas de filtración, en el cual se determinará el proceso que tiene una operación de funcionamiento sencilla.
- **Mantenimiento:** Para medir este criterio, se tomó en cuenta la facilidad de mantenimiento que tiene cada proceso de filtración.
- **Ventajas:** Este criterio nos permite analizar los beneficios que ofrece cada uno de los procesos de filtración al momento de tratar el agua.
- **Desventajas:** Este parámetro nos permite analizar los inconvenientes que puede tener cada uno de los procesos de filtración al momento de tratar el agua.
- **Tiempo de vida útil:** Para establecer el tiempo de vida útil, se analiza cada una de las alternativas, su utilidad y deterioro a lo largo del tiempo, para su respectivo reemplazo.
- **Consumo de energía:** En este criterio se establecen la necesidad energética de cada uno de los tipos de filtración en ya sea en el proceso de ejecución y mantenimiento.

- **Costo:** Para seleccionar la mejor alternativa se tomaron en cuenta el costo de los diferentes procesos de filtración antes mencionados.

Después de identificar los ocho criterios conjuntamente con las tres alternativas, se construye la matriz.

Los criterios van en filas y las alternativas se colocaron en columnas. Una vez finalizado la matriz se realizó la respectiva comparación, para ello, la valoración será: un signo "+" se identifica más favorable o superior, signo "-" más negativa o inferior y signo "=" más negativa o cero. Para mayor comodidad, se utilizó los números +1, -1 y 0 respectivamente, ya que permiten operar de manera sencilla el cálculo. (Gonzalez, 2012)

En la siguiente tabla se estableció tres alternativas en cuánto a condiciones en donde se detalla: condición más favorable, intermedia y más negativa y los valores +1, 0, -1 para poder determinar matemáticamente cual será la mejor opción para el proceso de filtración de la propuesta (PTAP).

Tabla 6-3

Estimación de valores referenciales para los parámetros de la alternativa más adecuada

Condiciones	**Valor**
Condición más favorable (superior)	+1
Condición intermedia (igual)	0
Condición más negativa (inferior)	-1

Realizado por: Cazares Karem, Grefa Clinton, Grefa Marasca

Seguidamente, se muestra la matriz de toma de decisiones para encontrar la alternativa más adecuada para el tratamiento de agua potable mediante el proceso de filtración del diseño del proyecto propuesto. Una vez completada toda la tabla, se realizó la suma de los valores obtenidos de cada columna tanto positivos y negativos para de esta manera conseguir un valor total de rendimiento, de los cuales el que alcance la condición más favorable será seleccionada. Se consideró los parámetros expuestos a continuación:

Tabla 7-3

Matriz para la toma de decisiones

Criterios \ Alternativa	Filtración lenta de arena	Filtración gruesa	Membrana de Ultrafiltración
	Condición	Condición	Condición
Tamaño de grava			
Funcionamiento			
Mantenimiento			
Ventaja			
Desventaja			
Tiempo de vida útil			
Consumo de energía			
Costo			
Suma de positivos			
Suma de negativos			
Suma General			

Realizado por: Cazares Karem, Grefa Clinton, Grefa Marasca

3.3.3 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua potable para la población de la parroquia Tálag, cantón Tena, provincia de Napo

Para cumplir con este objetivo específico, se realizó los criterios del diseño respectivo de la obra o sistema de captación, debido que por sus características corresponde a una planta de potabilización para una población rural pequeña.

Como primera parte, con la información recopilada en el objetivo específico uno, se procedió a calcular el caudal de diseño para la planta de potabilización que se pretende proponer en este trabajo de integración.

Además, se escogió el proceso de dimensionamiento según el autor (Aguirre, 2015) que consiste en:

- Captación: “es la estructura que permite derivar el caudal requerido, desde la fuente de abastecimiento hacia el sistema de agua potable” (Aguirre, 2015, p. 16).
- Conducción: “es el conducto que permite el transporte del agua, desde la captación hasta las unidades de tratamiento, en condiciones seguras e higiénicas” (Aguirre, 2015, p. 16).
- Rejas de desbaste o cribado: “es la operación utilizada para separar el material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla” (Galeano & Rojas, 2016, p. 30)

- Desarenador: “tiene la finalidad de separar la arena y las partículas en suspensión gruesas del agua cruda que ingresa desde la captación” (Aguirre, 2015, p. 45).
- Filtración: “el proceso de filtración es muy importante ya que ayuda a remover las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso” (Hernández y Corredor, 2017, p. 26).
- Cloración: “desactivación o eliminación de los microrganismos patógenos que existen en el agua para consumo humano” (Aguirre, 2015, p. 104).

Además, de las operaciones unitarias antes descritas, se analizó con base al objetivo específico número uno, en cuánto a los parámetros físico, químicos y microbiológicos del agua cruda, para considerar si es necesario colocar una operación de coagulación – floculación como proceso de eliminación de carga coloidal.

Se utilizó estos sistemas mencionados anteriormente porque son procesos más representativos y económicamente rentables en operación dentro de un sistema de potabilización.

3.3.3.1 Criterio de diseño

❖ Estimación de la población futura mediante el Método Geométrico

Para la elaboración del diseño de una planta de tratamiento de agua potable es fundamental e importante realizar una estimación de la población futura, la cual va ser beneficiada.

Para conocer la población futura del margen izquierdo de la parroquia Tálag se optó por realizar el cálculo mediante el método geométrico debido a que es útil en poblaciones que generen un apreciable desarrollo y que cuentan con importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades, para este cálculo se utilizó la **Ecuación (1)** (Aguirre, 2015).

Para el cálculo se tomó como punto de partida el último censo poblacional de la parroquia Tálag del año 2010 con el que se va a establecer la proyección poblacional para el año 2041 que va a ser el período de diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Para determinar el período de diseño de vida útil de la PTAP se estableció según de la Normativa para el Estudio y Diseño de Sistema de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes. (Secretaría del Agua, 2012)

afirma: “El período de diseño debe ser por lo menos de 15 años y se considera que la vida útil de los equipos es usualmente de 10 a 20 años” (pp. 190-191). Por lo tanto, se realizó un análisis entre los autores conjuntamente con el apoyo del tutor llegando a la conclusión de establecer un período de tratamiento útil durante un período de diseño para 20 años.

- Dotación

Para obtener la información de la dotación de la parroquia Tálag, se realizó un oficio al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Tálag (GADPT) y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena (GADMT) solicitando que nos facilite dicha información. En respuesta al oficio se obtuvo un informe al correo electrónico por parte del Ing. Roberto Erazo, Técnico de proyectos de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado, en donde se proporcionó la información solicitada, obteniendo una dotación de 200 L/hab/día.

3.3.3.2 Estimación de caudales

Para el diseño de los diferentes componentes del sistema de agua potable se requiere calcular los caudales medio diario, máximo diario y máximo horario.

- Caudal medio diario (Qmd)

Para realizar este cálculo se utilizó la **Ecuación (2)** y se utilizó los datos de población futura, dotación y factor de fugas. Para la determinación de las pérdidas de agua o factor de fugas en el sistema, se ha obtenido en función de las recomendaciones de la norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 1997) que establece:

Tabla 8-4

Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable

Nivel de servicio	Porcentaje de fugas	Factor
lla y llb	20%	1.2

Fuente: (INEN, 1997), (Lárraga, 2016)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

❖ Caudal máximo diario (QMD)

Para este cálculo se utilizó la **Ecuación (3)**, y los datos que se utilizó son el factor de mayoración máximo diario, el caudal medio diario y de esta manera se obtuvo el resultado del caudal máximo diario.

❖ Caudal máximo horario (QMH)

Para obtener el resultado de este cálculo se utilizó la **Ecuación (4)**, con los datos de factor de mayoración máximo horario y el caudal medio diario.

- *Caudal de diseño para elementos de un sistema de potabilización de agua*

❖ Caudal de captación

Para realizar este cálculo se utilizó la **Ecuación (5)** con los datos de caudal medio diario más el 20%, se utiliza ese porcentaje porque en la tabla (4) determina tal valor para aguas superficiales.

❖ Caudal de conducción

Para calcular este caudal de conducción se utilizó la **Ecuación (6)**, para ello se necesitó los datos de caudal medio diario más el 10 %, este porcentaje se encuentra en la tabla (5) para aguas superficiales.

❖ Caudal de planta de tratamiento

Para determinar este cálculo se utilizó la **Ecuación (7)** para ello se necesitó el caudal medio diario más el 10%.

❖ Caudal de red de distribución

El resultado de este cálculo será igual al caudal medio horario la misma que se obtuvo de la **Ecuación (8)**.

3.3.3.3 Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

❖ **Captación toma de fondo**

Se utilizó este tipo de captación en la cabecera del río Tálag, ya que es utilizado para comunidades pequeñas, y en fuentes de descenso rápido una vez que se haya producido la crecentada del agua y para calcular el caudal de captación, se utilizó la **Ecuación (9)**.

- **Cribado o rejilla**

Se calculó el caudal captado por las rejillas **Ecuación (10)**, además, para complementar la ecuación mencionada anteriormente utilizó lo siguiente: Coeficiente que reduce el área total efectiva disponible para el paso del agua **Ecuación (11)**, la inclinación de las rejillas **Ecuación (12)**, coeficiente de contracción **Ecuación (13)**, ancho de las rejillas **Ecuación (14)**, relación caudal de diseño con la altura de la cresta a los lados de la rejilla **Ecuación (15)**.

- **Desarenador**

El desarenador tiene como función eliminar o remover mediante la sedimentación partículas finas, para calcular la velocidad de sedimentación se calculó con la fórmula de Stokes **Ecuación (16)**.

Para compensar turbulencias se calculó la longitud de la zona de sedimentación mediante la **Ecuación (17)**.

El tiempo que tarda una partícula en llegar al fondo t es igual a la profundidad útil de sedimentación H sobre la velocidad de sedimentación **Ecuación (18)**.

Para calcular la retención hidráuica que es el tiempo que una unidad de fluido permanece en un recipiente se utilizó la **Ecuación (19)**.

El volumen del tanque se calculó con la **Ecuación (20)** y el área disponible superficial con la **Ecuación (21).**

El dimensionamiento del tanque para la relación longitud/anchura L/B = 10:20, se calculó con la **Ecuación (22)** y **Ecuación (23)**.

La relación entre el caudal y el área hidráulica superficial se conoce como carga hidráulica superficial, y se calculó con la **Ecuación (24)**.

Velocidad de sedimentación teórica, es la velocidad correspondiente a una partícula de diámetro menor y se calculó con la **Ecuación (25)**.

Para calcaular el diámetro menor, se calculó con la **Ecuación (26)**.

- Velocidades

Para el calculo de la velocidad horizontal, se utilizó la **Ecuación (27)** la velocidad de arrastre se expresa con la **Ecuación (28)**.
Se calculó la velocidad horizontal máxima con la **Ecuación (29)** y la velocidad máxima horizontal para que no se produzca la resuspensión del sedimento se calculó con **Ecuación (30)**.

La altura del vertedero se calculó con la **Ecuación (31)** y la velocidad de salida del vertedero con la **Ecuación (32)**.

Para el cálculo de la pantalla de salida se tomó en cuenta la profundidad con la **Ecuación (33)** y la distancia al vertedero a la salida **Ecuación (34)**.

Para calcular la pantalla de entrada se tomó en cuenta la profundidad **Ecuación (35)** y la distancia de la cámara de aquietamiento **Ecuación (36)**.

- **Conducción**

Se denomina conducción al componente que transporta del agua cruda desde el desarenador hasta la planta de tratamiento o hasta el tanque de reserva, la pérdida de carga en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, para ello se calculó con la **Ecuación (37)** de Darcy-Weisbach.

El Número de Reynolds se calculó con la **Ecuación (38)**, viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia por las fuerzas debidas a la viscosidad.

La rugosidad relativa se calculó mediante la **Ecuación (39)** y las pérdidas menores se producen por los cambios de dirección de accesorios, se calculó con la **Ecuación (40)** y los coeficientes para pérdidas menores se encuentra en la tabla (5-2).

- **Filtración Lenta de Arena (FLA)**

En el Diseño para la estructura de la entrada de la cámara o el cajón del recolector, se calculó el volumen de la cámara o cajón de recolector **Ecuación (41)**, la profundidad de la cámara **Ecuación (42)**, la profundidad adoptada de la cámara de entrada **Ecuación (43)**.

Para el cálculo del vertedero triangular de aforo, se utilizó el caudal de diseño al 65% del filtro lento de arena **Ecuación (44)**, la carga sobre el vertedero de aforo **Ecuación (45)**, ancho de la lámina de agua en el vertedero **Ecuación (46)**, ancho del vertedero **Ecuación (47)**.

En la determinación del área superficial del filtro, se calculó el área de filtración con la **Ecuación (48)**, determinación del número de filtro **Ecuación (49)** y determinación del área para cada nivel **Ecuación (50)**.

Para la determinación de las dimensiones del filtro, se calculó la longitud de la pared común por unidad con la **Ecuación (51)**, el ancho de la unidad la **Ecuación (52)**, el diámetro de la unidad de filtración **Ecuación (53)**, área superficial final **Ecuación (54)**.

En el sistema de drenaje y cama de salida, se calculó la velocidad de filtración del drenaje con la **Ecuación (55)**, el área de orificio **Ecuación (56)**, el caudal a través del orificio **Ecuación (57)**, el número de orificios del sistema de drenaje **Ecuación (58)**.

Finalmente, la fórmula para el cálculo de la altura total de la unidad de filtración se utilizó la **Ecuación (59)**.

- **Desinfección**

En el proceso de la desinfección se realizó la dosificación del cloro utilizando la **Ecuación (60)**, además se calculó el porcentaje del cloro con la **Ecuación (61)**.

Para cálculos del tanque de cloración, se utilizó el caudal diseño por línea **Ecuación (62)**, el caudal máximo línea **Ecuación (63)**, el consumo medio de cloro **Ecuación (64)**, el consumo punta de cloro **Ecuación (65)**, el volumen unitario útil **(Ecuación 66)**, el volumen total útil **Ecuación (67)**, la superficie unitaria **Ecuación (68)**, la longitud **Ecuación (69)**, y el ancho **Ecuación (70)**.

4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1 Condiciones técnicas de partida poblacional y caracterización del agua de la parroquia Tálag

4.1.1 Número de habitantes

La población del margen izquierdo de la parroquia Tálag está conformada de ocho comunidades (Cabecera Parroquial, Cando, Alto Shandia, Shandia, Centro Tálag, Santa Rosa, Bajo Tálag y San Carlos) para el año 2010 fue de 1868 habitantes. Tomando en cuenta que la tasa de crecimiento poblacional es 1.39 % se estimó la proyección de habitantes para el año 2021, la cual asciende alrededor de 2174 habitantes.

Tabla 9-4

Número de habitantes de la parroquia Tálag

N°	Comunidad	Hombres	Mujeres	Total
1	Cabecera Parroquial	354	326	680
2	Cando	55	41	96
3	Alto Shandia	53	39	92
4	Shandia	164	140	304
5	Centro Tálag	135	131	266
6	Santa Rosa	55	60	115
7	Bajo Tálag	147	132	279
8	San Carlos	18	18	36
	Totales	981	887	1868

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca



Figura 13-4. Mapa de las comunidades del margen izquierdo de la parroquia Tálag
Fuente: *(Secretaría Nacional de Información, 2013)*

4.1.2 Componente sociocultural

4.1.2.1 Educación

> La situación actual de la educación, se desprende que en la parroquia Tálag existen centros educativos, que abarcan los niveles pre-primarios hasta el medio (colegio), sin embargo, hay que identificar las dificultades que tienen para alcanzar una educación de calidad, básicamente por la escasez de infraestructura, profesores, material didáctico y equipamiento. (Fonseca J. , 2015, p. 42)

"A pesar de los esfuerzos de inversión en el sector educativo por parte del Estado en las zonas rurales, aún no se cuenta con adecuada infraestructura educativa y equipamiento que permita mejorar los niveles de calidad educativa" (Fonseca J. , 2015, p. 42).

La población estudiantil del margen izquierdo de la parroquia Tálag se encuentra distribuida en ocho establecimientos educativos como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 10-4

Número de estudiantes por centro educativo

N	Unidades educativas	Hombres	Mujeres	Total
1	Escuela San Carlos	19	17	36
2	Unidad Educativa Javier Tanguila	62	68	130
3	Escuela Pedro Andi Vargas	14	12	26
4	Unidad Educativa Jaime Elliot	77	81	158
5	Escuela Sante Rebesco	21	19	40
6	Escuela Justo Licuy	19	22	41
7	Unidad Educativa Juan Tanca Marengo	180	195	375
8	Escuela Felipe Serrano	6	7	13
	TOTALES	**398**	**421**	**819**

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.1.2.2 Salud

En Tálag existe dos subcentros del Ministerio de Salud Pública, con horario de atención de 07H30 a 16H30 de lunes a viernes, en los dos subcentros se cuentan con el siguiente personal:

Tabla 11-4

Personal de salud de la parroquia Tálag

Subcentros	Médico General	Médico Rural	Enfermera	Enfermera rural	Auxiliar de farmacia	Administración	Técnico de atención primaria
Cabecera parroquial	1	1	1	1	1	2	1
Shandia		2		2	1	2	1
Total	1	3	1	3	2	4	2

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

El servicio de atención que brinda el subcentro de Salud de la cabecera parroquial de Tálag corresponde a las comunidades de: Cabecera parroquial de Tálag, Serena, Alto Shandia, Jatun Yaku, Cando mientras que, el subcentro de salud de Shandia brinda atención a las comunidades de: Nueva Jerusalén, Ilayacu, Zapallo, Shandia, San Pablo, Bajo Tálag, San Carlos, Santa Rosa, Limón Chikta entre otras. (Fonseca J. , 2015, p. 47)

En la cobertura de salud y perfil epidemiológico según información entregada por los subcentros de Tálag y Shandia en el año 2014, las enfermedades de mayor número de atenciones fueron: las infecciones respiratorias agudas (IRA), entre ellas, la amigdalitis aguda, y las enfermedades diarreicas agudas (EDA), entre ellas, la gastroenteritis, prevaleciendo sobre todo en niños, niñas y adolescentes. (Fonseca J. , 2015, p. 48).

4.1.2.3 Identidad cultural

"En cuanto a la identidad cultural según el censo 2010, en la parroquia Tálag el 96.6 % de la población es Kichwa Naporuna, el 2.8% es mestizo y el 0.60% se consideran entre (blancos, Negro, Mulato, Montubio, Otro)" (Fonseca J. , 2015, p. 39).

Tabla 12-4

Identidad cultural de la parroquia Tálag

Población	Porcentaje
Indígena o kichwa	96.6 %
Afroecuatoriana	0.1 %
Mestiza	2.8 %
Blanca	0.2 %
Montubio	0.2 %

Otros	0.1 %
Total	100%

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.1.3 Componente económico

4.1.3.1 Principales actividades económicas productivas del territorio

- **Agricultura**

Dentro de la actividad económico de la parroquia Tálag el sistema de producción predominante es la conocida chacra, entre los principales productos que se encuentran son: cacao, café, maíz, yuca, plátano, arroz y tikazu. La principal producción es el cacao que venden directamente a Kallari y a otros intermediarios. El maíz duro generalmente se vende y el resto es utilizado como alimento para aves. La producción de yuca es consumida casi en su totalidad y apenas un cierto porcentaje es comercializado en los mercados locales (Tena), en el caso del plátano un cierto porcentaje se destina a la venta, y los demás productos de comercializan en menor cantidad (Fonseca J. , 2015).

Tabla 13-4

Sistema de cultivo por productos a nivel parroquial por ha

N°	Productos	Cultivos por ha
	Cacao	
1		200.75
	Fuente: (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO), 2017)	
	Café	
2		7.00
	Fuente: (Figueroa, Francisco, y Godínez, 2015)	

	Yuca	
3		47.5
	Fuente: (Aguilar, 2017)	
	Plátano	
4		51.00
	Fuente: (Mejía, 2018)	
	Tikazu	
5		34.5
	Fuente: (Cárdenas, 2015)	
	Maíz	
6		38.75
	Fuente: (Guacho, 2014)	
	Arroz	
7		14.75
	Fuente: (Rueda, 2017)	
	Madera	
8		21.75
	Fuente: (Vidal, 2017)	
	Total	416

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

- **Turismo**

La actividad turística en la parroquia aún es insipiente, los turistas extranjeros que llegan a Tálag, lo hacen básicamente por realizar deportes de aventura como el Kayak y el rafting en el río Jatun Yaku.



Figura 14-4. Kayak y rafting en el río Jatun Yaku
Fuente: (Manitio, 2015)

Los turistas nacionales lo hacen por disfrutar del balneario denominado Laguna Azul. Aún no se ha podido aprovechar el enorme potencial turístico que tiene la parroquia en el Parque Nacional Llanganates y en la Reserva Biológica Colonso Chalupas.



Figura 15-4. Balneario Laguna Azul
Fuente: *(Grefa, 2017)*

4.1.4 Componente ambiental

4.1.4.1 Ecosistemas

La parroquia Tálag cuenta con 7 ecosistemas en donde se puede identificar el alto endemismo, y concentración de especies, además, posee vegetación de árboles emergentes que superan los 40 m de las colinas y tierras planas no inundables. Estos

ecosistemas incluyen a la mayoría de extensión de la Reserva Biológica Colonso Chalupas con un porcentaje 12.28 % y Parque Nacional Llanganates con 23.9 % las cuales se encuentran dentro del territorio de la parroquia Tálag.

Tabla 14-4

Ecosistemas de la parroquia Tálag

N°	Ecosistema	Descripción del servicio ambiental	Prioridad de conservación
	Bosque siempre verde piemontano de la Amazonía		
1	 Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013)	Se produce el traslape de las especies amazónicas y andinas en bosques	Alta
	Bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonía		
2	 Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013)	La diversidad de aves es sumamente alta	Alta
	Bosque de neblina montano de los andes orientales		
3		Son muy densos, sus tipos de suelo son de baja productividad y su clima es muy lluvioso Parque Nacional Llanganates	Alta

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013)

Bosque siempre verde montano bajo de los andes orientales

4		Son muy densos, sus tipos de suelo son de baja productividad y su clima es muy lluvioso	Media

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013)

Bosque siempre verde montano alto de los andes orientales

5		Alta producción de agua, pero se encuentran dentro del Parque Nacional Llanganates	Media

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013)

Paramo de almohadillas

6		Caracterizados por la vegetación de arbustos, hierbas y plantas en roseta y manchas de árboles de Polylepisy Escallonia	Baja

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013)

7	Paramo herbáceo  Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2013)	Caracterizados por la vegetación de arbustos, hiervas y plantas en roseta y manchas de árboles de Polylepisy Escallonia	Baja

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.1.4.2 Climatología

La parroquia Tálag es una de las zonas que se caracteriza por la presencia de lluvias a lo largo de todo el año y presenta temperaturas altas, cuenta con un tipo de clima tropical semihúmedo y húmedo, lo cual ha permitido la existencia de una abundante vegetación, pudiendo definirse como área de alta pluviosidad. Varía desde el frío húmedo de las partes altas parque Nacional Llanganates, pasa por el clima templado en las estribaciones de la cordillera de los Andes hasta el tropical húmedo de la planicie amazónica. (Fonseca J. , 2015, p. 13).

- ***Temperatura***

Según los análisis de los registros climatológicos desde el año 2008 a 2013 en la Estación Tena HDA Chaupi Shungo, se destaca que la temperatura promedio anual es de 23.93°C, el valor promedio de temperatura máximo anual es de 28.97°C y los meses de máxima temperatura son: octubre y noviembre. Los meses de temperatura mínima son: agosto y septiembre, donde se registra un valor promedio de temperatura mínima anual de 19.16 °C.

Tabla 15-4

Temperatura de la Estación Tena HDA Chaupi Shungo

Mes	T. Media	T.Máx.	T. Min
Enero	24.07	28.78	19.42
Febrero	23.80	28.43	19.38
Marzo	23.95	28.92	19.42
Abril	24.02	29.08	19.42
Mayo	23.85	28.45	19.55
Junio	23.52	28.10	19.37

Julio	23.20	27.88	18.80
Agosto	23.82	29.08	18.50
Septiembre	23.92	29.67	18.22
Octubre	24.33	30.18	18.93
Noviembre	24.55	29.80	19.38
Diciembre	24.20	29.25	19.50
Media	23.93	28.97	19.16

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2008-2013)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

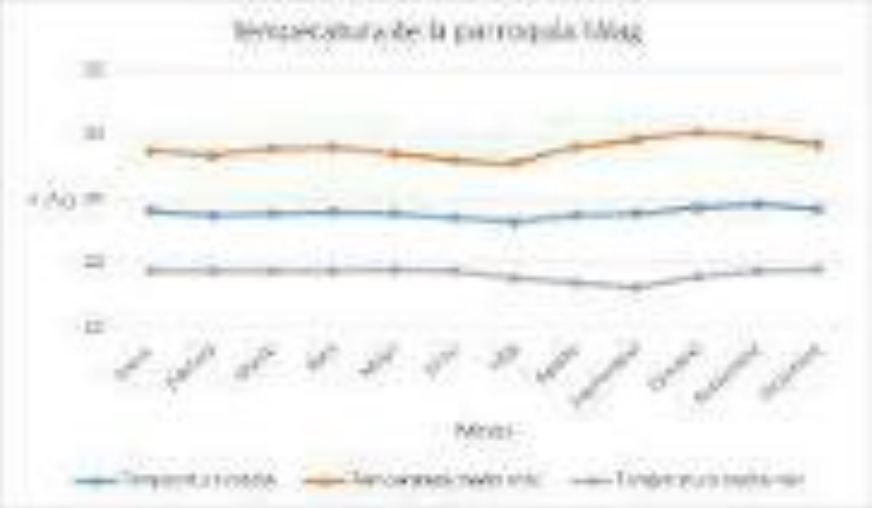


Figura 16-4. Temperaturas de la Estación Tena HDA Chaupi Shungo
Fuente: (INAMHI, 2008-2013)

- ***Precipitación***

La precipitación es uno de los parámetros climatológicos determinantes del ciclo del agua en una región, así como también de la ecología, paisaje y usos de suelo. De acuerdo a los análisis de los registros climatológicos desde el año 2008 a 2013 en la Estación Tena HDA Chaupi Shungo, las máximas precipitaciones se presentan en los meses de abril, mayo y junio llegando a alcanzar un valor de 460.25 mm. Los meses secos o de escasa actividad lluviosa fueron enero y septiembre con un valor de 268.42 mm. La media anual de precipitación registrada fue de 348.84 mm.

Tabla 16-4

Datos de precipitación promedio

Mes	Precipitación promedio (mm)
Enero	268.42
Febrero	303.05
Marzo	339.07
Abril	460.25
Mayo	449.17
Junio	415.97
Julio	386.02
Agosto	312.87
Septiembre	258.50
Octubre	355.37
Noviembre	315.30
Diciembre	322.08
Media anual	348.84

Fuente: (INAMHI, 2008-2013)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca



Figura 17-4. Precipitación de la Estación Tena HDA Chaupi Shungo
Fuente: (INAMHI, 2008-2013)

4.1.4.3 Abastecimiento del agua

Con la información levantada por el equipo técnico y los análisis del servicio de abastecimiento de agua en el PDOT, se puedo evidenciar la siguiente tabla:

Tabla 17-4

Servicios de abastecimiento de agua de la parroquia Tálag

Población	Porcentaje
Cuenta con el servicio de agua red pública	79 %
Obtiene agua de pozo	5 %
Obtiene agua de río	13 %
Obtiene agua de recolección de la lluvia	3 %

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

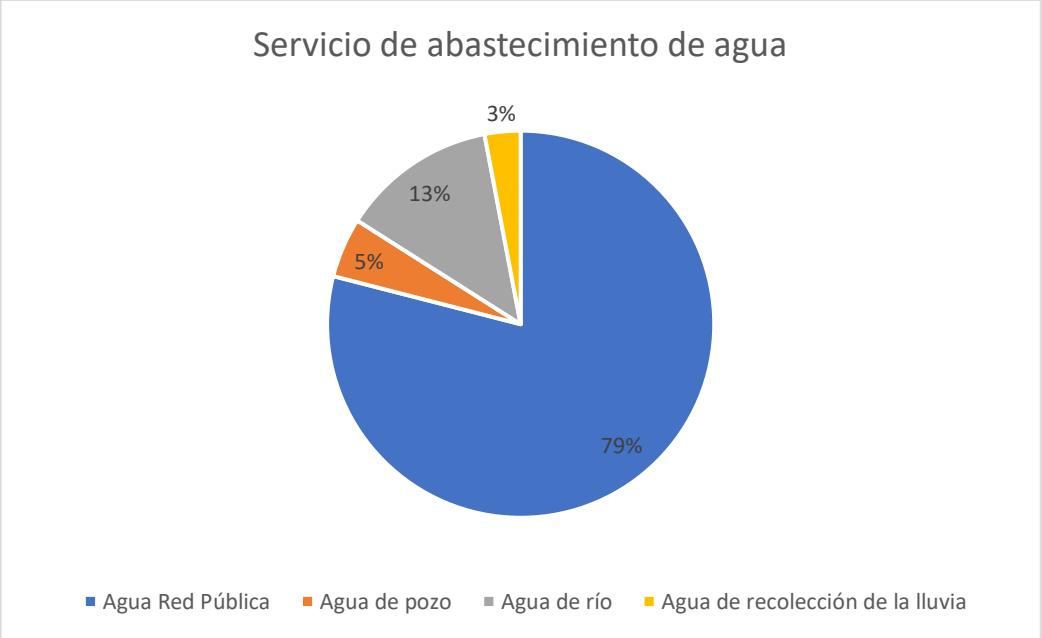


Figura 18-4. Servicio de abastecimiento de agua en la parroquia Tálag
Fuente: (Fonseca J. , 2015)

Por consiguiente, la población del margen izquierdo de la parroquia Tálag cuenta con abastecimiento de agua con tratamiento previo que proviene directamente del río con el mismo nombre, es así que según el PDOT Tálag. El actual sistema de abastecimientos de agua para la parroquia Tálag cuenta con las siguientes características:

Tabla 18-4

Estado actual de la planta de tratamiento de agua en la parroquia Tálag

Fuente de Abastecimiento	Río Tálag
Tipo de Captación	Lateral de Cajón con estructura de hormigón de 40 x 20 cm.
Población Total Centro Poblado	Pa = 680 hab P periferia = 1188 hab

	PT = 1868 hab
Accesibilidad al servicio	95% de agua entubada
Línea de conducción de agua cruda	Existe una tubería de PVC de 90 mm por una longitud de 1807.76 metros, la misma en algunos tramos se encuentra expuesta en la superficie, su estado es pésimo
Tanque Repartidor	Lo constituye un tanque de hormigón armado, se localiza a una cota de 574.30 msnm su estado es pésimo.
Sedimentadores	Lo constituyen dos estructuras rectangulares de hormigón conectadas entre sí, se encuentran en mal estado.
Filtro	Lo conforma una estructura de hormigón armado que se encuentra en pésimo estado.
Clorador	Es una estructura con mampostería de hormigón, se encuentra en muy mal estado.
Reserva	Actualmente el sistema tiene un tanque de hormigón armado de 25 m^3, el cual es insuficiente para abastecer a la Población
Distribución.	Se conduce desde el tanque de reserva por una tubería de 90 mm hasta llegar a la población de Tálag ubicad a una cota 574.30 msnm, cabe señalar que esta línea de distribución en el centro poblado es de 63 mm. Las acometidas domiciliarias son de ½ plg. y no tienen medidor
Descripción General	El servicio es intermitente y deficiente, no satisface las necesidades de la población, causando enfermedades en la población más vulnerable

Fuente: (GAD Tena, 2020)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.1.5 Caracterización del agua: Análisis físico, químico y microbiológico del río Tálag

Para poder determinar el cumplimiento de los criterios de calidad del agua, se procedió a realizar una comparación con el informe de los resultados de muestreo realizados por el GADM Tena de los análisis físico, químico y microbiológico del agua del río Tálag, y las normativas vigentes ecuatorianas: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo I, Acuerdo Ministerial 097 y la NTE INEN 1108:2014 para establecer e identificar los parámetros de cumplimiento de acuerdo a los límites máximo permitido establecidos en la misma.

Tabla 19-4

Resultados de los análisis físico, químico y microbiológico del agua cruda y agua con previo tratamiento del río Tálag

Parámetros	**Expresado como**	**Unidad**	**Agua cruda**	**TULSMA Libro VI, Anexo I, AM 097, Criterios de calidad (Tabla 1)**	**Cumplimiento**	**Agua con previo tratamiento**	**INEN 11:08 2014 Agua potable requisitos**	**Cumplimiento**
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	2	75	Si	26	15	No
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad	NTU	0.455	100	Si	2.53	5	Si
Temp. Agua	Grado centígrado	°C	17	< 30	Si	22.7	< 30	Si
Conductividad	microSiemens	µs/cm	37.7	400	Si	39.4	400	Si
SST	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	18.85	-	-	19.7	-	-
pH	Potencial de hidrógeno	pH	8.92	6-9	Si	8.75	6-9	Si
Dureza total	-	mg/l	12	500	Si	10	500	Si
Cloruros	Cl **	mg/l	11.49	-	-	10.49	-	-
Alcalinidad	-	mg/l	19	< 40	-	21	< 40	Si
Cloro residual	Cl residual	mg/l	0	0	Si	0.02	0.3-1.5	No
Índice de coliformes totales	Unidades Formadoras de Colonia	UFC/100 ml	249	1000	Si	132	< 1.1	No
Índice de coliformes fecales	Unidades Formadoras de Colonias	UFC/100 ml	8	1000	Si	16	< 1.1	No
Aerobios mesófilos	Unidades Formadoras de Colonias	UFC/100 ml	19	-	Si	120	< 1.1	No

Fuente: (MAE, 2015)**,** (INEN, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Para realizar la comparación se tomarán en cuenta aquellos parámetros que se encuentran en la normativa vigente las cuales son: color, turbiedad, pH, cloro libre residual y coliformes fecales; cabe recalcar que, el cloro residual solo se lo encuentra en la normativa INEN 1108 2014.

4.1.5.1 Color

Tabla 20-4

Comparación del color de los resultados del análisis de agua con las normativas

Color Unidades: escala Pt-Co					
Muestra	Resultado	TULSMA Libro VI, Anexo I, AM 097 (Tabla 1)	Interpretación	INEN 1108: 2014 Agua potable requisitos	Interpretación
Agua cruda	2	75	Si cumple	15	Si cumple
Agua tratada	26				No cumple

Fuente: (INEN, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Según los resultados de los análisis de agua cruda es de 2 Pt-Co el cual cumple las normativas: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente TULSMA (2015) y la NTE INEN 1108:2014 encontrándose dentro de los parámetros de calidad de agua establecidos. Esto se debe ya que el agua proviene de cordillera de los Llanganates, además por la cabecera del río Tálag no hay asentamientos humanos, lo que genera que el agua no se vea afectada en su coloración.

El resultado del agua con tratamiento previo es 26 Pt-Co, lo cual cumple con la normativa del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente TULSMA (2015), mientras que con la normativa NTE INEN 1108:2014 no cumple con lo estipulado, ya que el parámetro de color permitido es de 15 unidades escala platino-cobalto, esto "se debe a la presencia de sustancias disueltas o en estado coloidal en el agua que puede originarse por material vegetal, materia orgánica del suelo, presencia de hierro o manganeso u otros compuestos metálicos" (Aguirre, 2015, p. 19).

4.1.5.2 Turbiedad

Tabla 21-4

Comparación de la turbiedad, de los resultados del análisis de agua con las normativas

Turbiedad Unidades: NTU					
Muestra	Resultado	TULSMA Libro VI, Anexo I, AM 097 (Tabla 1)	Interpretación	INEN 1108: 2014 Agua potable requisitos	Interpretación
Agua cruda	0.455	100	Si cumple	75	Si cumple
Agua tratada	2.53				

Fuente: (INEN, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Los resultados de la concentración de turbiedad presentes en el agua cruda es de 0.455 NTU y el agua tratada previamente de 2.53 NTU los cuales se establecen que si cumple los límites máximos permitidos de las normativas: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente TULSMA (2015) y la NTE INEN 1108:2014, porque según (Aguirre, 2015) afirma: "el agua no pierde su grado de trasparencia, cuanto menor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, menor será el grado de turbidez" (p. 19).

4.1.5.3 Potencial de Hidrógeno

Tabla 22-4

Comparación del Potencial de hidrógeno según los resultados del agua cruda

Potencial de hidrógeno Unidades: -					
Muestra	Resultado	TULSMA Libro VI, Anexo I, AM 097 (Tabla 1)	Interpretación	INEN 1108: 2014 Agua potable requisitos	Interpretación
Agua cruda	8.92	6-9	Si cumple	6-9	Si cumple
Agua tratada	8.75				

Fuente: (INEN, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

El resultado de los análisis del pH es de 8.92 para el agua cruda y 8.75 para el agua con tratamiento previo, con lo expuesto anteriormente se puede establecer que si cumplen con las dos normativas: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente TULSMA (2015) y normativa INEN 11:08 2014, ya que los valores de los parámetros de pH permitidos se asemejan y estan dentro de ambas normativas en un rango de 6-9.

4.1.5.4 Cloro libre residual

Tabla 23-4

Concentración de cloro libre residual según los resultados del agua previamente tratada

Cloro libre residual Unidades: mg/L		
Resultado del agua previamente tratada	INEN 1108: 2014 Agua potable requisitos	Interpretación
0.02	0.3-1.5	No cumple

Fuente: (INEN, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Los límites máximos permitidos que establece la NTE INEN 1108:2014 determina el rango de 0.3-1.5 mg/L, la concentración del cloro libre residual que se encuentra presente en el agua con previo tratamiento tiene un valor es de 0.02 mg/L, este resultado está por debajo de los parámetros, por lo tanto, no cumple con los valores establecidos, al no contar con un técnico para un manejo adecuado al momento de aplicar la dosis de cloro, que se suministra dos veces por semana la cantidad de 680,82 g de hipoclorito la misma que es previamente mezclada desde un tanque dosificador de plástico y a continuación añadido al tanque de desinfección. El cloro libre, esta forma de cloro posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde fundamentalmente, a la presencia de ácido hipocloroso y anión hipoclorito. El cloro combinado, tiene un poder desinfectante muy bajo y su presencia causa irritaciones y malos olores, la combinación de cloro libre con el amoniaco y la materia orgánica nitrogenada que contiene el agua, da lugar al cloro combinado (cloraminas). Si se analiza el agua y se encuentra que no existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos no fueron eliminados y por lo tanto no es seguro de consumirla ya que es muy importante que exista cloro libre residual para asegurar que el agua haya sido convenientemente desinfectada en todos los puntos de la red de distribución. También, se menciona que el parámetro del cloro residual del agua cruda no se encuentra en la normativa TUSLMA, Libro VI, Anexo 1, AM 097, por lo tanto, no se realiza la respectiva comparación con la normativa mencionada.

4.1.5.5 Coliformes Fecales

Tabla 24-4

Comparación de coliformes fecales según los resultados del agua cruda

Coliformes fecales Unidades: UFC/100ml					
Muestra	Resultado	TULSMA Libro VI, Anexo I, AM 097 (Tabla 1)	Interpretación	INEN 1108: 2014 Agua potable requisitos	Interpretación
Agua cruda	8	<1000	Si cumple	<1.1	No cumple
Agua tratada	16				

Fuente: (INEN, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Los resultados de la concentración de coliformes fecales presentes en el agua cruda es de 8 UFC/100 mL y 16 UFC/100mL para el agua tratada previamente, significa que hay una mínima cantidad de coliformes fecales, es decir, cumplen con los límites permisibles que establece la normativa: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

(TULSMA), donde se muestra que los criterios de calidad de una fuente de agua para consumo humano, debe tener un valor de coliformes fecales <1000 (UFC/100 mL).

De acuerdo a los resultados, la concentración de coliformes fecales presentes en el agua cruda es de 8 UFC/100 mL y 16 UFC/100mL para el agua previamente tratada, los cuales no cumplen con los criterios de calidad de agua que establece la normativa: NTE INEN 1108: 2014 ya que los criterios que determina dicha normativa son estrictos y son específicamente para hacer cumplir las condiciones que debe tener agua potable el cual debe estar en el rango < 1.1 de coliformes fecales. (Aguirre, 2015) afirma:

> Los coliformes fecales presentes en el agua en cantidades excesivas nos indican que existe gran abundancia de materia fecal disuelta en el agua la cual causa graves daños a la salud y al ambiente convirtiéndose en materia orgánica que aumenta la proliferación de bacterias. (p. 21)

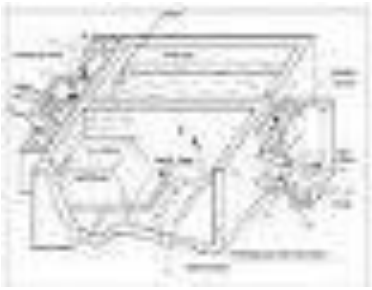
4.2 Análisis de las diferentes alternativas del proceso de filtración para el tratamiento de potabilización del agua para los habitantes de la parroquia Tálag.

4.2.1 Selección de la alternativa

Mediante la bibliografía obtenida de varios autores sobre el proceso de filtración se analizó tres tipos de filtración más utilizados en comunidades pequeñas para el tratamiento agua potable, las cuales son: filtración lenta de arena, filtración gruesa y membrana de ultrafiltración; de los tres tipos de filtración se va a optar por el método más conveniente y que se adapte a la propuesta de diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la parroquia Tálag, a continuación se detalla los principales tipos de filtración:

Tabla 25-4

Tipos de filtración

Filtración		
El proceso de filtración se realiza principalmente para reducir los niveles de materia sólida en suspensión. (Berdonce, 2008)		
Tipos de filtración		
		
Fuente: (Romero y Soares, 2014)	Fuente: (Romero y Soares, 2014)	Fuente: (Romero y Soares, 2014)
Filtración lenta de arena	**Filtración gruesa**	**Membrana de Ultrafiltración**
Filtra el agua por arena con velocidades bajas de filtración, usualmente en el rango de 0.1 a 0.3 metros por hora, impulsada por la gravedad. Remueve sólidos y patógenos por una combinación de mecanismos físicos y biológicos. (Romero & Soares, 2014)	Filtra de agua bruta por un medio filtrante más grande que la arena. Reduce los sólidos sedimentables y la turbiedad del agua antes de la filtración directa para minimizar la cantidad de sólidos que llegan a esta segunda etapa de filtración. (Ordóñez y Pesantez, 2017)	Filtra por una membrana con poros de 0.001 a 0.1 µm. Es igual a la microfiltración en todos los aspectos excepto el tamaño menor de los poros de la membrana, lo cual permite la remoción física de virus además de patógenos y sólidos más grandes. (Rossi, 2017)

Fuente: (Romero y Soares, 2014)**,** (Ordóñez y Pesantez, 2017)**,** (Rossi, 2017)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.2.2 Criterio de selección

Para poder establecer los criterios de selección se realizó una investigación bibliográfica de varios autores y expertos en el tema de los procesos de filtración más utilizadas y de esta manera determinar el tratamiento óptimo para el proyecto de investigación.

4.2.2.1 Filtración lenta de arena (FLA)

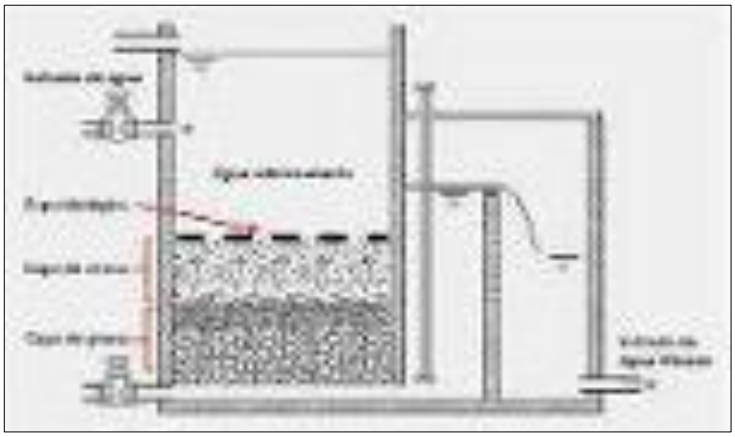


Figura 19-4. Esquema, filtro lento de arena
Fuente: (Bruni y Spuhler, 2020)

La filtración biológica (o filtración lenta) se consigue al hacer circular el agua cruda a través de un manto poroso de arena. Durante el proceso las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente, procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsiguiente retiro o limpieza. (Bruni y Spuhler, 2020)

Los procesos que se desarrollan en un filtro lento se complementan entre sí, actuando en forma simultánea, para mejorar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua tratada. El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante de tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En este tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, llegando a ser más fácil su remoción posterior. (Bruni y Spuhler, 2020)

> Durante el día y bajo la influencia de la luz del sol se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben dióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua y entra en reacción química con las impurezas orgánicas, haciendo que éstas sean más asimilables por los microorganismos. (Aguirre, 2015, p. 78)

> En la superficie del medio filtrante se forma una capa, principalmente de origen orgánico, conocida con el nombre de schmutzdecke o “piel de filtro”, a través de la cual pasa el agua, antes de llegar al propio medio filtrante. El schmutzdecke está formado principalmente por algas y otras numerosas formas de vida, tales como plancton, diatomeas, protozoarios, rotíferos y bacterias. (Aguirre, 2015, p. 80)

La acción intensiva de estos microorganismos atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua. Las algas muertas, así como las bacterias vivas del agua cruda son consumidas en este proceso. Al mismo tiempo que se degradan los compuestos nitrogenados se oxigena el nitrógeno. Algo de color es removido y una considerable

proporción de partículas inertes en suspensión son retenidas por cernido. (Bruni y Spuhler, 2020)

Habiendo pasado el agua a través del schmutzdecke, entra al lecho filtrante y es forzada a atravesarlo en un tiempo que normalmente toma varias horas, desarrollándose un mecanismo físico de cernido que constituye una parte del proceso total de purificación. (Bruni y Spuhler, 2020)

Tabla 26-4

Ventajas y desventajas (FLA)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Eliminación muy efectiva de bacterias, virus, protozoos, turbidez y metales pesados en agua dulce contaminada. • Si se construye solo con flujo por gravedad, no se requieren bombas (eléctricas). • Se pueden usar materiales locales para la construcción. • Alta fiabilidad y capacidad para resistir fluctuaciones en la calidad del agua. • No requiere de la aplicación de productos químicos. • Fácil de instalar en áreas rurales, semiurbanas y remotas, simplicidad de operación • Larga vida útil (estimada> 10 años)	• Se requiere un flujo constante de agua dulce con cierta calidad: turbidez (<10-20 UNT) y baja contaminación de algas. De lo contrario, puede ser necesario un pretratamiento (por ejemplo, sedimentación). • Las bajas temperaturas reducen la eficiencia del proceso debido a la disminución de la actividad biológica • Pérdida de productividad durante los períodos de raspado y maduración del filtro, relativamente largos. • Un mantenimiento muy regular es esencial; se requieren algunos equipos básicos o kits de prueba listos para monitorear algunos parámetros físicos y químicos. • Posible necesidad de cambios en la actitud (creencia de que el agua que fluye a través de un filtro verde y viscoso es segura para beber sin la aplicación de productos químicos). • Precisa de una gran área de terreno, grandes cantidades de medios filtrantes y mano de obra para la limpieza y, podría requerir electricidad. • Materia orgánica natural y otros precursores de subproductos de desinfección (SPDs) no eliminados (pueden formarse si se aplica cloro para la desinfección final). Además, los compuestos químicos (por ejemplo, flúor) no se eliminan.

Fuente: (Bruni y Spuhler, 2020)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.2.2.2 Filtración gruesa (FG)

> Los filtros gruesos de grava pueden ser de flujo horizontal o vertical. Consiste en un compartimiento principal donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de los granos de grava disminuye con la dirección del flujo. Para el caso de un filtro de flujo ascendente se tiene un sistema de tuberías, ubicado en el fondo de la estructura, permite distribuir el flujo de agua en forma uniforme dentro del filtro. Conforme funciona el filtro, los espacios vacíos se van colmatando con las partículas retenidas del agua, por lo cual se requiere una limpieza semanal controlada mediante las válvulas de apertura a la salida de la unidad. (Ordóñez y Pesantez, 2017, p. 38)

"Filtros Gruesos Ascendente en capas (FGAc), los lechos de grava son Instalados en un solo tanque (unidad), con múltiples capas de tamaño decreciente en el sentido del flujo" (Ordóñez y Pesantez, 2017, p. 38).

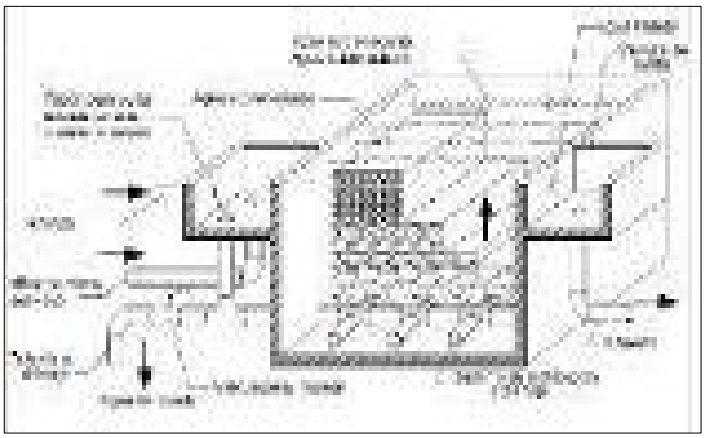


Figura 20-4. Esquema, filtro grueso ascendente en capas FGAc
Fuente: (Ordóñez y Pesantez, 2017)

"Filtros Gruesos Ascendentes en serie (FGAs), los lechos de grava son instalados en varios tanques, con tamaño decreciente en el sentido del flujo. Presentan una mayor eficiencia en la remoción" (Ordóñez y Pesantez, 2017, p. 39).

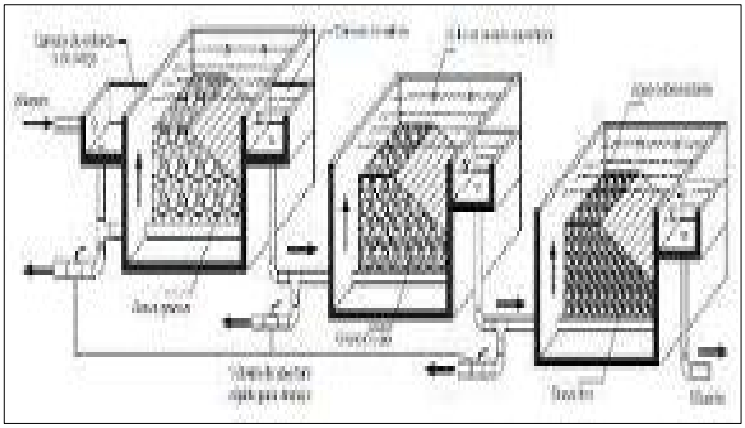


Figura 21-4. Esquema, filtro grueso ascendente en serie
Fuente: (Ordóñez y Pesantez, 2017)

Tabla 27-4

Tipos de filtros gruesos ascendentes FGA y sus características

Tipo de filtro	Ventajas, características principales
	En general la Filtración Gruesa ascendente consiste en el flujo del agua en sentido ascendente.
Filtro Grueso Ascendente en capa (FGAc): Las múltiples capas de grava son instaladas en un solo tanque, con tamaño decreciente en el sentido del flujo.	La mayor ventaja de los ascendentes es el hecho de presentar mayor acumulación de sólidos en el fondo del tanque, donde se emplaza en sistema de drenaje, que evacua también el agua de lavado en sentido descendente, y permite mejorar el lavado mediante la operación de válvulas de cierre rápido.
Filtro Grueso Ascendente en serie (FGAs): Cuando los lechos de grava son instalados en dos o tres tanques, de tamaño decreciente en el sentido del flujo.	En las dos variantes el sentido del flujo disminuye las interferencias, mejorándose el comportamiento hidráulico, y un tiempo de retención semejante al calculado, sin zonas muertas.

Fuente: (Ordóñez y Pesantez, 2017)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.2.2.3 Membranas de ultrafiltración

Se trata de un tipo de filtración por membranas, que permite la reducción, retención y eliminación de los sólidos suspendidos tales como partículas, coloides, quistes, virus, endotoxinas y demás agentes indeseables, ejecutando la producción de agua de alta pureza con baja densidad de sedimentos. Es un proceso de separación basado en una membrana porosa con aberturas de entre 0.01 y 0.1 micras. (Rossi, 2017, p. 14).

Las membranas de ultrafiltración son más cerradas en comparación a la microfiltración, pero más abiertas que la nanofiltración y ósmosis inversa. Las

membranas trabajan con baja presión, lo que resulta en menores costos de operación. Además, son muy eficaces como tratamiento previo a la ósmosis inversa, y a su vez cuentan con un sistema de retro lavado, lo que les proporciona un mayor tiempo de vida. (Romero y Soares, 2014, p. 55).

Este proceso se desarrolla a través del uso de la presión hidrostática para forzar el agua, mediante una membrana semipermeable. El tamaño de los poros generalmente es de 103-106 Daltons. La ultrafiltración tiene un amplio campo de aplicación, funcionando como pre tratamiento y en procesos donde es necesaria el agua de excelente calidad. (Rossi, 2017, p. 15).

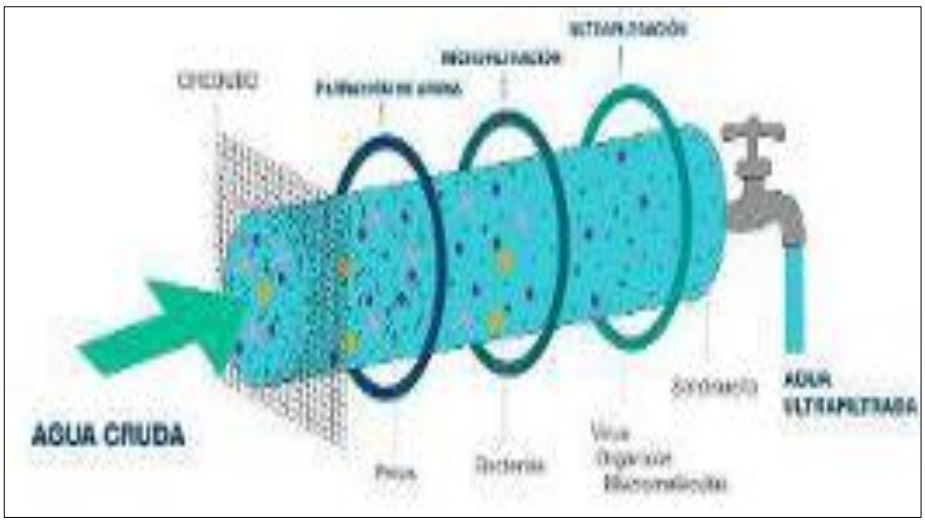


Figura 22-4. Esquema, ultrafiltración
Fuente: (Rossi, 2017)

Tabla 28-4
Ventajas y desventajas de la membrana ultrafiltración

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Agua tratada con alta pureza. • Estabilidad y calidad del permeado estable con independencia de picos de carga. • Efluente desinfectado tras atravesar la membrana de ultrafiltración. • Compactibilidad debido al mínimo requerimiento de espacio. • Requiere mantenimiento mínimo debido a que sus sistemas de funcionamiento son automatizados. • Genera un ahorro de energía debido a que opera a bajas presiones.	• Genera entre un 30% y 60% de rechazo, según el agua tratada que debe disponerse o tratarse. • Las membranas de ultrafiltración son más cerradas, que las utilizadas en el proceso de micro filtración. • Poca eficiencia para el tratamiento de aguas con altos contenidos de elementos. • Disminución lenta del flux de filtración con el tiempo. • Polarización de la concentración.

• Ofrece control en la contaminación, originando una "esterilización del frio como consecuencia del corte del peso molecular nominal de membrana. • Requiere pocos trabajos manuales como también posee costes de operación aceptable. • No hay cambios en el agua al ser procesada debido a que no es un proceso térmico.	

Fuente: (Romero y Soares, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

En la siguiente tabla podemos identificar en las filas los parámetros más relevantes para el proceso de filtración que fueron establecidos como: tamaño de grava, funcionamiento, mantenimiento, ventaja, desventaja, tiempo útil y costo, mientras que, en las columnas se detallan las tres alternativas como son: filtración lenta de arena, filtración gruesa y membranas de ultrafiltración, las cuales fueron propuestas para el modelo de la planta de tratamiento de agua potable, los mismo que ayudarán para seleccionar la alternativa viable para dicho proceso.

Tabla 29-4
Comparación de los criterios de los tres tipos de filtración para la selección de la mejor alternativa para el tratamiento de agua potable

Alternativas	**Filtración lenta de arena**	**Filtración gruesa**	**Membrana de Ultrafiltración**
Criterios	**Condición**	**Condición**	**Condición**
Tamaño de grava	La arena del lecho filtrante debe reunir ciertos requisitos de tamaño y distribución en donde el manto poroso de arena del medio filtrante el rango va de 0.15-0.30 mm (Torres y Villanueva, 2014).	El lecho filtrante de este proceso es generalmente grava de 0.5-1 mm (Ordóñez y Pesantez, 2017).	El poro de la membrana se encuentra en un rango de 0,01-0.1 um (Romero y Soares, 2014).
Funcionamiento	Hace referencia al tipo de flujo que se encuentra dentro de la PTAP por lo tanto es de ciclo lento (bajas velocidades) (Torres y Villanueva, 2014).	Se trata de un tipo de flujo que se encuentra dentro de la PTAP, es decir, de ciclo continuo (altas velocidades). (Ordóñez y Pesantez, 2017).	Se refiere a un tipo de flujo que fluye por la membrana es de ciclo lento (bajas velocidad) (Rossi, 2017)

Mantenimiento	Se tiene que hacerle mantenimiento al filtro cuando se colmata, o rastrillando con una pala la superficie del lecho filtrante, periódicamente, pero con poca frecuencia, es necesario agregar más arena al lecho filtrante para reemplazar la que se pierde en las lavadas. (cambio) (Torres y Villanueva, 2014)	Periódicamente es preciso remover el medio filtrante de los sólidos retenidos en la superficie del material granular del filtro. (lavado a presión) (Ordóñez y Pesantez, 2017).	Las membranas de ultrafiltración pueden necesitar retrolavarse con más frecuencia, en el caso de tratar aguas muy turbias ya que los poros son más finos. (cambio) (Rossi, 2017)
Ventaja	Elimina partículas pequeñas y materia orgánica (sólidos y patógenos) (Romero y Soares, 2014).	Separa y elimina partículas de mayor tamaño (turbiedad) (Romero y Soares, 2014).	Elimina todas las partículas y materia orgánica (patógenos e incluso virus) (Romero y Soares, 2014).
Desventaja	Si no se da un correcto y constante mantenimiento los filtros se taponan con facilidad (Torres y Villanueva, 2014).	No retienen sólidos muy pequeños en el momento de la filtración (Romero y Soares, 2014).	Sensible a los productos químicos oxidativos y se pueden producir daños al tratar de evitar partículas duras y afiladas (Romero y Soares, 2014).
Tiempo útil	La vida útil del filtro es aproximada de 10 años (Carcausto, 2017).	La vida útil del filtro es aproximada de 12 años (Elizalde, 2015).	La vida útil del filtro es aproximada de 2 años (Rossi, 2017).
Consumo de energía	En este tipo de filtración no utiliza energía en la operación ni en el mantenimiento (Romero y Soares, 2014).	No utiliza energía en la operación ni en el mantenimiento (Romero y Soares, 2014).	Utiliza energía mediante la presión hidrostática para forzar el agua a través de una membrana y para el mantenimiento es muy necesario la utilización de bombas ya sea manual o mecánica (Romero y Soares, 2014).
Costo	Costo económico accesible para el mantenimiento, en comparación con la ultrafiltración (Carcausto, 2017).	Costo económico accesible para el mantenimiento, en comparación con la filtración lenta de arena (Elizalde, 2015).	Costo muy elevado de la tecnología y su mantenimiento es frecuente, además de su escasa venta del producto en el mercado (Rossi, 2017).

Fuente: (Torres y Villanueva, 2014), (Romero y Soares, 2014), (Elizalde, 2015), (Ordóñez y Pesantez, 2017), (Rossi, 2017).
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Para seleccionar la alternativa más eficiente entre los tres tipos de filtración, se analiza cada uno de los criterios de la (Tabla 26-4), cuantitativamente se comparan opciones entre sí y se escoge la opción más viable para el proceso, utilizando los datos de evaluación que son los siguientes: más uno (+1) como la condición más favorable; cero (0) condición intermedia; menos uno (-1) condición menos favorable o más negativa, y así sucesivamente hasta completar la matriz.

Tabla 30-4
Evaluación de las alternativas para el proceso de filtración de la PTAP

Alternativas / Criterios	Filtración lenta de arena	Filtración gruesa	Membrana de Ultrafiltración
	Condición	Condición	Condición
Tamaño de grava	1	0	1
Funcionamiento	0	1	0
Mantenimiento	0	1	-1
Ventaja	1	-1	1
Desventaja	-1	-1	-1
Tiempo útil	1	1	-1
Consumo de energía	1	1	0
Costo	1	1	-1

Fuente: (Romero y Soares, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Una vez realizada la evaluación de los criterios y las alternativas se procede a efectuar la operación de la suma de las columnas tanto positivos y negativo de los tres tipos de filtración: para la filtración lenta de arena la sumatoria general es de cuatro (4), seguido de la filtración gruesa con una valor de tres (3) y finalmente la membrana de ultrafiltración con un valor de menos dos (-2), con estos resultados de la sumatoria general se determina que la mejor alternativa es el filtro lento de arena porque comúnmente es muy utilizado para el tratamiento de agua potable para comunidades pequeñas.

Tabla 31-4
Resultados de la alternativa para el proceso de filtración de la PTAP

Alternativas / Sumatoria de criterios	Filtración lenta de arena	Filtración gruesa	Membrana de ultrafiltración
Suma de positivos	5	5	2
Suma de negativos	-1	-2	-4
Suma general	4	3	-2

Fuente: (Romero y Soares, 2014)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.3 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua potable para la población de la parroquia Tálag

Para el dimensionamiento de la planta de tratamientos de aguas potable se tomaron los siguientes parámetros de partida: dotación, población, período de diseño de vida útil de la planta y tasa de crecimiento, las cuales se indican de la siguiente tabla:

Tabla 32-4

Valores de partida para el dimensionamiento

Parámetros de Partida		
Población 2021	2174	(hab)
Dotación	200	(L/hab*día)
Período de diseño de vida útil	20	(años)
Tasa de crecimiento	1.39	(%)

Fuente: (Fonseca J. , 2015)**,** (Secretaría del Agua, 2012)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.3.1 Estimación de las poblaciones

4.3.1.1 Estimación de población futura para el año 2041 (Pf).

Po = 2174 (*hab).*

r = 1.39 *%* = 0.0139

n = (2041 – 2021) = 20 *(años).*

$$\boldsymbol{Pf} = (Po * (1 + r)^n)$$

$$\boldsymbol{Pf} = (2174\ hab * (1 + 0.0139)^{20})$$

$$\boldsymbol{Pf} = 2865\ habitantes\ para\ el\ año\ 2041$$

La población del margen izquierdo de la parroquia Tálag para el año 2021 mediante el método geométrico es de 2174 habitantes. El período de diseño de la planta es de 20 años, por consiguiente, el dimensionamiento se realizó como referencia a una población del margen izquierdo de la parroquia Tálag para el año 2041, siendo de 2865 habitantes.

4.3.2 Estimación de caudales

- Caudal medio diario

Pf = 2865 (*hab).*

D = *2000 (L/hab*día)*

f = 1.2

$$\boldsymbol{Qmd} = f * \frac{pf * D}{86400}$$

$$\boldsymbol{Qmd} = 1.2 * \frac{2865\ hab * 200\ (\frac{L}{hab * día})}{86400}$$

$$\boldsymbol{Qmd} = 7.96\frac{L}{s}$$

- Caudal máximo diario

***KMD* =** 1.25

***Qmd* =** *7.96 (L/s)*

$$\boldsymbol{QMD} = KMD * Qmd$$

$$\boldsymbol{QMD} = 1.25 * 7.96\ \frac{L}{s}$$

$$\boldsymbol{QMD} = 9.95\frac{L}{s}$$

- Caudal máximo horario

***KMD* =** 3

***Qmd* =** *7.96 (L/s)*

$$\boldsymbol{QMH} = KMH * Qmd$$

$$\boldsymbol{QMH} = 3 * 7.96\ \frac{L}{s}$$

$$\boldsymbol{QMH} = 23.88\frac{L}{s}$$

- Caudal de captación

***Qmd* =** *7.96 (L/s)*

$$\boldsymbol{Q\ cap} = Qmd + 20\%$$

$$\boldsymbol{Qcond} = 7.96\frac{L}{s} + (7.96\ \frac{L}{s} * 0.2)$$

$$\boldsymbol{Q\ cap} = 9.55\frac{L}{s}$$

- Caudal de conducción

***Qmd* =** *7.96 (L/s)*

$$\boldsymbol{Q\ cond} = Qmd + 10\%$$

$$\boldsymbol{Q\ cond} = 7.96\frac{L}{s} + (7.96\ \frac{L}{s} * 0.1)$$

$$\boldsymbol{Q\ cond} = 8.76\frac{L}{s}$$

- Caudal de planta de tratamiento

***Qmd** = 7.96 (L/s)*

$$\boldsymbol{Q\ ptra} = Qmd + 10\%$$

$$\boldsymbol{Q\ ptra} = 7.96\frac{L}{s} + (7.96\ \frac{L}{s} * 0.1)$$

$$\boldsymbol{Q\ ptra} = 8.76\frac{L}{s}$$

- Caudal de red de distribución

***QMH** =* 23.88 *(L/s)*

$$\boldsymbol{Q\ red\ dis} = QMH$$

$$\boldsymbol{Q\ red\ dis} = 23.88\ \text{L/s}$$

4.3.3 Estimación de la obra de captación y rejillas

Para el dimensionamiento de la captación y rejillas se necesita conocer los siguientes datos de partida:

Tabla 33-4

Datos para el dimensionamiento de la captación y rejillas

Datos iniciales				
Condiciones de diseño	Valor	Unidad	Conversión	Útiles
Longitud de la cresta del vertedero	0.20	m	-	-
Altura de la lámina del vertedero	0.40	m	-	-
Porcentaje de la superficie que queda obstruida por la arena y grava	15	%	0.15	-
Espacio entre barrote	0.02	m	2	cm
Espesor del barrote	20	mm	0.02	m
Altura de los barrotes	20	cm	200	mm
Inclinación de las rejillas	20	°	-	-

Fuente: (Fonseca J. , 2015)**,** (Secretaría del Agua, 2012)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

- Caudal de captación

***L** =* 0.4 *(m)*

***H** =* 0.20 *(m)*

$$\boldsymbol{Q\ cap} = 1.84 * L * H^{\frac{3}{2}}$$

$$\boldsymbol{Q\ cap} = 1.84 * 0.4\ m * (0.20)^{\frac{3}{2}}$$

$$\boldsymbol{Q\ cap} = 0.056 \frac{m^3}{s} \rightarrow 56000\ L/s$$

- Caudal captado por la rejilla

b = 0.027 *(m)*

L = 0.4 *(m)*

C = 0.52

k = 0.43

$$\boldsymbol{Qcap\ por\ la\ rejilla}\ = 3.20 * (Ck)^{\frac{3}{2}} * b * (L)^{\frac{3}{2}}$$

$$\boldsymbol{Qcap\ por\ la\ rejilla}\ = 3.20 * (0.52 * 0.43)^{\frac{3}{2}} * 0.027 * (0.4)^{\frac{3}{2}}$$

$$\boldsymbol{Qcap\ por\ la\ rejilla}\ = 0.0023 \frac{m^3}{s} \rightarrow 2.3\ L/s$$

- Coeficiente de k

f = 15% → 0.15

s = 0.02 *(m)*

t = 0.02 *(m)*

$$\boldsymbol{k}\ = (1 - f) * \frac{s}{s + t}$$

$$\boldsymbol{k}\ = (1 - 0.15) * \frac{0.02\ m}{0.02\ m + 0.02\ m}$$

$$\boldsymbol{k}\ = 0.43\ adimensional$$

- Inclinación de las rejillas

∞ = 20 *(º)*

$$\boldsymbol{i}\ = \tan(\infty)$$

$$\boldsymbol{i}\ = \tan(20°)$$

$$\boldsymbol{i}\ = 0.32\ °$$

- Coeficiente de contracción

Co = 0.6 para e/s ≥ 4 → 200mm/20mm→10 ≥ 4

e = 200 *(mm)*

s= 20 *(mm)*

i = 0.32°

$$\boldsymbol{C}\ = Co - 0.25\ i$$

$$\boldsymbol{C} = 0.6 - 0.25 * (0.32°)$$

$$\boldsymbol{C} = 0.52$$

- Ancho de la rejilla

Q cap = 0.056 *(m³/s)*

C = 0.52

k = 0.43

L = 0.4 *(m)*

$$\boldsymbol{b} = \frac{0.313 * Q\ cap}{(CK)^{\frac{3}{2}} * L^{\frac{3}{2}}}$$

$$\boldsymbol{b} = \frac{0.313 * 0.056\ m^3/\mathrm{s}}{(0.52 * 0.43)^{\frac{3}{2}} * (0.4m)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\boldsymbol{b} = 0.027\ m$$

- Relación del caudal de diseño con la altura de la cresta a los lados de la rejilla

C = 0.52

k = 0.43

b = 0.027 *(m)*

L = 0.4 *(m)*

Ho = 0.20 *(m)*

$$\boldsymbol{Q} = 2{,}55 * C * k * b * L * \sqrt{Ho}$$

$$\boldsymbol{Q} = 2.55 * 0.52 * 0.43 * 0.027\ m * 0.4\ m * \sqrt{0.20\ m}$$

$$\boldsymbol{Q} = 0.0028\ m^3/s \rightarrow 2.8\ L/s$$

Tabla 34-4

Resumen de los cálculos de la captación y rejillas

N	Resultado de cálculo	Valor
1	Caudal de captación [m³/s]	0.056
2	Caudal captado por la rejilla [m³/s]	0.0023
3	Coeficiente de [k]	0.43
4	Inclinación de las rejillas [°]	0.32
5	Coeficiente de contracción	0.52
6	Ancho de la rejilla [m]	0.027
7	Relación del caudal de diseño con la altura de la cresta a los lados de la rejilla [m³/s]	0.028

Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.3.4 Estimación del desarenador

Para el dimensionamiento del desarenador se necesita conocer los siguientes datos de partida:

Tabla 35-4

Datos para el dimensionamiento del desarenador

Datos iniciales				
Condiciones de diseño	Valor	Unidad	Conversión	Útiles
Caudal de diseño	8.76	L/s	0.0088	m^3/s
Diámetro de arena	0.1	mm	0.01	cm
Grado de desarenador	n = 1	-	-	-
Gravedad	9.81	m/s^2	981	cm/s^2
Densidad de la arena	2.65	g/cm^3	-	-
Densidad del agua	998.86	kg/m^3	0.99886	g/m^3
Porcentaje de remoción	75 % = 3	-	-	-
Profundidad	3	m	-	-
Relación longitud/ anchura	2	m	-	-
Temperatura	17	° C	-	-
Viscosidad cinemática	1.071 x 10^{-6}	m^2/s	0.01071	cm^2/s

Fuente: (Fonseca J. , 2015)**,** (Secretaría del Agua, 2012)**,** (Castro, Olivares, y Rozo, 2019)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

- Velocidad de sedimentación

$\boldsymbol{g}$ = 981 *(cm/s²)*

$\boldsymbol{\rho s}$ = 2.65 *(g/cm³)*

$\boldsymbol{\rho}$ = 0.99886 *(g/ cm³)*

$\boldsymbol{\mu}$ = 0.01071 *(cm²/s)*

$\boldsymbol{d}$ = 0.01*(cm)*

$$\boldsymbol{Vs} = \frac{g}{18} * \frac{(\rho s - \rho)}{\mu} * d^2$$

$$\boldsymbol{Vs} = \frac{981\ \text{cm}/s^2}{18} * \frac{(2.65\ \text{g}/cm^3 - 0.99886\ \text{g}/cm^3)}{0.01071\ cm^2/s} * (0.01\text{cm})^2$$

$$\boldsymbol{Vs} = 0.84 \frac{cm}{s} \rightarrow 0.0084\ m/s$$

- Longitud de la zona de sedimentación

$\boldsymbol{H}$ = 3 *(m)*

$\boldsymbol{Vh}$ = 0.001176 *(m/s)*

$\boldsymbol{Vs}$ = 0.0084 *(m/s)*

$$\boldsymbol{L\ zona\ de\ sed} = \frac{1{,}25 * H * Vh}{Vs}$$

$$\boldsymbol{L\ zona\ de\ sed} = \frac{1.25 * 3\ m * 0.001176\ m/s}{0.0084\ m/s}$$

$$\boldsymbol{L\ zona\ de\ sed} = 0.53\ m$$

- Tiempo de sedimentación

H = 3*(m)*

Vs = 0.0084 *(m/s)*

$$\boldsymbol{t} = \frac{H}{Vs}$$

$$\boldsymbol{t} = \frac{3\ m}{0.0084\ m/s}$$

$$\boldsymbol{t} = 357.14\ s \rightarrow 5.95\ min$$

- Retención hidráulica

% remoción = 75% → 3

t = 357.14 *(s)*

$$\boldsymbol{\theta} = porcentaje\ de\ remoción * t$$

$$\boldsymbol{\theta} = 3 * 357.14\ s$$

$$\boldsymbol{\theta} = 1071.42\ s \rightarrow 0.29\ hora$$

- Volumen del tanque

θ = 1027.42 *(s)*

Q dis = 0.0088 *(m^3/s)*

$$\boldsymbol{V} = \theta * Q\ dis$$

$$\boldsymbol{V} = 1027.42\ s * 0.0088\ m^3/s$$

$$\boldsymbol{V} = 9.43\ m^3$$

- Área disponible superficial

V = 9.43 *(m^3)*

H = 3 *(m)*

$$\boldsymbol{As} = \frac{V}{H}$$

$$\boldsymbol{As} = \frac{9.43\ m^3}{3\ m}$$

$$\boldsymbol{As} = 3.14\ m^2$$

- Relación longitud/anchura L/B = 10:20

➢ Ancho

As = 3.14 *(m^2)*

l/B = 2 *(m)*

$$\boldsymbol{B} = \sqrt{\frac{As}{Relación\ longitud/anchura}}$$

$$\boldsymbol{B} = \sqrt{\frac{3.14\ m^2}{2\ m}}$$

$$\boldsymbol{B} = 1.26\ m$$

➢ Largo

$\boldsymbol{L/B}$ = 0.5 *(m)*

B = 2.51 *(m)*

$$\boldsymbol{L} = Relación \frac{longitud}{anchura} * B$$

$$\boldsymbol{L} = 0.5\ m * 1.26\ m$$

$$\boldsymbol{L} = 2.52\ m$$

- Carga hidráulica superficial

Qdiseño = 0.008 *(m^3/s)*

As = 3.14 *(m^2)*

$$\boldsymbol{q} = \frac{Q\ diseño}{As}$$

$$\boldsymbol{q} = \frac{0.008\ m^3/s}{3.14\ m^2}$$

$$\boldsymbol{q} = 0.0028 \frac{m}{s} \rightarrow 241.92 m/día$$

- Velocidad de sedimentación teórica

q = 0.0028 *(m/s)*

$$\boldsymbol{Vo} = q$$

$$\boldsymbol{Vo} = 0.0028 \frac{m}{s} \rightarrow 0.28 cm/s$$

- Diámetro menor

$\boldsymbol{Vo}$ = 0.28 *(cm/s)*

$\boldsymbol{\mu}$ = 0.01071 *(cm^2/s)*

$\boldsymbol{g}$ = 981 *(cm/s)*

$\boldsymbol{\rho s}$ = 2.65 *(g/cm^3)*

$\boldsymbol{\rho}$ = 0.99886 *(g/cm^3)*

$$\boldsymbol{do} = \sqrt{\frac{Vo * 18 * \mu}{g * (\rho s - \rho)}}$$

$$\boldsymbol{do} = \sqrt{\frac{0.28\ cm/s * 18 * 0.01071\ cm^2/s}{0.99886\ \ g/cm^3 * (2.65\ g/cm^3 - 0.99886\ \ g/cm^3)}}$$

$$\boldsymbol{do} = 0.0058\ cm \rightarrow 0.058\ mm$$

❖ Velocidades

- Velocidad horizontal

$\boldsymbol{Vo}$ = 0.0028 *(m/s)*

$\boldsymbol{L}$ = 1.26 *(m)*

$\boldsymbol{H}$ = 3 *(m)*

$$\boldsymbol{Vh} = \frac{Q}{BH} = \frac{Vo * L}{H}$$

$$\boldsymbol{Vh} = \frac{0.0028\ m/s - * 2.526\ m}{3\ m}$$

$$\boldsymbol{Vh} = \ 0.0024\ m/s$$

- Velocidad de arrastre

$\boldsymbol{\rho s}$ = 2650 *(kg/m^3)*

$\boldsymbol{\rho}$ = 998.86 *(kg/m^3)*

$\boldsymbol{d}$ = 0.0001 *(m)*

$$\boldsymbol{Va} = \ 125 * \sqrt{(\rho s - \rho) * d}$$

$$\boldsymbol{Va} = \ \boldsymbol{125} * \sqrt{(2650\ kg/m^3 - \ 998.86\ kg/m^3) * 0.0001\ m}$$

$$\boldsymbol{Va} = \ 50.79\ m/s$$

- Velocidad horizontal máxima

$\boldsymbol{Vs}$ = 0.0084 *(m/s)*

$$\boldsymbol{Vhmax} = \ 20 * Vs$$

$$\boldsymbol{Vhmax} = 20 * 0.0084\ m/s$$

$$\boldsymbol{Vhmax} = 0.168\ m/s$$

- Velocidad de resuspensión máxima

k = 0.04

f = 0.03 factor de Darcy – Weisbach

g = 981 *(cm/s²)*

ρs = 2.65 *(g/cm³)*

ρ = 0.99886 *(g/cm³)*

d = 0.01 *(cm)*

$$\boldsymbol{Vr} = \sqrt{\frac{8 * k}{f} * g * (\rho s - \rho) * d}$$

$$\boldsymbol{Vr} = \sqrt{\frac{8 * 0.04}{0.03} * 981\ cm/s^2 * (2.65\ g/cm^3 - 0.99886\ \ g/cm^3) * 0.01cm}$$

$$\boldsymbol{Vr} = 13{,}14\frac{cm}{s} \rightarrow 0.1314 m/s$$

$$Vh < Vr$$

$$0.0024\frac{m}{s} < 0.1314\ m/s$$

- Altura del vertedero

Q dis = 0.0088 *(m³/s)*

B = 2.51 *(m)*

$$\boldsymbol{Hv} = (\frac{\text{Qdiseño}}{1{,}84 * B})^{\frac{2}{3}}$$

$$\boldsymbol{Hv} = (\frac{0.0088\ m^3/s}{1.84 * 2.51\ m})^{\frac{2}{3}}$$

$$\boldsymbol{Hv} = 0.015\ m$$

- Velocidad de salida del vertedero

Q dis= 0.0088 *(m³/s)*

B = 2.51 *(m)*

Hv = 0.015 *(m)*

$$\boldsymbol{Vv} = \frac{Q\ dise\tilde{n}o}{B * Hv}$$

$$\boldsymbol{Vv} = \frac{0.0088\ m^3/s}{2.51\ m *\ 0.015\ m}$$

$$\boldsymbol{Vv} = 0.233\ m/s$$

- ❖ Pantalla de salida
- Profundidad

H = 3 *(m)*

$$\boldsymbol{Hs} = \frac{H}{2}$$

$$\boldsymbol{Hs} = \frac{3\ m}{2}$$

$$\boldsymbol{Hs} = 1.5\ m$$

- Distancia al verteder a la salida

Hv = 0.015 *(m)*

$$\boldsymbol{Dvs} = 15 * Hv$$

$$\boldsymbol{Dvs} = 15 * 0.015$$

$$\boldsymbol{Dvs} = 0.225\ m$$

- ❖ Pantalla de entrada
- Profundidad

H = 3 *(m)*

$$\boldsymbol{He} = \frac{H}{2}$$

$$\boldsymbol{He} = \frac{3m}{2}$$

$$\boldsymbol{He} = 1.5\ m$$

- Distancia de la cámara de aquietamiento

L = 1.26 *(m)*

$$\boldsymbol{Dca} = \frac{L}{4}$$

$$\boldsymbol{Dca} = \frac{1.26\ m}{4}$$

$$\boldsymbol{Dca} = 0.315\ m$$

Tabla 36-4

Resumen de los cálculos del desarenador

N	Resultado de cálculo	Valor
1	Velocidad de sedimentación [m/s]	0.0084
2	Longitud de la zona de sedimentación [m]	0.53
3	Tiempo de sedimentación [s]	357.14
4	Retención hidráulica [s]	1071.42
5	Volumen del tanque [m^3]	9.43
6	Área disponible superficial [m^2]	3.14
7	Ancho [m]	1.26
8	Largo [m]	2.52
9	Carga hidráulica superficial [m/s]	0.0028
10	Velocidad de sedimentación teórica [m/s]	0.0028
11	Diámetro menor [cm]	0.0058
12	Velocidad horizontal [m/s]	0.0024
13	Velocidad del arrastre [m/s]	50.79
14	Velocidad horizontal máxima [m/s]	0.168
15	Velocidad de resuspensión máxima [cm/s]	13.14
16	Altura del vertedero [m]	0.015
17	Velocidad de salida del vertedero [m/s]	0.233
18	Profundidad de salida m	1.5
19	Distancia al vertedero a la salida [m/s]	0.225
20	Profundidad de entrada [m]	1.5
21	Distancia de la cámara de aquietamiento [m]	0.315

Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.3.5 Estimación de la conducción

Para el dimensionamiento del desarenar se necesita conocer los siguientes datos de partida:

Tabla 37-4

Datos para el dimensionamiento de la conducción

Datos iniciales				
Condiciones de diseño	Valor	Unidad	Conversión	Útiles
Caudal de diseño o captación	8.76	L/s	0.0088	m^3/s
Velocidad de flujo	0.65	m/s	-	-
Tipo de tubería PVC	-	-	-	-
Rugosidad absoluta	0.0015	mm	-	-

Longitud de la tubería	2000	m	-	-
Diámetro de la tubería	90	mm	0.09	m
Viscosidad cinemática	1.071 x 10-6	m^2/s	0.01071	cm^2/s
Gravedad	9.81	m/s^2	981	cm/s^2

Fuente: (Fonseca J. , 2015)**,** (Secretaría del Agua, 2012)**,** (Gavilanes, 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

- Pérdida por carga o fricción

$\boldsymbol{f}$ = 0.021 *(adimensional)*

$\boldsymbol{L}$ = 2000 *(m)*

$\boldsymbol{V}$ = 0.6 *(m/s)*

$\boldsymbol{D}$ = 0.09 *(m)*

$\boldsymbol{g}$ = 9.81 (m/s^2)

$$\boldsymbol{hf} = f * \frac{L * V^2}{D2g}$$

$$\boldsymbol{hf} = 0.021 * \frac{2000\ m * (0.6\frac{m}{s})^2}{0.09\ m * 2 * 9.81\ m/s^2}$$

$$\boldsymbol{hf} = 14.29\ m$$

- Número de Reynolds

$\boldsymbol{V}$ = 0.6 *(m/s)*

$\boldsymbol{D}$ = 0.09 *(m)*

$\boldsymbol{\mu}$ = 1.071 x 10-6 (m^2/s)

$$\boldsymbol{Re} = \frac{V * D}{\mu}$$

$$\boldsymbol{Re} = \frac{0.6\ m/s * 0.09\ m}{1.071 \text{ x } 10 - 6\ m^2/s}$$

$$\boldsymbol{Re} = 54627.84$$

Régimen turbulento →Re > 2300

- Rugosidad relativa

$\boldsymbol{\varepsilon}$ = 0.0015 *(mm) (Tubería de PVC)*

$\boldsymbol{D}$ = 90 *(mm)*

$$\boldsymbol{k} = \frac{\varepsilon}{D}$$

$$\boldsymbol{k} = \frac{0.0015\ m}{90\ mm}$$

$$\boldsymbol{k} = 0.000017$$

- Diagrama de Moody

$\boldsymbol{f}$ = 0.021

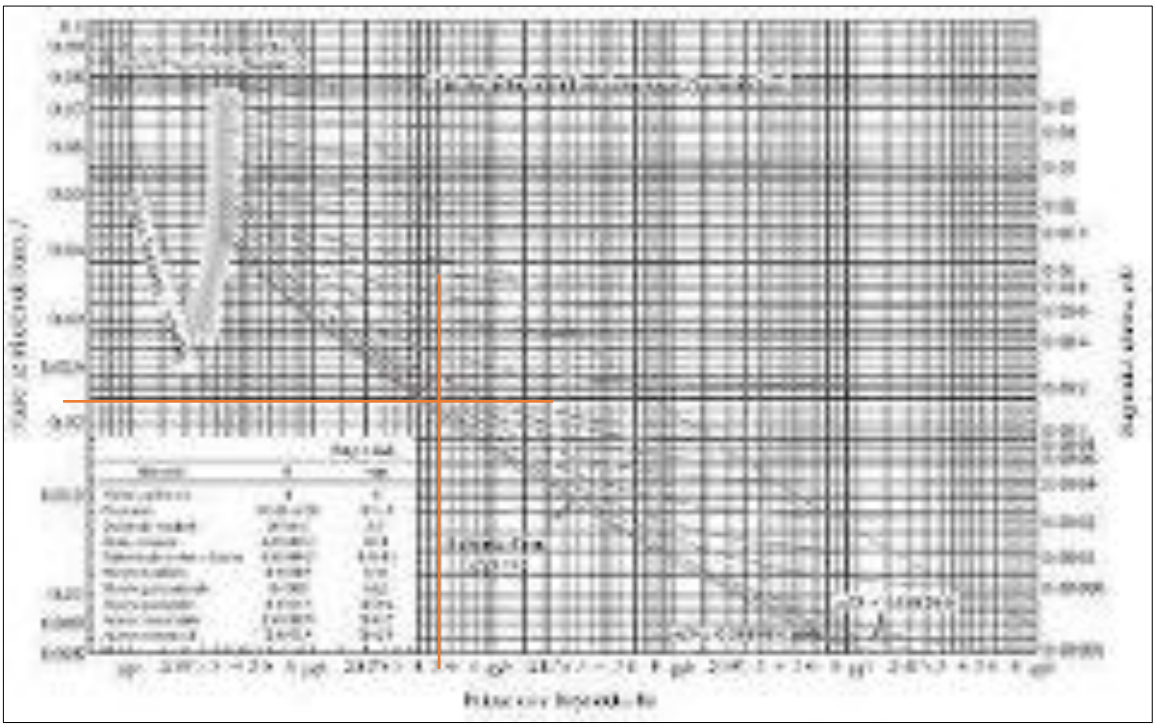


Figura 23-4. Gráfico del diagrama de Moody
Fuente: (Cengel y Cimbala, 2006)

- Pérdidas menores

$\boldsymbol{K}$ = 2.9

$\boldsymbol{V}$ = 0.65 *(m/s)*

$\boldsymbol{g}$ = 9.8 *(m/s^2)*

$$\boldsymbol{hm} = k * \frac{V^2}{2g}$$

$$\boldsymbol{hm} = 28.2 * \frac{(0.65)^2}{2 * 9.8\ m/s^2}$$

$$\boldsymbol{hm} = 0.61\ m$$

Tabla 38-4

Coeficiente K para pérdidas menores en accesorios

Accesorios	K	Número de accesorios	Total
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2	1	0.2
Codo de 45 °	0.4	4	1.6
Unión simple	0.08	330	26.4
			28.2

Fuente: (Fonseca J. , 2015)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

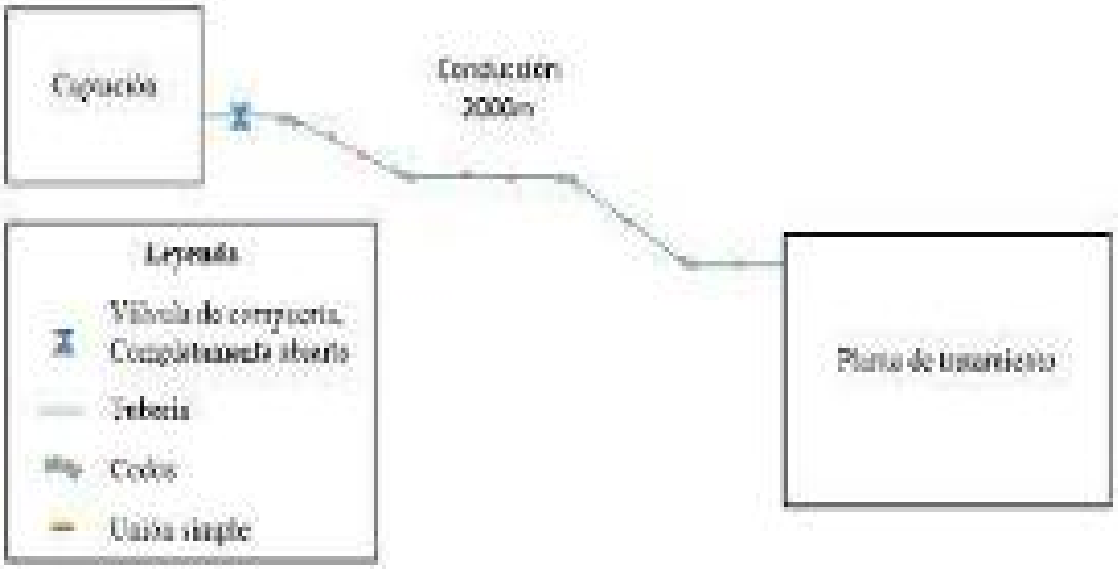


Figura 24-4. Esquema de las pérdidas menores en la tubería de conducción
Realizado: Grefa Clinton, Grefa Marasca

Tabla 39-4

Resultados del cálculo de la conducción

N	Resultado de cálculo	Valor
1	Pérdida por carga o fricción [m]	14.29
2	Número de Reynols	54627
3	Rugosidad relativa	0.000017
4	Factor de fricción	0.021
5	Pérdidas menores [m]	0.61

Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.3.6 Estimación coagulación-floculación

Este proceso es muy importante dentro de un sistema de tratamiento de agua potable ya que permite constituir coágulos por agitación rápida y por medio de la formación de flóculos por agitación lenta se sedimentan los sólidos suspendidos. Este proceso no se tomará en cuenta en la propuesta, debido a que según del análisis del agua de los

parámetros de físicos químicos y microbiológicos, realizados por el GAD Municipal de Tena, los parámetros de turbiedad cumplen con la normativa del Anexo 1 Libro IV del TULSMA e INEN 1108 del 2,014 y por tal razón este proceso no es necesario implementarlo. (Fonseca A. , 2018).

4.3.7 Estimación de la filtración lenta de arena

Para realizar el cálculo de la filtración lenta de arena se necesita los siguientes parámetros de partida:

Tabla 40-4

Datos para el dimensionamiento para la filtración lenta de arena

Datos iniciales				
Condiciones de diseño	Valor	Unidad	Conversión	Útiles
Caudal diseño	8.76	L/s	0.0088	m/s
Lecho filtrante	1	m	-	-
Velocidad de filtración	0.2	m/h	0.000056	m/s
Número de unidades	2	-	-	-
Coeficiente de uniformidad	2	-	-	-
Porcentaje de trabajo de cada unidad	65	%	-	-
Capa de agua sobrenatante	1.25	m	-	-
Borde libre de caja de filtro	0.25	m	-	-
Sistemas de drenaje: Tubos Perforados	-	-	-	-
Velocidad del líquido	0.3	m	-	-
Espacios entre laterales	1.5	m	-	-
Diámetro del orificio que entran del caudal	3	mm	0.003	m
Espaciamiento entre orificios laterales	0.15	m	-	-
Cámara de entrada	-	-	-	-
Tiempo	120	s	-	-
Ancho	0.50	m	-	-
Largo	1	m	-	-
Profundidad vertedero asumido	25	cm	-	-

Fuente: (Fonseca J. , 2015)**,** (Secretaría del Agua, 2012)**,** (Pulido y Carrillo, 2016)
Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

- ❖ Diseño para la estructura de entrada
- Volumen de la cámara o cajón de recolector

Qdiseño = 0.0088 *(m^3/s)*

t = 120 *(s)*

$$\boldsymbol{Vr} = Q\ dise\tilde{n}o * t$$

$$\boldsymbol{Vr} = 0.0088\ m^3/s * 120\ s$$

Tabla 44-4

Resultados del cálculo de la desinfección

N	Resultados de cálculo	Valor
1	**Dosificación**	-
2	Cantidad de hipoclorito de calcio [kg/día]	0.76
3	Porcentaje de cloro [g/día]	1085.71
4	**Tanque de cloración**	-
5	Caudal diseño por línea [m^3/h]	15.77
6	Caudal máximo línea [m^3/h]	17.91
7	Consumo medio de cloro [kg/día]	0.76
8	Consumo punta de cloro [kg/h]	0.04
9	Volumen unitario útil [m^3]	5.97
10	Volumen total útil [m^3]	11.94
11	Superficie unitaria [m^2]	7.02
12	Longitud [m]	2.65
13	Ancho [m]	2.65

Realizado por: Grefa Clinton, Grefa Marasca

4.4 Conclusiones

- Se concluye que la población de la parroquia Tálag según la proyección realizada para la planta de tratamiento de agua potable mediante el método geométrico para el año 2041 tendrá un total de 2865 habitantes.

- Con respecto al análisis físico, químico y microbiológico del agua del río Tálag en cuánto al agua cruda se determinó que el parámetro del color, turbiedad, potencial de hidrógeno y coliformes fecales cumplen los límites máximos permitidos en la normativa del AM 097, Anexo 1, Libro VI, TULSMA mientras que los parámetros color, turbiedad, potencial de hidrógeno cumplen con la normativa INEN 1108: 2014 y el parámetro de coliformes fecales no cumple. De igual manera se concluye que en el caso del agua previamente tratada los parámetros como color, turbiedad, potencial de hidrógeno y coliformes fecales si cumplen con los límites máximo permitido con la normativa del AM 097, Anexo 1, Libro VI, TULSMA, mientras que, los parámetros de turbiedad, potencial de hidrógeno cumplen con la normativa INEN 1108: 2014 y los parámetros de color, cloro residual y coliformes fecales no cumplen, cabe recalcar que el agua potable de debe estar exentos de microorganismos patógenos el mismo que debe cumplir con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente.

- Se concluye que, en base a toda la investigación realizada para elegir la mejor alternativa para el proceso de filtración, en la cual se detalló criterios prioritarios se determinó cualitativamente que el mejor proceso físico de separación sólido líquido es la filtración lenta de arena ya que es un proceso eficiente, de bajo costo, utilizado frecuentemente para tratamiento de agua potable para comunidades pequeñas.

- En base a todo el análisis bibliográfico se concluyó que los procesos para la potabilización de agua para la parroquia Tálag serán: captación, rejillas, desarenador, conducción, filtración lenta de arena y cloración.

La captación y rejillas tendrán las siguientes dimensiones: la longitud de la cresta del vertedero será de 0.4 m, la altura de la lámina del vertedero es de 0.20 m, el ancho de la rejilla es de 0.027 m, la altura del barrote será de 0.02 m, el espesor del barrote es de 0.02 m, los espacios entre barrotes son de 0.02 m, la inclinación de los barrotes es de 20°.

El desarenador en cambio tendrá las siguientes dimensiones: la velocidad de sedimentación es de 0.0084 m/s, la longitud de la zona de sedimentación será de 0.53 m, el volumen del tanque es 9.4 m^3, el área disponible para superficie es de 3.14 m^2, el ancho es de 1.26 m, el largo es 2.51 m, la altura del vertedero será de 0.015 m, la profundidad de entrada y salida es de 1.5 m.

La conducción tendrá las siguientes características: la tubería a instalar será de PVC con una longitud de 2000 m, el diámetro de la tubería es de 90 mm.

La filtración lenta de arena tendrá las siguientes dimensiones: el volumen de la cámara es de 2.056 m^3, la profundidad de la cámara es de 2.11 m, el ancho de la lámina de agua del vertedero es de 22 cm, el área de filtración será de 157.14 m^2, el número de filtros a utilizar será 2, la longitud de la pared es de 12.54 m, el ancho de la unidad será de 7.68 m, la altura total de la unidad de filtración es de 2.85 m.

Finalmente, la dosificación de hipoclorito de calcio será de 0.76 kg/día. Las medidas del tanque de cloración serán las indicadas a continuación: el volumen total útil es de 11.94 m^3, la superficie unitaria es de 7.02 m^2, la longitud será de 2.65 m, el ancho es de 2.65 m y el número de unidades a utilizar serán 2.

4.5 Recomendaciones

- Al diseño realizado en este trabajo de investigación sería pertinente para trabajos posteriores disponer del análisis de costos en cuánto a mano de obra, materiales y equipos que se necesiten para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable propuesta para los habitantes de la parroquia Tálag.

- Para los próximos trabajos a realizar diseñar el sistema de distribución, ya que es muy importante para garantizar que el agua llegue a todos los habitantes de la parroquia en cuanto a cantidad, calidad y presión adecuada. Se podría realizar este análisis con el software EPANET.

- Realizar constantemente la caracterización al agua de acuerdo a como lo establece el manual de abastecimiento de agua potable para comunidades pequeñas, para cumplir la normatividad establecida y a la vez garantizar agua de calidad.

- Delimitar la zona de protección de cuerpo de agua, articulada por la alcaldía y la población rural, ya que puede existir la tala de árboles en sus alrededores lo cual disminuiría el consumo diario y crear un déficit en la demanda.

5. REFERENCIAS

Aguilar, E. (2017). *Manual de cultivo de yuca (Manihot esculenta Crantz).* Costa Rica: INTA. Recuperado el 5 de Junio de 2021, de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf

Aguirre, F. (2015). *Abastecimiento de Agua para comunidades rurales* (Primera ed.). Machala: UTMACH.

Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO). (1 de Septiembre de 2017). El cacao y la economía: V Cumbre mundial del cacao. *Revista especializada en cacao*, 1-40. Recuperado el 28 de Mayo de 2021, de http://www.anecacao.com/uploads/magazine/revista-sabor-arriba-septiembre-2017.pdf

Banús, M. d. (2010). H2O Elixir de vida. *Elementalwatson*(1), 1- 41. Recuperado el 4 de mayo de 2021, de http://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201b.pdf

Berdonce, J. (2008). La problemática del agua potable. *Medicina Naturista*, *2*(2), 22-28. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2574510

Bruni, M., & Spuhler, D. (2020). *Filtración lenta de arena*. Recuperado el 10 de abril de 2021, de Gsetión de agua y saneamiento sostenible: https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/filtraci%C3%B3n-lenta-de-arena

Camacho, R., & Peña, M. (2018). Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población de La Playita, sitio Nuevo Magdalena. *(tesis de pregrado).* Universidad de la Costa 1970, Barranquilla, Colombia.

Cañon, D., & Mora, M. (2016). Propuesta de un sistema de agua potable para el sector c de la vereda basconta en el municipio de iconozco-tolima. *(tesis de pregrado).* Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá D.C, Colombia.

Carcausto, C. (2017). Purificación de las aguas subterráneas por medio de filtros lentos de arena para consumo humano en la comunidad de Thunco-Puno. *(tesis de pregrado).* Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Cárdenas, V. (2015). Elaboración y caracterización de una bebida a partir de la semilla de sacha inchi ((Plukenetia volubilis L.). *(tesis de pregrado).* Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Castro, A., Olivares, M., & Rozo, O. (2019). Evaluación del Sistema de Lavado de los Desarenadores Convencional y Dufour Mediante el Cálculo de Volumen Muerto a través de Modelos Hidráulicas. *(tesis de pregrado).* Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia.

Cengel, Y., & Cimbala, J. (2006). *Mecánica de Fluidos.* México: mexicana. Recuperado el 26 de Junio de 2021, de https://www.academia.edu/35477658/Mec%C3%A1nica_de_Flu%C3%ADdos_Cengel_Cimbala_1ra_Edici%C3%B3n

Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo. *Ingeniería Industrial*(29), 152-170. Recuperado el 26 de abril de 2021, de https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). (19 de Octubre de 2010). *Ley 0 Registro Oficial Suplemento 303.* Quito: Lexis. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización Sitio web: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario.* Coyoacán: México. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas

Constitución de la República del Ecuador. (4 de Octubre de 2008). *Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449.* Quito: Lexis. Obtenido de Constitución del Ecuador: https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6716.pdf

Defensoría del Pueblo Ecuador. (8 de Febrero de 2019). *Situación del derecho al servicio público de agua potable en el Ecuador* . Obtenido de https://www.dpe.gob.ec/situacion-del-derecho-al-servicio-publico-de-agua-potable-en-el-ecuador/

Elizalde, M. (2015). Diseño de planta de tratamiento de agua potable en el sitio La Florida con presencia de turbiedad y coliformes. *(tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Machala, Machala, El Oro, Ecuador.

Farias de Marquez, B. (12 de 09 de 2016). *iagua*. Obtenido de Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo I): https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i

Fernández, A. (11 de Diciembre de 2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva, 11*(3), 147-170. Recuperado el 26 de Abril de 2021, de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Figueroa, E., Francisco, P., & Godínez, L. (2015). *La producción y el consumo del café.* España: ECORFAN. Recuperado el 15 de Junio de 2021, de https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf

Fonseca, A. (2018). Propuesta para el mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Escuela de Logística del Ejército Nacional. *(tesis de pregrado).* Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.

Fonseca, J. (2015). *Planes de Desarrollo y Ordenamiento Terrotorial.* Recuperado el 17 de Diciembre de 2020, de Actualización del Plan del Desarrollo y Ordenamiento Territorial Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Tálag Fase de Diagnóstico: https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html

GAD Tena. (2020). *Proyecto de Agua Potable para la Parroquia Kichwa de Tálag.* Tena.

Galeano, L., & Rojas, V. (2016). Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjon de oxidación para el casco urbano del Municipio de Velez-Santander. *(tesis de pregrado)*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C, Colombia.

Gavilanes, M. (2015). Diseño de una Planta Potabilizadora de Agua para la Zona Urbana del Cantón Guano, Provincia de Chimborazo. *(tesis de pregrado).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Girón, J. (2014). Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la parroquia Guanujo del cantón Guaranda provincia de Bolivar. *(tesis de pregrado).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Gonzalez, R. (20 de Noviembre de 2012). *Calidad, Gestión Empresarial*. Recuperado el 26 de Febrero de 2021, de Matriz de Pugh: Ayuda a la toma de desiciones: https://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/

Grefa, L. (2017). Diseño del plan de desarrollo turístico, mediante la elaboración del plan de negocios, para incentivar actividades turísticas en la comunidad Alukus, ubicada en la parroquia Tálag, cantón Tena. *(tesis de pregrado).* Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

Guacho, E. (2014). Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo. *(tesis de pregrado).* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Hernández, E., & Corredor, C. (2017). Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización del agua, se dispondra en el laboratorio de aguas de la Universidad Católica de Colombia. *(tesis de pregrado).* Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

INEN. (1997). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf

INEN. (Marzo de 2006). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE 1108.* Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf

INEN. (Enero de 2014). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE 1108.* Obtenido de Agua Potable Requisitos: https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2008-2013). *Anuarios Meteorológicos, Estación Tena HDA Chaupi Sgungo*. Recuperado el 15 de Mayo

de 2021, de Bibioteca INAMHI: https://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/

Lara, F. (26 de Enero de 2018). *Simulaciones y proyectos*. Recuperado el 16 de Mayo de 2021, de Evaluación del tiempo de contacto efectivo en tanques de cloración mediante simulación numerica CFD: https://www.simulacionesyproyectos.com/simulacion-cfd-tanque-cloracion/

Lárraga, B. (2016). Diseño del sistema de agua potable para Augusto Valencia, cantón Vinces, provincia de Los Ríos. *(tesis de pregrado).* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Lossio, M. (Abril de 2012). Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro Poblados del distrito de Lancones. *(tesis de pregrado).* Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado el 16 de Diciembre de 2020, de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI_192.pdf?sequence=1

Manitio, L. (2015). Propuesta de Estrategias para el Mejoramiento, mediante la estructuración y funcionamiento de los Productos Turísticos que ofrece el Centro Comunitario de Shandia en el Cantón Tena Provincia de Napo. *(tesis de maestria).* Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.

Mejía, G. (2018). *Cultivo de plátano (Musa paradisiaca).* El Salvador: CENTA. Recuperado el 5 de Junio de 2021, de http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf

Ministerio del Ambiente (MAE). (4 de Mayo de 2015). *Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.* Quito: Editora Nacional. Recuperado el 25 de abril de 2021, de Acuerdo N°061 Reforma del libro XI del Texto Unificado de Legislación Secundaria: https://www.cip.org.ec/attachments/article/2749/AM%20061%20REFORMA%20LIBRO%20VI%20TULSMA.pdf

Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente.* Quito: Lexis. Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de

http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links_doc_contaminantes/REGISTRO%20OFICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf

Ministerio del Ambiente. (2013). *Sistema de clasificación de Ecositemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Continental.* Quito.

Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos y UNICEF (INEC-UNICEF).* Quito, Ecuador: Carla Aguas. h2ostudio. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf

Ordóñez, J., & Pesantez, W. (2017). La filtración gruesa, aplicada al tratamiento de aguas superficiales. *(tesis de pregrado).* Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás.* París: UNESCO. Obtenido de https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf

Orta, D., & Pabón, P. (2020). Evaluación de la calidad del agua de consumo de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Regional Canchagua. *(tesis de pregrado).* Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Pulido, H., & Carrillo, M. (2016). Diseño Hidráulico de la Planta de Potabilización de Agua de la Vereda de San Antonio de Anapoina. *(tesis de pregrado).* Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Quintuña, J., & Samaniego, M. (2016). Evaluación Fisicoquímica y Microbiológica en el Agua Potable de la Planta Potabilizadora del Cantón Chordeleg. *(tesis de pregrado).* Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Romero, R., & Soares, D. (2014). *Los retos de la adopción tecnológica en el sector hídrico de Latinoamérica.* México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ROMERO%20y%20SOARES%202014.%20Retos%20de%20adopcion%20tecnologica%20en%20secto%20hidrico.pdf

Rossi, G. (2017). Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria. *(tesis de pregrado).* Universidad Nacional de San Agustin, Arequipa, Perú.

Rueda, A. (2017). Estudio sobre la Influencia Social-Gastronómica de la Introducción de la Oryza Sativa (Arroz) en la Población Ecuatoriana. *(tesis de pregrado).* Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Hospitalidad, Arte culinario, Turismo, Quito, Ecuador.

Salas, J., Maraver, F., Rodriguez, L., Sáenz de Pipaon, M., Vitoria, I., & Moreno, L. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutrición Hospitalaria*, 1072-1086. Obtenido de https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v37n5/0212-1611-nh-37-5-1072.pdf

Salas, M. (2 de Abril de 2017). *slidesahre*. Obtenido de Proceso de potabilizacion del agua: https://www.slideshare.net/maleyvasalas/proceso-de-potabilizacion-del-agua-74171987

Secretaría del Agua. (2012). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* Ecuador: IEOS. Recuperado el 13 de mayo de 2021, de https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf

Secretaría Nacional de Información. (2013). *Acerca de nosotros: sni.gob.ec*. Obtenido de sni.gob.ec Sitio web: https://sni.gob.ec/coberturas

Torres, C., & Villanueva, S. (2014). *El filtro de arena lento: Manual para el armado, instalación y monitoreo.* Bogotá: Departamento de Publicaciones y Comunicación Gráfica de la UPC. Recuperado el 15 de abril de 2021, de https://www.unipiloto.edu.co/wp-content/uploads/2013/11/El-filtro-de-arena-Lento-a-color-para-la-web.pdf

Valadares, L. (17 de Enero de 2018). *iagua*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2020, de ¿Y el proceso de filtración del agua? Clave en las Plantas Potabilizadoras: https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/hablemos-antracita-fundamental-proceso-filtracion-agua

Vidal, R. (2017). Fabricación y Comercialización de Muebles Multifuncionales. *(tesis de maestria).* Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Vinueza, J. S. (2014). *Diseño de un Sistema de Pantanos Artificiales para el Tratamiento de Aguas Negras y Grises del Campo Base y Área de Mantenimiento El Coca de la Empresa "TRIBOILGAS".* Quito. Ecuador: UCE.

Zarza, L. (2020). *iagua*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2020, de ¿Cómo se potabiliza el agua?: https://www.iagua.es/respuestas/como-se-potabiliza-agua

Anexo 2. Planta de tratamiento de agua potable actual de la parroquia Tálag



Anexo 2. Captación y rejillas



Anexo 3. Desarenador



Anexo 4. Tubería de conducción



Anexo 5. Sedimentación



Anexo 6. Filtración lenta de arena



Anexo 7. Tanque de cloración



Anexo 8. Desarenador de vórtice sin uso

