



**Diseño de un sistema de saneamiento para el barrio San Lorenzo, de la parroquia
Guayllabamba, Distrito Metropolitano de Quito**

Calupiña Espinoza, Dennis Marcelo

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto PhD.

07 de marzo del 2022



MIC DENNIS CALUPIÑA final Aprobado DBG 03-03-2022 Cop...

Scanned on: 14:43 March 3, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	352
Words with Minor Changes	33
Paraphrased Words	225
Omitted Words	0



Firmado electrónicamente por:
DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON



Website | Education | Businesses



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de Integración Curricular, “**Diseño de un sistema de saneamiento para el barrio San Lorenzo, de la parroquia Guayllabamba, Distrito Metropolitano de Quito**” fue realizado por el señor **Calupiña Espinoza, Dennis Marcelo**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 07 de marzo del 2022

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON**

Ing. Bolaños Guerrón Darío Roberto Ph.D.

C.C.: 1715206593



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Calupíña Espinoza Dennis Marcelo**, con cédula de ciudadanía N° 1724389646, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Integración Curricular **“Diseño de un sistema de saneamiento para el barrio San Lorenzo, de la parroquia Guayllabamba, Distrito Metropolitano de Quito.”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 07 de marzo del 2022

Firma:

Calupíña Espinoza, Dennis Marcelo

C.C.: 1724389646



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Calupiña Espinoza, Dennis Marcelo**, con cédula de ciudadanía N° **1724389646**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Integración Curricular "Diseño de un sistema de saneamiento para el barrio San Lorenzo, de la parroquia Guayllabamba, Distrito Metropolitano de Quito.", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 07 de marzo del 2022

Firma:

Calupiña Espinoza, Dennis Marcelo

C.C.: 1724389646

Dedicatoria

A mis padres Marcelo y Gladys, quienes han estado a mi lado depositando su confianza, por brindarme su apoyo incondicional y ser los pilares fundamentales en esta etapa de vida.

A mis hermanas Andrea y Fernanda, quienes han sido un apoyo importante en mi vida como estudiante y un impulso para alcanzar mis metas.

Dennís Marcelo Calupíña Espinoza

Agradecimiento

A Dios, por guiarme en cada paso y ser luz en cada instante para continuar con mis proyectos.

A mi familia, por la paciencia y sobre todo por los valores inculcados para ser mejor cada día.

A mis docentes, por el conocimiento brindado con dedicación y paciencia a lo largo de mi vida como estudiante.

Un agradecimiento especial a mi tutor, el Dr. Darío Bolaños, quien ha sido una guía y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A la prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, por abrir sus puertas y prepararme en conocimientos y valores para ser una persona de bien.

Dennis Marcelo Calupíña Espinoza

Índice de contenido

Certificación	3
Responsabilidad de Auditoría	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido.....	8
Índice de tablas	14
Índice de Ilustraciones	16
Resumen.....	17
Palabras claves:	17
Abstract	18
Keywords:.....	18
Capítulo I	19
Introducción y Generalidades	19
Planteamiento del Problema	19
Antecedentes	19
Justificación e Importancia	20
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
Características Generales del área de Estudio.....	21
Ubicación.....	22
Clima.....	22

Precipitaciones	23
Temperatura	23
Pendientes topográficas.....	24
Uso del Suelo.....	25
Microcuenca Río Coyago.....	25
Contaminación del agua.....	25
Capítulo II	26
Marco Teórico	26
Saneamiento	26
Cuerpos de Agua Dulce	26
Efluente	26
Aguas residuales.....	26
Clasificación de aguas Residuales	27
Características de las aguas residuales Urbanas.....	28
Composición de las aguas residuales.....	28
Sólidos en aguas residuales.....	28
Sólidos orgánicos.....	28
Sólidos inorgánicos.....	29
Características Físicas, Químicas y Biológicas del agua residual.....	29
Características físicas	29
Solidos totales filtrables.....	29
Solidos totales no filtrables o suspendidos.....	30
Olor.....	30
Temperatura	30

	10
Densidad.....	30
Color	30
Turbiedad	31
Características químicas.....	31
Materia orgánica	31
Materia inorgánica	31
Potencial Hidrógeno (pH).....	31
Conductividad	32
Fósforo	32
Azufre	32
Características biológicas	32
Microorganismos	33
Hongos	33
Protozoos	33
Virus	33
Organismos Patógenos	34
Caracterización del agua residual	34
Muestreo.....	34
Estaciones de muestreo	34
Conservación de muestra.....	35
Tipos de tratamientos	35
Pretratamiento de aguas residuales	35
Tratamiento primario de aguas residuales	36
Tratamiento secundario de aguas residuales	36

	11
Tratamiento Terciario o avanzado de aguas residuales.....	36
Eliminación de contaminantes específicos	36
Sistemas de Riego	36
Metodología.....	37
Puntos de Descarga.....	37
Punto 1: Barrio Villacís	37
Punto 2: Av. Libertador Simón Bolívar	38
Punto 3: Av. Libertador Simón Bolívar S3-106	39
Punto 4: 24 de mayo, cerca de los dos encuentros	40
Barrio San Lorenzo:	42
Uso del Suelo.....	42
Agua	44
Caracterización de aguas residuales	44
Observaciones de campo:	45
Muestreo y evaluación de las aguas residuales.....	45
Parámetros físicos:.....	46
Parámetros químicos:	48
Límites admitidos y criterios de calidad.....	48
Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	48
Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego	49
Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	49
Parámetros analizados	49
CAPÍTULO III	52
Resultados.....	52

	12
Caracterización y Discusión de Resultados	52
Resultados Generales:.....	52
Puntos de descarga	52
Propuesta a implementar	56
Biofiltro, Filtro-Jardinera o Lavadero Ecológico	56
Aguas Grises	57
Tratamiento de aguas grises	57
Funcionamiento de un biofiltro	58
Mantenimiento	59
Consideraciones para la construcción de un biofiltro.....	60
Diseño del Biofiltro.....	60
Dotación de Agua	60
Caudal Medio de Agua Potable	61
Caudal Medio de Agua Residual.....	62
Procedimiento de construcción de un Biofiltro:	64
Análisis de Precios Unitarios	76
Presupuesto	76
CAPÍTULO IV	88
Conclusiones y Recomendaciones	88
Conclusiones	88
Recomendaciones	89
Referencias.....	91
Anexos.....	93
Anexo 1: Resultados de análisis de laboratorio	93

Anexo 2: Evidencias de muestreo y puntos de descarga	93
Anexo 3: Planos	93

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Materiales utilizados para muestreo</i>	46
Tabla 2 <i>Parámetros y Equipos utilizados para análisis in situ</i>	47
Tabla 3 <i>Límites de calidad para agua de uso agrícola</i>	48
Tabla 4 <i>Niveles guía de calidad de agua para riego</i>	49
Tabla 5 <i>Límites permisibles hacia un cuerpo de agua dulce</i>	49
Tabla 6 <i>Resultados de muestreo del día sábado 8 de enero</i>	49
Tabla 7 <i>Resultados de muestreo del día miércoles 12 de enero</i>	50
Tabla 8 <i>Resultados de muestreo del día sábado 15 de enero</i>	50
Tabla 9 <i>Resultados generales de los muestreos realizados en el mes de enero</i>	51
Tabla 10 <i>Resultados Punto 1 de muestreo</i>	52
Tabla 11 <i>Resultados Punto 2 de muestreo</i>	52
Tabla 12 <i>Resultados Punto 3 de muestreo</i>	53
Tabla 13 <i>Resultados Punto 4 de muestreo</i>	54
Tabla 14 <i>Dotaciones recomendadas</i>	60
Tabla 15 <i>Resumen de caudales</i>	62
Tabla 16 <i>Dosificación para muro de ladrillo</i>	71
Tabla 17 <i>Volúmenes para muros de ladrillo</i>	71
Tabla 18 <i>Resumen de volúmenes para muro de ladrillo</i>	71
Tabla 19 <i>Dosificación de mortero para bases</i>	72
Tabla 20 <i>Volúmenes de materiales para bases</i>	73
Tabla 21 <i>Resumen de volúmenes para bases de mortero</i>	73
Tabla 22 <i>Dosificación para enlucido de muros</i>	74
Tabla 23 <i>Volúmenes para enlucido de muros</i>	74

Tabla 24 <i>Resumen de volúmenes para enlucido</i>	75
Tabla 25 <i>Resumen de materiales requeridos</i>	76
Tabla 26 <i>Presupuesto de obra</i>	76
Tabla 27 <i>Rubro de Limpieza manual del terreno</i>	77
Tabla 28 <i>Rubro replanteo y nivelación</i>	78
Tabla 29 <i>Rubro desalojo de material</i>	79
Tabla 30 <i>Rubro Excavación para trampa de grasas y biofiltro</i>	81
Tabla 31 <i>Rubro Mampostería de ladrillo</i>	82
Tabla 32 <i>Rubro enlucido de muros</i>	83
Tabla 33 <i>Rubro tubería y accesorios de PVC</i>	84
Tabla 34 <i>Rubro limpieza final de la obra</i>	86

Índice de Ilustraciones

Figura 1 <i>Mapa de Ubicación</i>	21
Figura 2 <i>Mapa de tipos de clima</i>	22
Figura 3 <i>Mapa de pendientes topográficas</i>	24
Figura 4 <i>Vista superior del punto 1</i>	38
Figura 5 <i>Ubicación del punto 1</i>	38
Figura 6 <i>Vista superior del punto 2</i>	39
Figura 7 <i>Vista aérea del Punto 2 (Av. Libertador S. Bolívar)</i>	39
Figura 8 <i>Vista superior del punto 3</i>	40
Figura 9 <i>Vista aérea del Punto 3 (Av. Libertador S. Bolívar S3-106)</i>	40
Figura 10 <i>Vista superior punto 4</i>	41
Figura 11 <i>Vista aérea Punto 4 (24 de mayo)</i>	41
Figura 12 <i>Ubicación de puntos de descarga y Barrio San Lorenzo</i>	42
Figura 13 <i>Vista aérea del Barrio San Lorenzo</i>	42
Figura 14 <i>Equipos para medir parámetros in situ</i>	47
Figura 15 <i>Esquema del sistema de tratamiento</i>	63
Figura 16 <i>Firme para trampa de grasa</i>	65
Figura 17 <i>Trampa de grasas</i>	65
Figura 18 <i>Firme para biofiltro</i>	66
Figura 19 <i>Esquema de biofiltro</i>	66
Figura 20 <i>Esquema en planta del sistema de tratamiento</i>	67
Figura 21 <i>Esquema de un metro cuadrado</i>	69
Figura 22 <i>Vista en 3D del Sistema completo</i>	75

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como propósito dar una propuesta de sistema de saneamiento que beneficie al barrio San Lorenzo de la parroquia de Guayllabamba.

Como primer punto, se realizó un levantamiento de información existente sobre la zona mediante el apoyo del GAD parroquial de Guayllabamba con quienes se determinaron varios puntos de descarga de agua residual, posterior a la determinación de los puntos de descarga se realizó varias visitas técnicas para evaluar el acceso a estos puntos de descarga y conocer los cursos hídricos que reciben las descargas. También se conversó con los moradores y directivos del barrio San Lorenzo para conocer sus opiniones respecto a la manera en que se descarga el agua residual. Se realizaron muestreos en cada punto de descarga para realizar la caracterización física, química y microbiológica evaluando parámetros in situ y otros en laboratorio, con los resultados obtenidos se determinó que los 4 puntos de descarga analizados no cumplen con los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce. Se determinaron las opciones de tratamiento considerando pozos sépticos, humedales, sistemas de lodos activados y biofiltros eligiendo la última opción considerando que resulta viable técnica y económicamente para los habitantes del barrio San Lorenzo debido a que con la construcción de un biofiltro domiciliario pueden reutilizar el agua tratada de manera diversa ya sea en inodoros o para riego lo que representa un ahorro económico al disminuir el gasto de agua y contribuir con el medio ambiente.

Palabras claves:

- **CARACTERIZACIÓN**
- **AGUAS RESIDUALES**
- **SISTEMA DE TRATAMIENTO**

Abstract

The purpose of this research project is to provide a proposal for a sanitation system that will benefit the San Lorenzo neighborhood in the parish of Guayllabamba.

As a first point, a survey of existing information on the area was carried out through the support of the parish GAD of Guayllabamba with whom several points of discharge of wastewater were determined, after the determination of the discharge points, several technical visits were made to evaluate the access to these points of discharge and to know the water courses that receive the discharges. We also spoke with the residents and managers of the San Lorenzo neighborhood to learn their opinions regarding the way in which the wastewater is discharged. Sampling was carried out at each discharge point to perform physical, chemical and microbiological characterization evaluating parameters in situ and others in the laboratory, with the results obtained it was determined that the 4 discharge points analyzed do not comply with the permissible limits of discharge to a body of fresh water. Treatment options were determined considering septic tanks, wetlands, activated sludge systems and biofilters choosing the latter option considering that it is technically and economically viable for the inhabitants of the San Lorenzo neighborhood because with the construction of a household biofilter they can reuse the treated water in a diverse way either in toilets or for irrigation which represents an economic saving by reducing water consumption and contributing to the environment.

Keywords:

- **CHARACTERIZATION**
- **SEWAGE**
- **TREATMENT SYSTEM**

Capítulo I

Introducción y Generalidades

Planteamiento del Problema

Los sistemas de riego implementados en la parroquia de Guayllabamba se encuentran contaminados, siendo los principales canales los de Pisque, canal de riego Uravia y canal de riego Coyago.

En esta zona, hay una gran contaminación de los cursos hídricos, debido a las descargas de aguas residuales en los ríos y quebradas sin contar que varios sectores no cuentan con sistemas de alcantarillado sanitario ni pluvial completos para dar una buena cobertura, adicional, no existe un uso adecuado de pesticidas y químicos en los cultivos por lo que representan un aporte a la contaminación.

Las comunidades alejadas de la Parroquia no cuentan con cobertura de agua potable; ni con un sistema de alcantarillado sanitario ni pluvial; el 20% de la comunidad utilizan pozos sépticos en sus terrenos y el 20% botan a cielo abierto (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

Antecedentes

La parroquia de Guayllabamba ha presentado un crecimiento y desarrollo acelerado en el aspecto de la agricultura, teniendo un sector rural que se especializa en la siembra de frutas y que, lamentablemente el sistema de riego utiliza agua contaminada del río Coyago que pasa por estos sectores debido a que se vierten las aguas servidas de la población al mismo. El impacto que puede tener la utilización de esta agua es objeto de estudio puesto que en la parroquia de Guayllabamba no se cuenta con una planta de tratamiento o algún tipo de sistema de saneamiento para el agua utilizada en actividades como riego.

Hay que tener en cuenta que esta parroquia rural, se proyecta como un territorio que promueve la producción sostenible, aumentando las actividades económicas, fortaleciendo el turismo parroquial basándose en un modelo de desarrollo territorial sostenible.

En el presente proyecto se da una propuesta de saneamiento para el barrio San Lorenzo en la parroquia de Guayllabamba.

Justificación e Importancia

En la provincia de Pichincha existen plantas de tratamiento ya sea de aguas residuales y de agua potable, algunas no tienen un funcionamiento correcto sin embargo, no abastecen a toda la población pues existen zonas rurales que no cuentan con el servicio mínimo lo que conduce a que se busque fuentes de agua para su consumo y actividades diarias, tal es el caso de la parroquia de Guayllabamba en la que se utiliza el recurso hídrico de fuentes naturales cercanas como ríos y existen canales de riego que usan esta misma agua que actualmente está contaminada.

El presente proyecto consiste en realizar un análisis físico-químico del agua utilizada directamente del río para evaluar la cantidad y tipo de contaminantes y así, determinar una propuesta de saneamiento que mejore la calidad del agua, la salud de los usuarios y por lo tanto también la calidad de los productos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de saneamiento para el barrio san lorenzo, de la parroquia Guayllabamba.

Objetivos Específicos

- Recopilar información topográfica, cartográfica, uso del suelo y puntos de descarga en la zona de estudio.

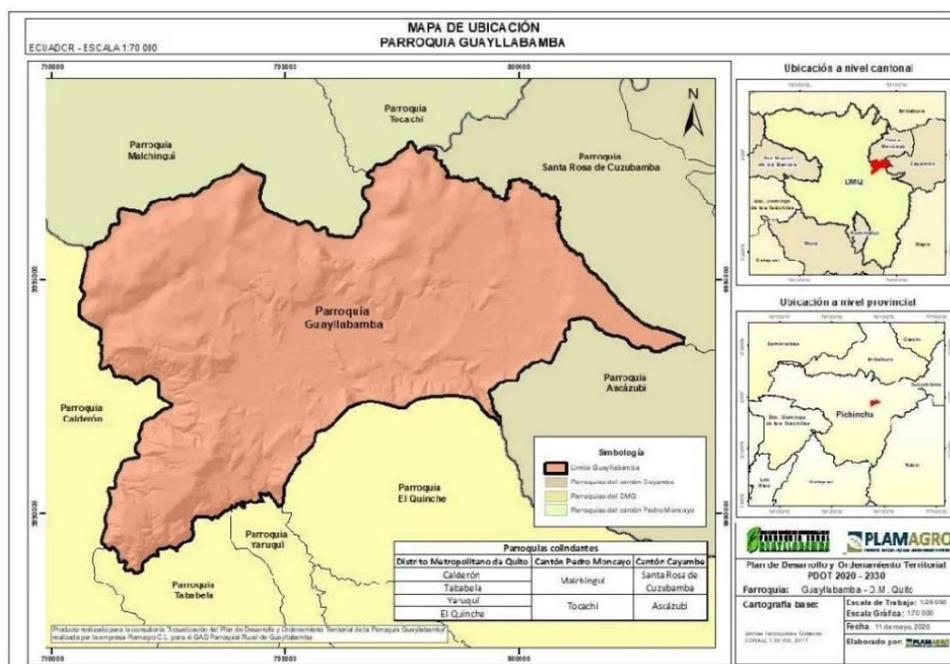
- Caracterizar las aguas residuales y aguas superficiales de la zona.
- Diseñar una alternativa de saneamiento para el barrio San Lorenzo, de la parroquia Guayllabamba.
- Elaborar Precios Unitarios y Presupuesto.

Características Generales del área de Estudio

La parroquia de Guayllabamba es una parroquia metropolitana rural que tiene una superficie de 55,44 km² y se encuentra a una altura de 2171 metros sobre el nivel del mar, la palabra Guayllabamba proviene del quichua que significa: guaylla igual a verde y pampa igual a pampa o llano.

Figura 1

Mapa de Ubicación



Nota. El mapa indica los límites de la parroquia. Tomado de PDOT de la parroquia de Guayllabamba Anexo 2. Fuente: (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

La parroquia se encuentra a unos 25km al norte del Distrito Metropolitano de Quito y sus límites son, al norte el cantón Pedro Moncayo, al sur limita con las parroquias de Yaruquí, El Quinche y Tababela, por el este limita con el cantón Cayambe y al oeste se encuentra la parroquia de Calderón (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

Ubicación

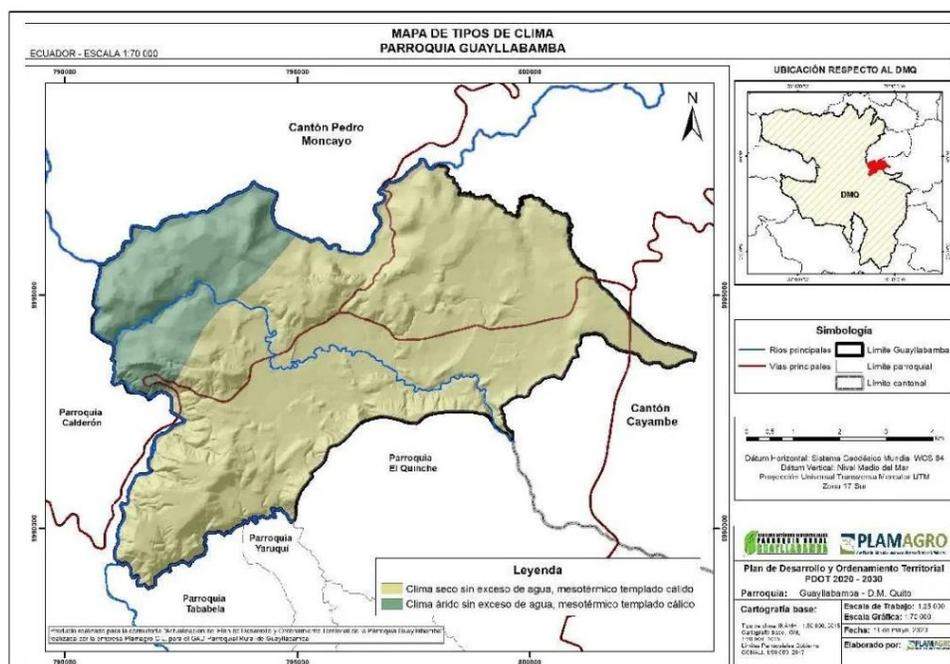
Guayllabamba es una de las 33 parroquias que posee el cantón Quito y está formado por aproximadamente 54 barrios, entre ellos está el barrio San Lorenzo que cuenta con un aproximado de entre 150 a 200 familias de acuerdo al censo que está en desarrollo por parte de las autoridades de la parroquia y directivos del barrio San Lorenzo.

Clima

De acuerdo con el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMI de 2017, la parroquia de Guayllabamba cuenta con dos tipos de clima, siendo el primero un tipo de clima árido sin exceso de agua y cubre un total de 1048,32 ha lo que corresponde al 18,86% de la superficie, con respecto al segundo tipo de clima se trata de un clima seco sin exceso de agua el cual cubre un total de 4510,99 ha lo que corresponde al 81,14% de la superficie (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

Figura 2

Mapa de tipos de clima



Nota. El mapa indica los tipos de clima que tiene la parroquia. Tomado de PDOT de la parroquia de Guayllabamba Anexo 2. Fuente: (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

Precipitaciones

De acuerdo con el Grupo de Desarrollo Territorial Sostenible (DTS), menciona en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Guayllabamba que los años más lluviosos fueron en 2015, 2019 mientras que el año más seco fue el 2018, entonces las precipitaciones anuales varían entre 566 y 966 mm que están repartidas en dos estaciones lluviosas de marzo – abril y octubre – noviembre, por otra parte los meses más secos son de julio a agosto (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

Temperatura

Durante los años 2015 a 2019 la temperatura más baja promedio en la parroquia de Guayllabamba fue de 9,92 °C mientras que la máxima promedio se estableció en los 23,45 °C

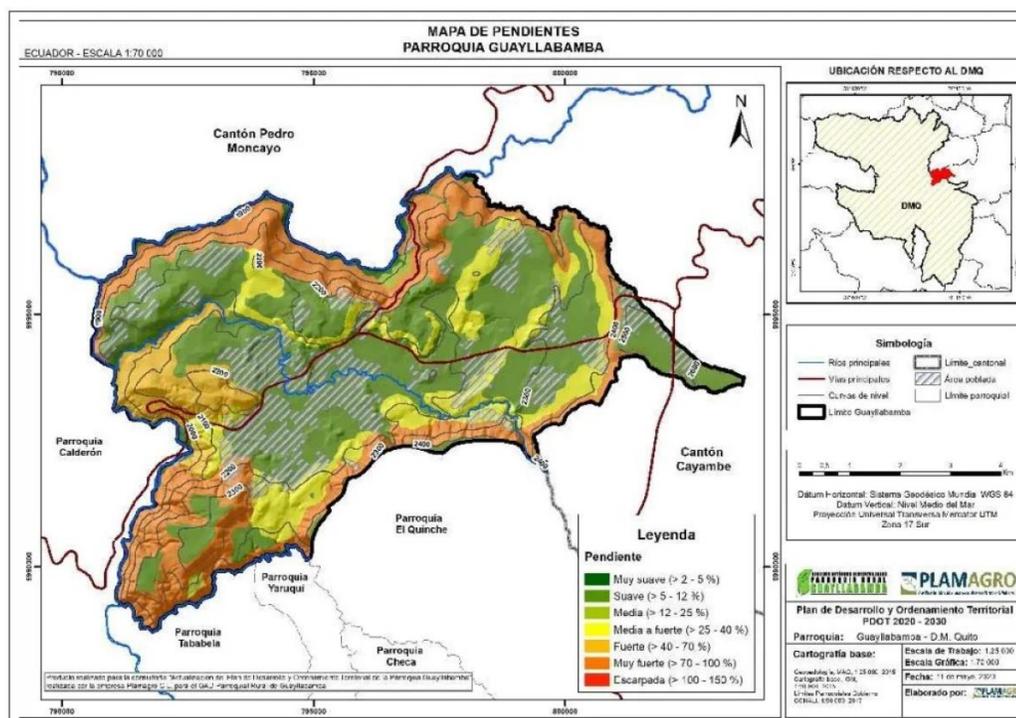
Pendientes topográficas

La parroquia de Guayllabamba, en una superficie de 2780,59 ha que representa el 50,02% de su totalidad, tiene una pendiente con un rango de > 5-12% lo que significa que tiene una pendiente suave en la mayor parte de su territorio dando la facilidad para que se desarrollen actividades humanas en el ámbito de la agricultura y asentarse para vivir.

Por otro lado, como se muestra en la ilustración 3, esta parroquia también posee una pendiente fuerte en el rango de >70-100% en una superficie de 1422,73 ha representado el 25,59% de su totalidad, entonces esta porción de terreno tiene un uso para la preservación de flora y fauna y la protección de áreas acuíferas (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

Figura 3

Mapa de pendientes topográficas



Nota. El mapa indica las pendientes topográficas que tiene la parroquia. Tomado de PDOT de la parroquia de Guayllabamba Anexo 2. Fuente: (Grupo Desarrollo Territorial Sostenible, 2021).

Uso del Suelo

De acuerdo con la ordenanza Metropolitana Nro. 127 del Distrito Metropolitano de Quito, sobre el Plan de Usos del suelo cantonal, la parroquia de Guayllabamba está clasificada como rural debido a que solo el 7,52% de su superficie cuenta con características urbanas mientras que el 92,48% posee características de suelo rural pues tiene una gran cobertura agropecuaria, es decir, cultivos, pastizales y mosaicos agropecuarios.

Microcuenca Río Coyago

La microcuenca del río Coyago ocupa el 45,63% del territorio con una superficie de 2536,5ha y se extiende de oeste a este siendo los afluentes que cruzan esta microcuenca las quebradas Chinuca, El Quinche, Monteserrín, Santo Domingo y el río Chitahuaycu.

Contaminación del agua

El río Guayllabamba recibe las descargas de los ríos Pita y San Pedro, una vez que pasa por la parroquia de Guayllabamba recibe las descargas de los ríos Urvia, Piste y Coyago por lo que presenta un nivel de contaminación muy grave siendo también el río Coyago un foco de contaminación pues recibe las descargas residuales de la población y también la contaminación del sector agrícola de la zona.

Capítulo II

Marco Teórico

Saneamiento

Para proteger la salud de las personas y avanzar en el desarrollo es importante el acceso al agua potable y a un sistema de saneamiento adecuado que ayude a prevenir enfermedades infecciosas.

El proceso de saneamiento consiste en utilizar métodos y medios para recoger y eliminar las excretas y las aguas residuales que resultan de las actividades humanas de manera higiénica para no poner en peligro la salud de los habitantes y de las comunidades (Franceys, 1994).

En el Ecuador es necesario realizar, de manera urgente, cambios en la utilización de los recursos naturales debido a que con el pasar del tiempo están incrementando los problemas ambientales a raíz de la contaminación que incluso ha generado la extinción de varias especies y muchas están en peligro de desaparecer.

Cuerpos de Agua Dulce

De acuerdo con la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes, el agua dulce viene a ser aquella que no presenta cantidades de sales de gran importancia.

Efluente

El efluente son las aguas servidas producto de las actividades y necesidades humanas que son descargadas a cuerpos de agua dulce.

Aguas residuales

El agua residual o también conocida como aguas negras, vienen a ser el agua que cuenta con una estructura diversa que se ha visto modificada por la degradación en su calidad de origen (TULSMA, 2017). Su origen es producto de la composición de sólidos y líquidos provenientes de orígenes domésticos, industriales y establecimientos agrícolas, porcinos y bovinos, este tipo de establecimientos descargan desechos conocidos como purines; líquidos compuestos de heces y orina de procedencia animal. Por lo tanto, las aguas residuales pueden contener diversos contaminantes generados de desechos domésticos urbanos e industriales. Algunas características que poseen las aguas residuales es la presencia de partículas disueltas, suspendidas o estado intermedio conocido como coloidales.

Clasificación de aguas Residuales

Las Aguas de acuerdo a su aspecto cualitativo y su cuantitativo se clasifican en:

- a) Aguas blancas o pluviales
 - b) Aguas Negras o urbanas
 - c) Aguas grises
- a) **Aguas blancas o pluviales.** son aguas que provienen de drenajes, la lluvia, niebla y escorrentía superficial teniendo como característica principal un nivel bajo o nulo de contaminación.
- b) **Aguas Negras o urbanas.** Las aguas negras o urbanas provienen de los desechos de la actividad humana, doméstica, industrial, educativa, etc. Se diferencia de las aguas blancas su mayor nivel de contaminación.
- c) **Aguas grises.** Se producen por la descarga de agua de lavadoras, duchas, lavamanos, y actividades similares; este tipo de agua se caracteriza por tener una menor contaminación y no presenta un riesgo inmediato para la salud.

Características de las aguas residuales Urbanas

Las aguas residuales cuentan con características particulares dependiendo de las actividades de una de la población, sistema de alcantarillado, tipo de industrialización y frecuencia de lluvias.

Composición de las aguas residuales

Las aguas residuales mayormente están comprendidas por agua que contiene materia orgánica lo que hace referencia a residuos de origen animal, vegetal, aceites, grasas, excretas y otros componentes similares, además pueden presentar materia inorgánica como plásticos, químicos, basura en general y otros.

Según (Metcalf & Eddy, 1995), la composición de las aguas residuales trata de la cantidad presente de componentes físicos, químicos y biológicos en el mismo. Dependiendo de la concentración de los componentes del agua residual, podemos clasificar las aguas residuales en concentradas, medias o débiles. Los líquidos sépticos se generan en los sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales, especialmente en tanques de aguas residuales y tanques de almacenamiento. La cantidad y composición del lodo varía mucho.

Sólidos en aguas residuales

Los sólidos totales dentro de las aguas residuales son las características físicas más importantes. Por dicha razón se han determinado tipos de sólidos como: sólidos orgánicos y sólidos inorgánicos.

Sólidos orgánicos

Dentro de estos se ve inmerso la materia de origen animal y vegetal. La materia animal abarca los desechos de limpieza de corrales y granjas de estos animales, como también materia muerta, por otro lado; la materia vegetal por su lado abarca todo el desecho de sus tejidos, en este caso también pueden componerse de materia orgánica sintética.

Sólidos inorgánicos

A lo contrario de los sólidos orgánicos, este se compone de características químicas que vuelven lento el proceso natural de descomposición de la materia. En algunos casos varios de estos sólidos son originalmente naturales con la novedad de no ser biodegradables, un ejemplo claro de este hecho son los plásticos (Baquero Castellón, 2018).

Características Físicas, Químicas y Biológicas del agua residual

Es de conocimiento que las aguas residuales son caracterizadas mediante su composición física, química y biológica (Metcalf & Eddy, 1995).

Características físicas

De acuerdo con (Metcalf & Eddy, 1995), las características físicas del agua residual de gran importancia vienen a ser los sólidos totales, abarcando toda materia que se encuentra suspendida, sedimentada, materia coloidal, y materia disuelta. Adicional a las características físicas anteriormente mencionadas se tendrá en cuenta también el olor, temperatura, densidad, color y turbiedad del agua.

Ahora dentro de las aguas residuales la concentración de sólidos orgánicos e inorgánicos puede definir la calidad de agua residual con la que se encuentre por lo tanto el agua residual que contenga una gran cantidad de sólidos se define como fuerte.

Sólidos totales filtrables

Son todos aquellos sólidos coloidales y disueltos que puedan atravesar un filtro de retenedor de partículas con diámetros mayores a una micra. La composición de los sólidos disueltos resulta de moléculas orgánicas e inorgánicas y iones que se disuelven en el agua (Metcalf & Eddy, 1995).

Sólidos totales no filtrables o suspendidos

Los sólidos suspendidos totales se definen como la cantidad de sólidos discretos en un filtro, también podemos denominarlos como la materia que se halla en suspensión dentro del agua residual. Dentro de estos sólidos se encuentran los volátiles que representando una fracción de partículas que como su nombre lo dice volatilizan a 600°C.

Olor

Resultante de gases liberados ante la degradación de la materia de origen orgánico, el agua residual obtendrá un olor diferente dependiendo de qué tan séptica sea.

Temperatura

La temperatura es un factor importante dentro de las aguas residuales, este parámetro variara dependiendo del clima es así que en épocas calurosas como lo es el verano las aguas residuales registraran temperaturas altas y provocar cambios en el entorno. El incremento de temperatura genera el crecimiento de velocidad químicas y la reducción de oxígeno en aguas superficiales. En el caso de temperaturas entre 25 a 35°C la actividad bacteriana empieza su desarrollo (Metcalf & Eddy, 1995).

Densidad

De acuerdo con (Metcalf & Eddy, 1995), se explica que la densidad para el agua residual se define como la relación de masa por unidad de volumen y se expresa en Kg/cm^3 , también las aguas residuales domesticas que prácticamente no presenten altas cantidades de residuos del tipo industrial llega a ser el agua con la misma temperatura.

Color

El color y el olor presente en el agua residual pueden ayudar a determinar la edad de la misma y en algunos casos el problema o el tipo de materia orgánica o inorgánica presente

en el agua. De esa manera, cuando encontramos aguas de tonalidades grises estaríamos tratando con un agua reciente, sin embargo, con paso eminente del tiempo y factores adicionales como el alcantarillado y procesos anaeróbicos su tonalidad variaría gradualmente entre diferentes tonalidades grisáceas.

Turbiedad

Podemos definir la turbidez como la poca transparencia del agua, debido a partículas en suspensión presentes. Es un parámetro importante en cuanto a lo que se refiere a las propiedades de transmisión de la luz al agua. Es por ello que, mientras existan más partículas suspendidas en el agua más sucia esta parecerá y su vez aumentara la turbidez.

Características químicas

Materia orgánica

De acuerdo con (Metcalf & Eddy, 1995), el agua residual cuenta con una concentración media, de un 73% de ST (sólidos suspendidos) y entre un 40% de sólidos filtrables son orgánicas. De este modo los compuestos orgánicos cuentan de carbono, hidrogeno y oxígeno.

Materia inorgánica

La calidad y control de agua se ve ligada con los componentes inorgánicos, la concentración de estas sustancias crece al tener contacto el agua con formaciones de variadas formaciones geológicas. Sin embargo, las aguas constituyentes inorgánicas crecen naturalmente por la evaporación eliminada por una fracción de agua superficial.

Potencial Hidrógeno (pH)

El agua residual con iones de hidrogeno dificultan el tratamiento mediante procesos biológicos, y en el caso del efluente este puede llegar a modificar su concentración en aguas

de origen natural esto siempre y cuando no se realice la modificación oportuna antes de su salida. Directamente influye ante la vida de los organismos acuáticos y reacciones presentes en el agua.

La forma usual de expresarla es como pH, la misma se define a sí mismo como el logaritmo decimal de la concentración de ion hidrógeno.

$$pH = -\log_{10}(+H)$$

Conductividad

Es la característica de transmitir corriente a través del agua, este se lleva a cabo con la mineralización del agua. El agua considerada como pura es un conductor pobre de transmisión de electricidad.

Fósforo

El fósforo incrementa el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Las aguas superficiales pueden ser cuna de proliferaciones descontroladas de algas bajo la presencia de este componente. Según (Metcalf & Eddy, 1995), las formas más habituales en las que el fósforo se presenta es en soluciones acuosas compuestas de orto fosfato, polifosfato y fosfato orgánico.

Azufre

El sulfato se puede encontrar de manera natural en casi todas las aguas de abastecimiento, como lo es el agua residual. Bajo condiciones anaerobias la acción bacteriana disminuye de manera química a sulfuros y a sulfuros de hidrógeno.

Características biológicas

Una característica de las aguas residuales es el atrapamiento de una gran cantidad de microorganismos, cuya única función es la descomposición, transformación y fermentación de las

sustancias orgánicas contenidas en el agua. La materia orgánica incluye plantas, semillas, helechos, animales, bacterias, hongos y algas.

Microorganismos

Las eucariotas, eubacterias y arque bacterias son grupos esenciales de organismos que bien en las aguas residuales. El mayor número de organismos que se puede es el grupo de las eubacterias.

Hongos

Los hongos son organismos eucariotas que se compone de un núcleo diferenciado y citoplasmas que rodean la membrana. Por lo general, los hongos se alimentan de materia muerta. Son los encargados de descomponer el carbono de la biosfera. La ventaja de los hongos es que pueden crecer y desenvolverse en zonas con poca humedad y ambientes con pH bajos (Metcalf & Eddy, 1995).

Protozoos

Son células eucariotas y cuenta con movilidad y heterotrofia. La palabra protozoos viene del griego porto: primero y la palabra zoo: animal; entonces es así que su definición sería antiguas seres vivos, células primerizas en existir, debido a su minúsculo tamaño puede resistir condiciones ambientales desfavorables (Alvarez, 2006).

Virus

Son partículas infecciosas de tamaño imperceptible ante el ojo humano que están formadas de material genético. El virus es un parásito intracelular dependiente de un huésped celular. Los virus son tan nocivos que pueden llegar a afectar tanto a humanos animales como plantas adicionales también llegan a bacterias como hongos y parásitos (Negroni & González, 2017).

Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden provenir de las heces de una persona infectada o portadora de ciertas enfermedades. Las bacterias, los virus, los protozoos y los helmintos se encuentran entre los principales organismos causantes de enfermedades que se encuentran en el agua. Los organismos patógenos actúan por infección y reproducción dentro de las células, eventualmente matándolas o, en casos severos, infectándolas y causando enfermedades.

Caracterización del agua residual

La caracterización del agua residual ayuda a la determinación de características físicas, químicas y biológicas que pueden llegar a poseer, además de saber el tamaño de concentración de constituyentes del agua residual y los medios eficaces para reducción de concentración de contaminantes. A continuación, se representarán los métodos de medida de caudales.

Muestreo

Las técnicas de muestreo implantadas en la investigación de aguas residuales comprometen garantizar que se obtengan muestras representativas, debido a que los datos obtenidos del análisis de las muestras anteriores serán, en última instancia, la base del proyecto de la instalación de tratamiento. Los procedimientos universales de muestreo son inexistentes, por ello al momento de realizarse las campañas de muestreo se diseñan dependiendo de cada situación de estudio.

Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestro se deben ubicar en puntos estratégicos donde el flujo cumpla con las condiciones y características que beneficien los análisis de combinación de aguas. Estos puntos estratégicos pueden ser alcantarillas, canales estrechos y profundos con el fin de que la muestra se tome a una distancia cerca del punto de descarga. El flujo del punto

de estudio contará con una velocidad lo suficientemente máxima asegurando de tal manera, que los sólidos no se retengan en los mismos.

Intervalos de muestreo

La variación del caudal deberá condicionar los intervalos de tiempo de cada muestra. El tiempo de muestreo debe ser lo más pequeño posible para que las muestras sean representativas.

Conservación de muestra

La muestra puede poseer valor o no dependiendo del tipo de conservación que ha esta se le dé desde que comienza la toma de la muestra hasta culminar en su análisis. El mejor método para la reducción de errores ante el deterioro de las muestras es sin más, la realización de análisis de máxima rapidez posible. En el caso de encontrarse en condiciones adversas donde la muestra debe esperas 24 horas hasta su análisis, es importante adoptar precauciones adicionales que prevengan la degradación de la muestra.

Tipos de tratamientos

El agua residual lleva contaminantes los cuales se pueden suprimir mediante la implementación de procesos químicos, físicos y biológicos. Por lo general dentro del tratamiento de aguas residuales se logran identificar hasta cuatro etapas (Castañeda Villanueva & Flores López, 2013), entre ellas se mencionan los siguientes:

Pretratamiento de aguas residuales

El pretratamiento viene a ser el proceso de eliminación de residuos separables, dentro del pretratamiento se puede encontrar el desbaste y dilaceración para suprimir sólidos gruesos, flotación para sustracción de grasas y aceites y por último el desarenador que sirve para detener

materia granular gruesa que se encuentre en suspensión pudiendo producir obstaculización en los equipos (Metcalf & Eddy, 1995).

Tratamiento primario de aguas residuales

El tratamiento primario se encarga de la eliminación de sólidos suspendidos y de materia orgánica presente en el agua. Este tratamiento percibe procesos físicos como la sedimentación y el tamizado.

Tratamiento secundario de aguas residuales

El tratamiento secundario presenta procesos biológicos anaerobios y aerobios. De manera convencional se presenta el tratamiento secundario mediante tratamiento biológico empleando fangos activados, reactores de lecho fijo, lagunas y sedimentación, para de esta manera reducir en gran cantidad posible parte de la demanda bioquímica (DBO).

Tratamiento Terciario o avanzado de aguas residuales

Este tratamiento va dirigido a la eliminación y reducción final del DBO. Adicionalmente se emplean otros procesos unitarios avanzados como la coagulación, floculación, y sedimentación continuada de filtración y carbón activado (Metcalf & Eddy, 1995).

Eliminación de contaminantes específicos

La eliminación de metales pesados, sustancias tóxicas y contaminantes químicos específicos se controlan habitualmente con el tratamiento específico previo a que se esparzan en la red. Los contaminantes tóxicos mencionados se suprimen con el tratamiento físico-químico como la coagulación química, floculación, sedimentación o filtración.

Sistemas de Riego

Son el conjunto de sistemas estructurales cuyo objetivo es aplicar el agua en una zona determinada para que pueda ser cultivada y de esta manera se pueda lograr el mantenimiento de las plantas (Pineda, 2021).

Los principales tipos de riego para la agricultura son:

- Riego por inundación
- Riego por surcos
- Riego por aspersión
- Riego por goteo
- Riego por nebulización
- Riego por infiltración
- Riego por drenaje

Metodología

El proyecto de investigación se lleva a cabo en la parroquia de Guayllabamba perteneciente a la provincia de Pichincha, cantón Quito para beneficio del barrio San Lorenzo.

Como punto de inicio, se realiza un reconocimiento de la zona de estudio y se ubica cuatro puntos accesibles de descarga de aguas residuales en los que se hace un muestreo para realizar la caracterización en campo y en laboratorio de acuerdo a los análisis requeridos.

Se utiliza la herramienta Google Earth y Google pro para una visualización aérea detallada de cada punto como se muestra a continuación con imágenes tomadas en el lugar.

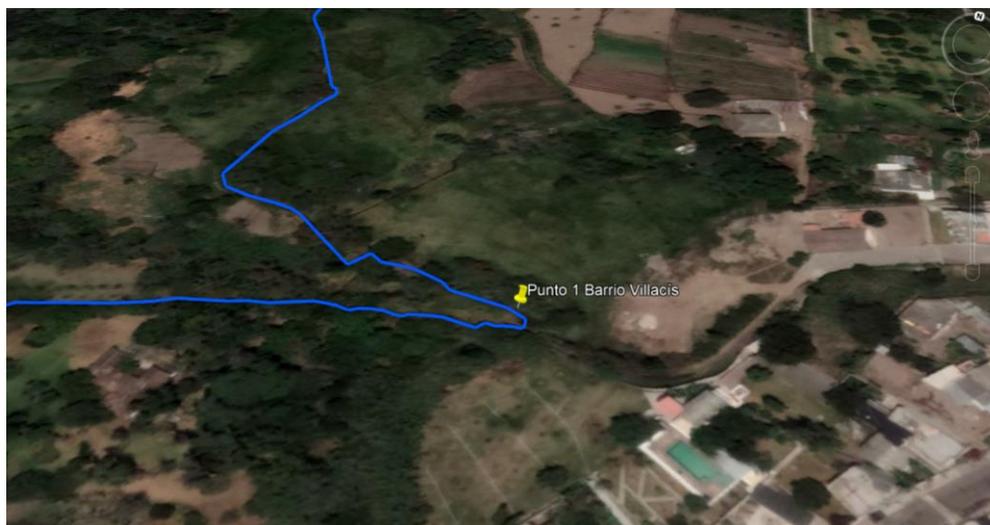
Puntos de Descarga

Punto 1: Barrio Villacís

Coordenadas: E796841 N9993606,8.

Figura 4

Vista superior del punto 1



Nota. La ilustración muestra la ubicación del punto 1 de muestreo.

Figura 5

Ubicación del punto 1



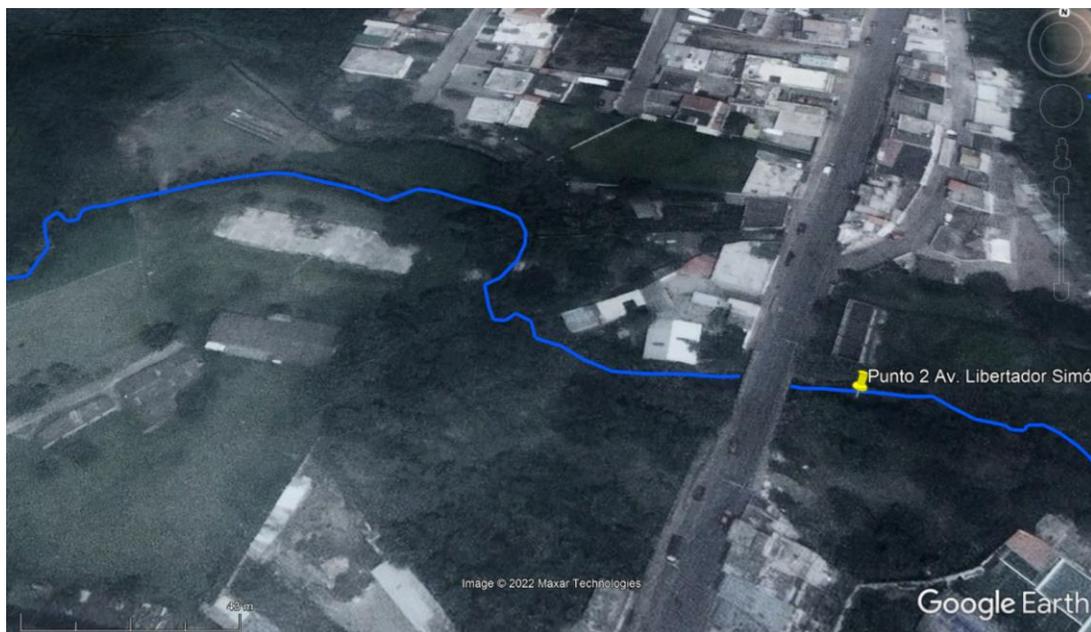
Nota. La ilustración muestra una referencia del punto 1 de muestreo.

Punto 2: Av. Libertador Simón Bolívar

Coordenadas: E795634,2; N9993822,1.

Figura 6

Vista superior del punto 2



Nota. La ilustración muestra la ubicación del punto 2 de muestreo.

Figura 7

Vista aérea del Punto 2 (Av. Libertador S. Bolívar)



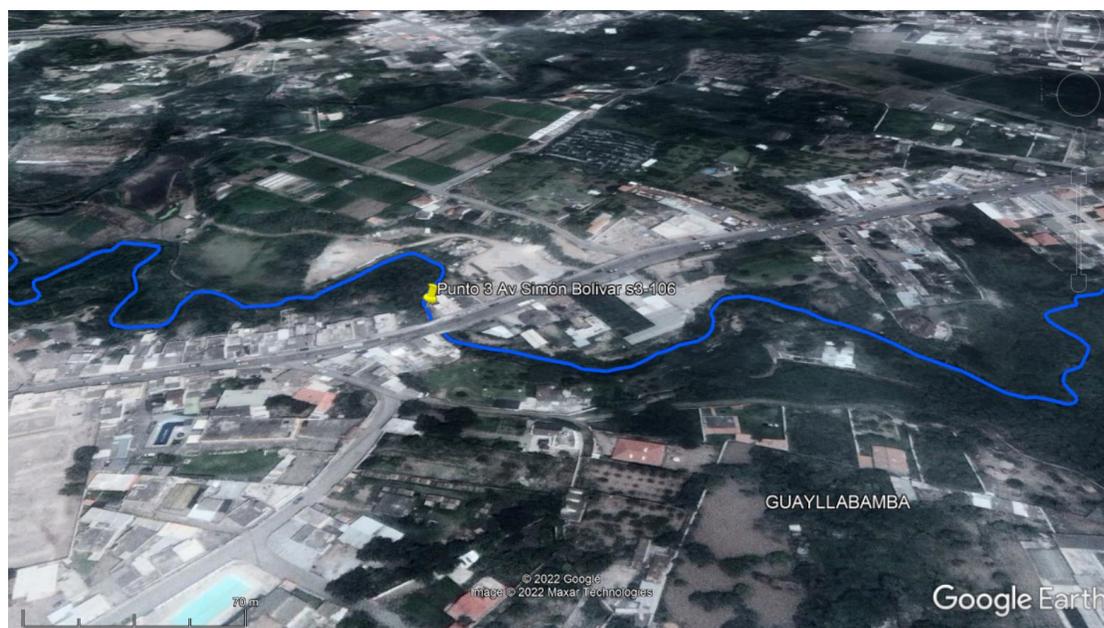
Nota. La ilustración muestra una referencia del punto 2 de muestreo.

Punto 3: Av. Libertador Simón Bolívar S3-106

Coordenadas: E794860,6; N9993115,2.

Figura 8

Vista superior del punto 3



Nota. La ilustración muestra la ubicación del punto 3 de muestreo.

Figura 9

Vista aérea del Punto 3 (Av. Libertador S. Bolívar S3-106)



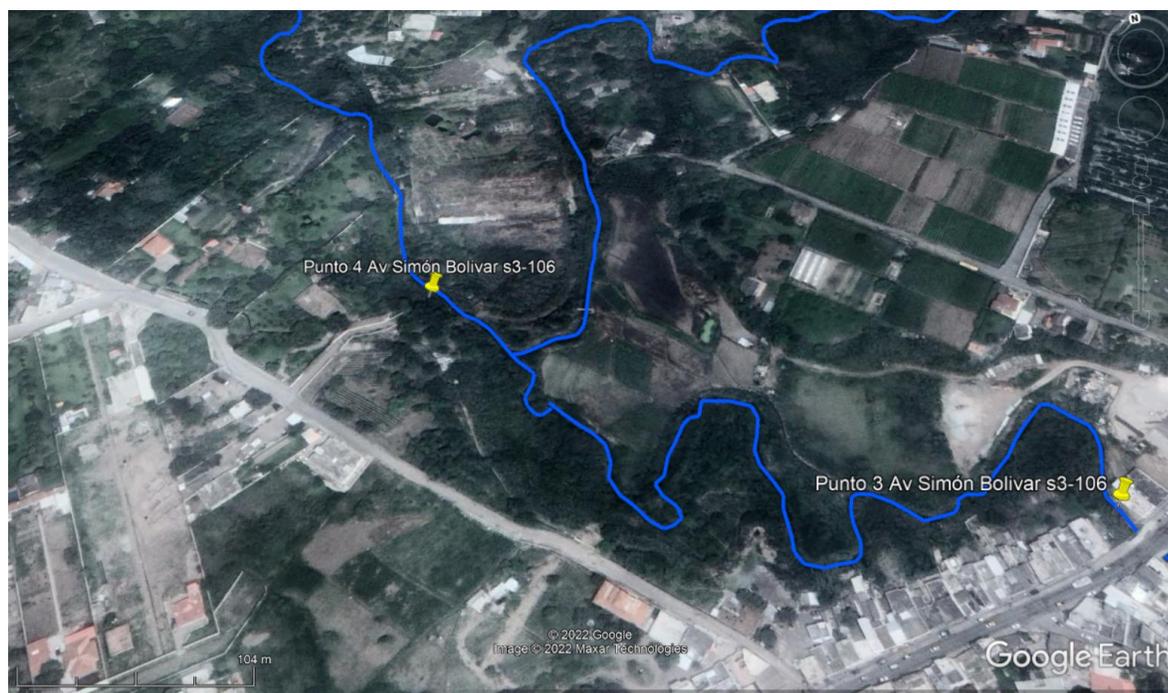
Nota. La ilustración muestra una referencia del punto 3 de muestreo.

Punto 4: 24 de mayo, cerca de los dos encuentros

Coordenadas: E7945,20; N9993299,6.

Figura 10

Vista superior punto 4



Nota. La ilustración muestra la ubicación del punto 4 de muestreo.

Figura 11

Vista aérea Punto 4 (24 de mayo)

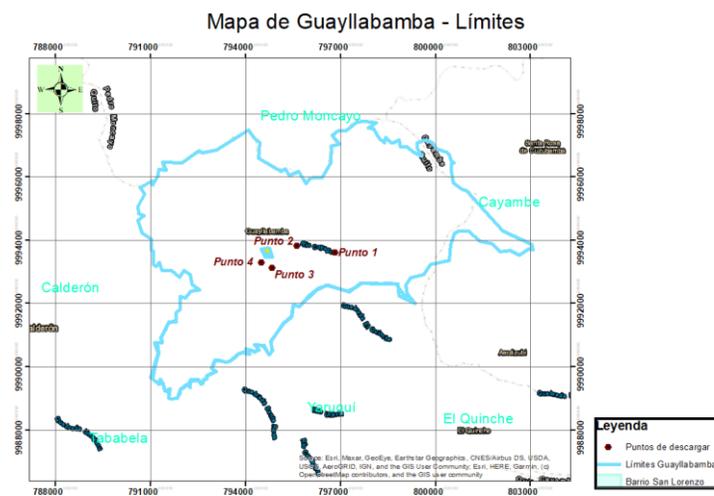


Nota. La ilustración muestra una referencia del punto 4 de muestreo.

Barrio San Lorenzo:

Figura 12

Ubicación de puntos de descarga y Barrio San Lorenzo



Nota. La ilustración muestra la ubicación de los puntos de descarga y el Barrio San Lorenzo.

Figura 13

Vista aérea del Barrio San Lorenzo



Nota. La ilustración muestra los límites del Barrio San Lorenzo.

Uso del Suelo

En la Parroquia de Guayllabamba las pendientes que presenta el suelo no son muy pronunciadas teniendo un máximo de 12%, generalmente en esta parroquia se encuentra presente vegetación arbustiva y tiene un clima seco. La parroquia cuenta con vertientes inferiores y relieves de las cuencas interandinas de la sierra Norte, la mayoría de la parroquia principalmente la parte poblada cuenta con relieves de los fondos de las cuencas con pendientes que no superan el 12% entonces se puede encontrar cultivos, mosaicos agropecuarios y gran cantidad de vegetación (Guzmán, González, Salvador, Zabala, & Castillo, 2015).

En la parroquia de Guayllabamba se tiene suelos de Clase III, esto significa que son tierras arables, en las cuales se reduce la posibilidad de elegir cultivos anualmente puesto que se presentan inconvenientes por aumento de costos de producción debido a limitaciones considerables, por lo tanto, se requieren métodos para el manejo de suelo y agua. De manera general, el suelo de clase III se encuentra en pendientes menores al 12%, de igual manera la parroquia cuenta con suelos Clase V que es un suelo de uso limitado pues se requiere de un tratamiento especial (Guzmán, González, Salvador, Zabala, & Castillo, 2015).

De una manera más detallada se establece el uso del suelo con los siguientes campos tomados del año 2015 del Ministerio de Agricultura:

Área poblada: En la parroquia de Guayllabamba el suelo es de uso residencial y se encuentra en incremento.

Cultivos: El suelo se utiliza para cultivos, para comercialización y para la propia subsistencia de sus habitantes.

Vegetación arbustiva: de igual manera el suelo en esta parroquia cuenta vegetación que es usada para comercialización de frutales.

Plantación forestal: son de uso comercial, son plantaciones de comercialización de frutas cítricas, limón, mandarina, chirimoya, aguacate y sapote.

Para la parroquia de Guayllabamba, es necesario identificar la zona de cultivos destinados para comercio y subsistencia, es importante analizar el avance de los límites agrícolas.

Hay que tener en cuenta que según el diagnóstico de Riego y Drenaje de la Provincia de Pichincha, el 45% de las captaciones de riego se encuentran dentro del área que posee cultivos lo que se traduce a que estos sistemas están expuestos a contaminación por la presencia de pesticidas y agroquímicos, además los poblados de la parroquia de Guayllabamba por encontrarse por debajo de los 2800 msnm, es decir bajo las principales ciudades de la provincia, reciben una fuerte contaminación por la descarga de las aguas residuales sin tratamiento (Provincial, 2014).

Agua

La subcuenca de Guayllabamba recoge las aguas de los siguientes ríos: Pita, San Pedro, Machángara, Guambi, Chiche, Uravia, Coyago, Monjas, Pisque y Pachijal.

La Comunidad destaca los canales de riego del Pisque, Uravia, Coyago y tomas de agua, que sirven a diferentes sectores como son Chaquibamba, La Victoria; Cooperativa Agrícola Sofía; Huertos Familiares San Juan, centro y oeste de la parroquia; parte Baja de Santo Domingo de los Duques, Santo Domingo de Burneo, La Victoria, Villacís 2, San Ana, Parte Baja Doña Ana, San Lorenzo; San Rafael, Pueblo Viejo; Santa Ana, San Pedro; Villacís, Loja, San Rafael; Sector San Antonio, San José de Doña Ana y parte baja de Doña Ana (Guzmán, González, Salvador, Zabala, & Castillo, 2015).

Caracterización de aguas residuales

Identificación de los procesos y tipo de aguas vertidas al Río Coyago.

Observaciones de campo:

Se realizaron visitas para observar los lugares donde se descargan aguas residuales e identificar el tipo de agua que sale de cada ducto o tubería, si bien existen varios puntos de descarga, se seleccionaron cuatro puntos importantes y accesibles de mayor descarga.

Se observaron puntos de descarga por medio de un sistema de alcantarillado, pero también instalaciones separadas o independientes, esto puede deberse a que no toda la población cuenta con una conexión al sistema de alcantarillado y expulsan los desechos domésticos mediante una instalación propia y directa al río.

Cabe mencionar también que muchos de estos puntos de descarga son también botaderos de basura aumentando la contaminación del afluente.

Muestreo y evaluación de las aguas residuales

Una vez identificados los puntos de descarga de agua residual se procede a tomar muestras de las mismas. Cada muestreo se lo hizo con el método de los 3 enjuagues que consiste en lavar el recipiente por tres ocasiones con el agua del lugar donde va a ser tomada, esto con el fin de evitar contaminación externa en el recipiente de la muestra con cualquier otro tipo de elemento que no pertenezca al sitio de análisis.

Las primeras muestras se tomaron el día sábado 8 de enero de 2022 en los 4 puntos de descarga seleccionados con recipientes de capacidad igual a 1 litro.

La segunda toma de muestras se realizó el día miércoles 12 de enero en los 4 puntos de descarga seleccionados con recipientes de capacidad igual a 1 litro.

Finalmente se hizo un tercer muestreo el día sábado 15 de enero en los 4 puntos seleccionados con recipientes de capacidad de 1 litro.

Todas las muestras fueron llevadas al laboratorio el mismo día en que fueron tomadas utilizando un cooler con hielo para mantenerlas en óptimas condiciones hasta la llegada y entrega en el laboratorio de investigación de la Universidad Politécnica Salesiana.

Las muestras se recolectaron a partir de las 11:30 hasta las 15:30 con los materiales que se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1

Materiales utilizados para muestreo

Materiales
Limpión de cocina
Recipientes de 1 litro de capacidad
Recipiente de ½ litro de capacidad
Agua destilada
Guantes

Nota. La tabla muestra los materiales necesarios para realizar el muestreo en los puntos de descarga.

Parámetros físicos:

Los parámetros físicos evaluados en campo se los hicieron con ayuda de los equipos que fueron prestados en el laboratorio CENCINAT, de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, y se midieron los parámetros de conductividad eléctrica, pH y temperatura.

Figura 14

Equipos para medir parámetros in situ



Nota. La imagen muestra los equipos que se utilizaron para medir los parámetros de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

La turbidez se la analizó en laboratorio con el método Nefelométrico APHA, AWWA y WEF. (2017).

A continuación, se muestra los parámetros evaluados en campo:

Tabla 2

Parámetros y Equipos utilizados para análisis in situ

Parámetro	Equipo Utilizado
Potencial de hidrógeno (pH)	pH-metro (Metlertoledo)
Conductividad Eléctrica (CE)	Conductímetro
Temperatura (C)	pH-metro y conductímetro

Nota. La tabla muestra los parámetros y equipos utilizados para el análisis in situ de las muestras recolectadas.

Parámetros químicos:

Los parámetros químicos analizados en laboratorio corresponden a Nitratos que se lo hizo por el método de reducción por cadmio, fosfatos por Adaptación del método del aminoácido del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18ª edición.

Para la demanda química de oxígeno se utilizó la adaptación del método 410.4 aprobado por la USEPA para la determinación de la DQO en aguas superficiales y residuales.

Para determinar los sólidos totales disueltos se utilizó la norma APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 20.

Finalmente, para determinar coliformes totales se empleó el método de conteo de coliformes por medio de placas Petri film 3m.

Límites admitidos y criterios de calidad

Para la caracterización de aguas residuales se ha tomado en cuenta los parámetros que establece el libro sexto anexo 1 de la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, de donde se extraen los límites permisibles de los siguientes parámetros para la descarga de aguas residuales:

Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola**Tabla 3***Límites de calidad para agua de uso agrícola*

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Sólidos Totales Disueltos	STD	mg/l	3000
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	1000

Nota. La tabla muestra los límites máximos permisibles para agua de uso agrícola. Fuente: (TULSMA, 2017).

Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego

Tabla 4

Niveles guía de calidad de agua para riego

Problema Potencial	Unidades	Grado de Restricción			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Conductividad Eléctrica	Milimhos/cm	0,7	0,7	3	>3
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	450	450	2000	>2000
Nitrógeno	mg/l	5	5	30	>30
pH	Rango normal		6,5 – 8,4		

Nota. La tabla muestra una guía para el grado de calidad de agua para riego. Fuente: (TULSMA, 2017).

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Tabla 5

Límites permisibles hacia un cuerpo de agua dulce

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo
Temperatura	°C		<35
Nitratos	NO ₃ -	mg/l	10
Fosfatos	PO ₄ -3	mg/l	0,05
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250

Nota. La tabla muestra los límites de descarga máximos permisibles hacia un cuerpo de agua dulce. Fuente: (TULSMA, 2017).

Parámetros analizados

Tabla 6

Resultados de muestreo del día sábado 8 de enero

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
pH		7,71	7,65	7,9	7,48

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Temperatura		20,5	21,15	18,63	23
CE	Mho	601,33	706,33	639,67	737,33
Turbidez	UTN	2,45	5,85	5,52	6,02
Nitratos	mg/l	16,1	24,4	4,3	6,9
Fosfatos	mg/l	1,9	3,1	2	4,7
DQO	mg/l	332	149	0	229
STD	mg/l	504	544	538	588
Coliformes T.	NMP/100ml	364	334	245	240

Nota. La tabla muestra los resultados de análisis in situ y en laboratorio del día 8 de enero de los cuatro puntos seleccionados.

Tabla 7

Resultados de muestreo del día miércoles 12 de enero

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
pH		7,68	7,57	7,83	7,58
Temperatura		20,43	20,78	22,8	22,41
CE	Mho	490,65	539,67	660	584,33
Turbidez	UTN	6,55	17,9	23,33	6,22
Nitratos	mg/l	16,5	32,2	59,2	13,3
Fosfatos	mg/l	2,3	1,7	2,5	1,9
DQO	mg/l	266,66	251,67	354,71	452,75
STD	mg/l	372	340	420	360
Coliformes T.	NMP/100ml	205	327	328	127

Nota. La tabla muestra los resultados de análisis in situ y en laboratorio del día 12 de enero de los cuatro puntos seleccionados.

Tabla 8

Resultados de muestreo del día sábado 15 de enero

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
pH		7,78	7,72	7,82	7,62
Temperatura		17,13	17,85	17	19,98
CE	Mho	426	505,33	680,67	563,33
Turbidez	UTN	27,57	16,71	23,4	17,12
Nitratos	mg/l	17,5	5,5	32,6	19,6
Fosfatos	mg/l	2,7	2	2,95	1,56
DQO	mg/l	95	116	75,5	25

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
STD	mg/l	460	440	480	380
Coliformes T.	NMP/100ml	674	450	431	313

Nota. La tabla muestra los resultados de análisis in situ y en laboratorio del día 15 de enero de los cuatro puntos seleccionados.

Tabla 9

Resultados generales de los muestreos realizados en el mes de enero

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Potencial de hidrógeno	pH	7.72	7.64	7.85	7.56
Temperatura	°C	19.35	19.92	19.48	21.8
Conductividad Eléctrica	Mho	505.99	583.78	660.11	628.33
Turbidez	UTN	12.19	13.48	17.42	9.78
Nitratos	mg/l	16.7	20.7	32.03	13.26
Fosfatos	mg/l	2.3	2.27	2.48	2.72
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	231.22	172.22	215.11	235.58
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	445.33	441.33	479.33	442.67
Coliformes Totales	NMP/100ml	414.33	370.33	334.67	226.67

Nota. La tabla muestra los resultados promedio de los análisis in situ y en laboratorio de los cuatro puntos seleccionados.

CAPÍTULO III

Resultados

Caracterización y Discusión de Resultados**Resultados Generales:*****Puntos de descarga***

Comparación de los resultados con la normativa TULSMA, libro sexto anexo 1:

Punto 1**Tabla 10**

Resultados Punto 1 de muestreo

Parámetro	Unidad	Punto 1	Límite máximo	Observación
Potencial de hidrógeno	pH	7.72	6,5-8,4	
Temperatura	°C	19.35	<35	
Conductividad Eléctrica	Milimhos/cm	505.99	1	
Turbidez	UTN	12.19	10	Tratamiento
Nitratos	mg/l	16.7	10	Tratamiento
Fosfatos	mg/l	2.3	0,05	Tratamiento
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	231.22	250	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	445.33	450	
Coliformes Totales	NMP/100ml	414.33	1000	

Nota. La tabla muestra los resultados de la caracterización con los parámetros que necesitan tratamiento en el punto 1.

Punto 2**Tabla 11**

Resultados Punto 2 de muestreo

Parámetro	Unidad	Punto 2	Límite máximo	Observación
Potencial de hidrógeno	pH	7.64	6,5-8,4	
Temperatura	°C	19.92	<35	

Parámetro	Unidad	Punto 2	Límite máximo	Observación
Conductividad Eléctrica	Milimhos/cm	583.78	1	
Turbidez	UTN	13.48	10	Tratamiento
Nitratos	mg/l	20.7	10	Tratamiento
Fosfatos	mg/l	2.27	0,05	Tratamiento
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	172.22	250	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	441.33	450	
Coliformes Totales	NMP/100ml	370.33	1000	

Nota. La tabla muestra los resultados de la caracterización con los parámetros que necesitan tratamiento en el punto 2.

Punto 3

Tabla 12

Resultados Punto 3 de muestreo

Parámetro	Unidad	Punto 3	Límite máximo	Observación
Potencial de hidrógeno	pH	7.85	6,5-8,4	
Temperatura	°C	19.48	<35	
Conductividad Eléctrica	Milimhos/cm	660.11	1	
Turbidez	UTN	17.42	10	Tratamiento
Nitratos	mg/l	32.03	10	Tratamiento
Fosfatos	mg/l	2.48	0,05	Tratamiento
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	215.11	250	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	479.33	450	
Coliformes Totales	NMP/100ml	334.67	1000	

Nota. La tabla muestra los resultados de la caracterización con los parámetros que necesitan tratamiento en el punto 3.

Punto 4**Tabla 13***Resultados Punto 4 de muestreo*

Parámetro	Unidad	Punto 4	Límite máximo	Observación
Potencial de hidrógeno	pH	7.56	6,5-8,4	
Temperatura	°C	21.8	<35	
Conductividad Eléctrica	Milimhos/cm	628.33	1	
Turbidez	UTN	9.78	10	
Nitratos	mg/l	13.26	10	Tratamiento
Fosfatos	mg/l	2.72	0,05	Tratamiento
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	235.58	250	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	442.67	450	
Coliformes Totales	NMP/100ml	226.67	1000	

Nota. La tabla muestra los resultados de la caracterización con los parámetros que necesitan tratamiento en el punto 4.

Una vez que se han realizado los análisis correspondientes en los diferentes puntos de descarga, el agua de este río se puede caracterizar como un agua residual que genera un impacto negativo para el medio ambiente, esto puede deberse al valor alto que posee de nitratos pues según la normativa se supera el límite máximo permitido de 10 mg/l y la turbidez del agua también se ve superada por el límite máximo permisible que es de 10 UTN.

Es preciso aclarar que, si bien los demás parámetros no sobrepasan los valores permitidos por la norma, dichos valores son para aguas residuales, por lo tanto, el agua no es apta para riego en su totalidad y mucho menos para consumo humano pues puede generar problemas para la salud.

La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales no se presenta como una opción viable debido a que se cuenta con una gran cantidad de puntos de descarga, es decir no está centralizada y no hay una conducción del agua residual hacia una sola zona lo que dejaría sin efectos positivos la construcción de dicha planta.

Una opción que normalmente se presenta como solución es la implementación de letrinas, esto se suele usar cuando en la zonas rurales y zonas marginales no cuentan con sistemas de alcantarillado adecuado o no está disponible para toda la población, esta es una necesidad para evitar el incremento de enfermedades.

Actualmente es difundida la costumbre de hacer al aire libre las necesidades fisiológicas que a su vez son consumidas por animales domésticos principalmente. Es por esta razón que existe un ciclo de varios tipos de parásitos entre los humanos y los animales lo que resulta peligroso en el caso de parásitos intestinales y de enfermedades variadas.

Si bien las letrinas son una solución a nivel rural y casero sirven para tratar las aguas servidas del domicilio de una familia por lo tanto no es una opción viable para tratar todos los inconvenientes que presenta el río Coyago.

Otra opción es la construcción de pozos sépticos, los cuales tienen la función de separar, procesar y transformar los elementos orgánicos acumulados en las aguas, estos elementos son las grasas y aceites y otros sólidos que puedan ser parte de los elementos orgánicos.

Un pozo séptico es considerado como una alternativa económica y sencilla al momento de realizar procesos referentes al saneamiento ambiental, pero se debe tener en cuenta que los pozos sépticos no representan un tratamiento completo al momento de tratar aguas residuales.

Dentro de las características de estos pozos, se tiene que pueden retener residuos por años, entonces es importante tener en cuenta que se deben retirar periódicamente los elementos sólidos acumulados y se los debe llevar a zonas donde puedan ser tratados.

Otro aspecto importante a considerar es que los pozos sépticos funcionan mejor mientras acumulen mayor cantidad de aguas residuales por lo tanto mientras más grande sea la estructura, su funcionamiento será más eficiente.

Esta puede ser una opción viable como propuesta de saneamiento para el barrio San Lorenzo, tomando en cuenta que se puede implementar una de estas estructuras no por familia sino por zonas aprovechando su efectividad al ser de mayor tamaño la estructura.

Otra alternativa son los biofiltros conocidos también como humedales artificiales con los cuales se pueden tratar las aguas grises siendo uno de los sistemas de tratamiento más empleados en las zonas rurales y benefician a cientos de personas y al medio ambiente debido a la posible reutilización de las aguas grises una vez tratadas y disminuyendo la contaminación del medio ambiente.

Propuesta a implementar

Existen otras alternativas altamente eficientes de fácil construcción, bajo costo de inversión y bajos costos de operación y mantenimiento.

Se presenta a continuación una alternativa que se puede implementar en el barrio San Lorenzo de la parroquia de Guayllabamba con su proceso constructivo y beneficios, esta alternativa es la construcción de biofiltros que ayudarán no solo al medio ambiente sino también a los usuarios gracias a la reutilización del agua tratada.

Biofiltro, Filtro-Jardinera o Lavadero Ecológico

Esta propuesta se refiere a la implementación de biofiltros que son una opción sostenible para tratar aguas residuales en localidades pequeñas, en este caso se plantea su incorporación para beneficio de los habitantes del Barrio San Lorenzo de la parroquia de Guayllabamba. El

biofiltro es similar o imita a un humedal de flujo subterráneo sembrado con plantas de pantano, semi acuáticas y otras especies que puedan formar parte de este proceso, los biofiltros son tratamientos que se utilizan para remover contaminantes existentes en el agua evitando así la contaminación de los cuerpos de agua y se puede reutilizar para otras actividades como riego, uso pecuario o como reposición de las aguas descargadas de los inodoros.

En las residencias particularmente se usan los biofiltros para tratar las aguas grises que son las provenientes de la ducha, lavadero o piedra de lavar, lavadora y cocina. A estos filtros biológicos también se les conoce con el nombre de lavadero ecológico o filtro jardinera y su proceso es un tratamiento que se realiza con microorganismos los cuales degradan los contaminantes.

Aguas Grises

Las aguas grises provienen de fregaderos, lavadoras, duchas y no son peligrosas para la salud como las aguas negras, sin embargo, contienen bacterias, materia orgánica y nutrientes los cuales cuando se descargan directamente a un cuerpo de agua generan un tipo de contaminación llamada eutrofización que lo que hace es dañar la vida en el agua, otro problema que se puede presentar es cuando las aguas grises se estancan por un periodo de doce horas o más, en este tiempo la materia orgánica se descompone y las bacterias comienzan a multiplicarse adquiriendo similitud con las aguas negras por lo tanto pueden ser causa de riesgos para la salud, producir mal olor y contaminar el medio ambiente, entonces es importante mantener las aguas grises fluyendo y evitar contacto con las mismas mientras no hayan sido tratadas (Buenfil, 2022).

Tratamiento de aguas grises

El proceso para tratar las aguas grises resulta sencillo debido a que en el suelo existen microorganismos que degradan la materia orgánica y con el uso de plantas, éstas requieren

nutrientes y agua para su desarrollo, por lo tanto, las aguas grises pueden ser un recurso si se aprovecha de manera adecuada en lugar de formar parte de la contaminación cuando se las descarga directamente a un cuerpo de agua. Los materiales más efectivos a utilizar para el tratamiento de aguas grises son la arena o la grava volcánica ya que permiten que los microorganismos se adhieran a su superficie gracias a su porosidad, otros elementos importantes en este proceso son las plantas de pantano que pueden crecer en medio saturados, es decir, en presencia permanente de agua.

Funcionamiento de un biofiltro

Antes del biofiltro se instala una trampa de grasas la cual tiene dos funciones importantes, la primera es que funciona como sedimentador para los sólidos y la segunda es que sirve para retener las grasas, éstas a su vez forman una nata en la superficie del agua y se la puede retirar en determinados periodos de tiempo, entonces la trampa de grasa protege al filtro impidiendo que éste se tape (Buenfil, 2022).

Una vez que se ha hecho este pre tratamiento, el agua sale de la trampa de grasas mediante una tubería y se dirige hacia el filtro que consiste en un jardín impermeable conformado por tres secciones, la primera sección que consiste en la parte por donde ingresa el agua, es donde se recomienda se ubique el material granular de mayor tamaño para prolongar la vida útil de la grava.

La segunda sección o sección intermedia es donde se siembran las plantas de pantano por lo tanto esta sección se la rellena con arena mezclada con tierra, esta parte del filtro es importante porque ahí es donde se atrapan los sólidos más pequeños y el agua fluye más lento aumentando el tiempo de retención del filtro, mientras más tiempo pase el agua en el filtro, mayor será su tratamiento.

La tercera sección al igual que la primera, está rellena con grava que sirve para distribuir de manera uniforme el agua una vez que ingresa y sale del filtro.

Es importante mencionar que las aguas grises presentan nitrógeno y fósforo debido al uso de jabones y detergentes, por esta razón las plantas de pantano son una alternativa eficiente ya que consumen estos nutrientes aprovechándolos para su desarrollo y crecimiento.

El agua que sale del filtro es mucho más limpia que cuando ingresa y puede ser utilizada para riego de jardines, árboles o para la reutilización en los tanques de los inodoros. Del total de agua que ingresa al filtro, un 70% se puede reutilizar y del 30% restante una parte la utilizan las plantas para su crecimiento y otra parte la evaporan.

Mantenimiento

Un tema importante a considerar son los malos olores y para evitar este inconveniente lo adecuado es que la trampa de grasas tenga una tapa la cual permite también la aeración, otro aspecto importante es la remoción de la nata de grasa que se recomienda se lo haga una vez por mes con una coladera para un funcionamiento correcto de este tratamiento, la nata removida puede ser enterrada.

Otro aspecto importante en el mantenimiento es la remoción de sólidos acumulados, esto se recomienda se lo haga una vez cada dos o tres meses, para esto se debe vaciar el agua de la trampa de grasa y aplicarla en el filtro, luego se quitan los sólidos con una pala.

Para mantener el filtro se lo hace como una jardinera normal, se deben podar las plantas regularmente, esto hace que absorban más nutrientes para desarrollar nuevas ramas y hojas.

Dependiendo el cuidado y mantenimiento de este sistema, en un periodo de 5 a 10 años el filtro puede taparse por la acumulación de sólidos, el indicador para saber cuándo esto ocurra es

que el agua va a comenzar a desbordarse por el filtro en lugar de seguir por el tubo de salida, entonces se deberá cambiar el material filtrante por uno nuevo, esto es la grava y la mezcla de arena con tierra.

Consideraciones para la construcción de un biofiltro

Teniendo en cuenta que una familia promedio, según el INEC y la OMS, está conformada entre 4 a 5 personas y que según el censo que está en proceso, año 2022, en el barrio de San Lorenzo, se ha identificado también que cada familia cuenta con un número de entre 4 a 5 habitantes.

Diseño del Biofiltro

Para comenzar el diseño del biofiltro se debe tener en cuenta la cantidad de personas que habitan en una vivienda y la cantidad estimada de agua que se gasta en ese hogar.

Dotación de Agua

Según la Organización Mundial de la Salud, una persona requiere de 100 litros de agua al día, sin embargo, en Quito según la EMAPS una persona promedio gasta entre 180 litros por día y en días calurosos hasta 200 litros por día.

En zonas con climas calurosos el consumo de agua es mayor, a continuación, se presenta una tabla con las dotaciones que recomienda la norma INEN:

Tabla 14

Dotaciones recomendadas

Población Habitantes	Clima	Dotación l/Hab/día
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230

Población Habitantes	Clima	Dotación l/Hab/día
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Nota. La tabla indica las dotaciones recomendadas de acuerdo al número de habitantes y tipo de clima. Fuente: (INEN, 1992).

La dotación recomendada para la parroquia de Guayllabamba por su clima y número de habitantes es de 200 a 230 l/Hab/día.

De acuerdo a un estudio realizado en 2018 por (Carvajal & Pino, 2018) en la parroquia de Guayllabamba la dotación neta promedio de uso doméstico es de 200 litros/Hab/día.

Según las normativas que en Latinoamérica son similares, el gasto promedio de aguas residuales domésticas se estima en el 80% de la dotación del consumo de agua.

Para el diseño del biofiltro es importante estimar el caudal medio de aguas residuales de acuerdo al siguiente procedimiento:

Caudal Medio de Agua Potable

El caudal medio de agua potable se lo calcula de la siguiente manera:

$$Q_{medio AP} = \frac{Pf * D}{86400}$$

Donde:

Pf: Población futura = 5 habitantes

D: Dotación de agua potable = 200 l/hab/día

$$Q_{medio AP} = \frac{5 * 200}{86400} = 0,012 \text{ l/seg}$$

$$Q_{medio AP} = 0,012 \frac{\text{l}}{\text{seg}} = 1 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Caudal Medio de Agua Residual

El caudal medio de agua residual se lo calcula de la siguiente manera.

$$Q_{medio\ AR} = C_{AR} * Q_{medio\ AP}$$

Donde:

C_{AR} : Coeficiente aporte agua residual = 80%

$$Q_{medio\ AR} = 0,8 * 1\ m^3/día = 0,8\ m^3/día$$

Resumen de cálculos:

Tabla 15

Resumen de caudales

Cálculo de Caudales			
Caudal medio agua potable	Q medio ap.	1,000	m ³ /día
Caudal medio aguas residuales	Q medio ar	0,800	m ³ /día

Nota. La tabla muestra resultados de cálculo de caudales para el diseño del biofiltro.

El biofiltro se debe diseñar con capacidad para 0,8 m³/día y para garantizar el buen funcionamiento se lo hará para 1 m³ tomando en cuenta las recomendaciones de diseño por parte del Programa de Gestión Comunitaria de la Cuenca del Río Dipilto en la ciudad de Nueva Segovia en Nicaragua y los procesos de construcción del Instituto Ecotec.

A continuación, se presenta el diseño y construcción del biofiltro con capacidad para cinco personas.

1.- Trampa de grasa

La trampa de grasas puede ser como una caja de registro cuyas dimensiones adecuadas para una familia de 4 a 5 personas son de 60cm x 60cm x 60cm. Para la entrada de agua gris se utiliza un tubo de PVC de 2 pulgadas y se la hace en la parte superior de la trampa de grasa mientras que

el tubo de salida se lo instala a una distancia de 15 cm por debajo de la entrada, en el interior de la trampa de grasa el tubo de salida se acompaña con un codo y un tubo que llega a una distancia de 10 centímetros encima del firme de la trampa, esto se lo hace para que el agua suba lentamente por el tubo de salida y de esta manera se tenga el tiempo suficiente para que los sólidos se puedan sedimentar.

También es importante tener en cuenta que la altura del tubo de salida debe estar lo suficientemente alto para tener una pendiente en el tubo que conduce el agua hacia la entrada del biofiltro.

Las partes que integran este sistema de tratamiento domiciliario son una trampa de grasas, el biofiltro o jardinera y la salida final que puede ir a un tanque de almacenamiento para su reutilización o hacia el sistema de alcantarillado, estas partes se pueden apreciar en la siguiente ilustración:

Figura 15

Esquema del sistema de tratamiento



Nota. La ilustración muestra un esquema de la trampa de grasa.

2.- Biofiltro o jardinera

Para una familia de 4 a 5 personas se debe calcular un metro cúbico de volumen total de biofiltro y la profundidad no debe superar los 60cm, las dimensiones de este biofiltro pueden ser de 2x1x0,5m o de 1,5x1,33x0,5m (largo – ancho – alto).

Se recomienda construir el biofiltro con un firme de 5cm y una pendiente leve que garantice un escurrimiento adecuado del agua.

La entrada del agua al biofiltro que proviene de la trampa de grasas se debe ubicar en la parte superior del mismo a unos 5cm debajo del borde, en el interior del biofiltro la entrada se puede hacer de dos maneras, la primera consiste en que sea directamente dentro del material filtrante o por medio de un tubo de PVC de 2 pulgadas que será un tubo de distribución y tendrá perforaciones realizadas con taladro de 0,5cm de diámetro cada 4 o 5 cm a lo largo del mismo.

Para la salida del biofiltro se coloca un tubo de PVC de 2 pulgadas y se puede dirigir el agua hacia un área de riego o puede ser reutilizada para los tanques de inodoros y el restantes puede ser evacuado hacia el sistema de alcantarillado.

Otra recomendación es en cuanto a las secciones del biofiltro, es adecuado poner las secciones de grava volcánica en $1/6$ de la longitud total que sería al inicio y al final del biofiltro y en el centro, que serían los $2/3$ restantes se debe colocar la mezcla de arena y tierra.

Se puede plantar en todo el largo del filtro sin embargo es recomendable hacerlo en la sección con arena y tierra con plantas nativas de la región por facilidad al plantarlas.

Procedimiento de construcción de un Biofiltro:

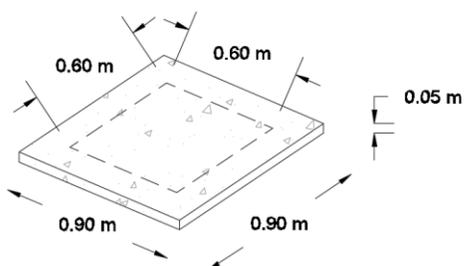
Construcción de la trampa de grasas

- ✓ Primero se debe realizar las conexiones correspondientes para conducir las aguas grises del domicilio hacia la trampa de grasas.

- ✓ Se debe nivelar una superficie de 90 x 90 cm en donde se vaya a ubicar la trampa de grasas.
- ✓ Se coloca un firme de 90 x 90 cm y 5 cm de espesor dejando por lo menos 2 días de fraguado.

Figura 16

Firme para trampa de grasa



Nota. La ilustración muestra las dimensiones de la base para la trampa de grasa.

- ✓ Se levantan los muros de ladrillos hasta una altura de 60 cm dejando los espacios que corresponda para la entrada y salida de la trampa de grasas como se indica en la siguiente figura:

Figura 17

Trampa de grasas



Nota. La ilustración muestra la configuración de la trampa de grasa con su entrada y salida de agua.

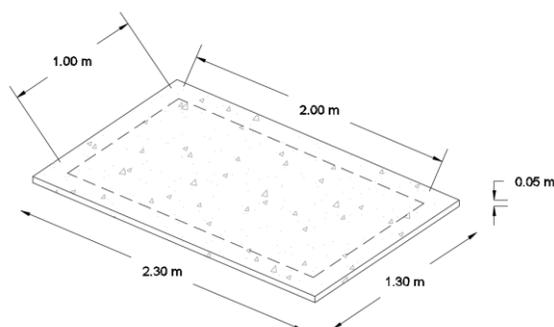
- ✓ Enlucir con cemento todo el interior de la trampa de grasa agregando en la mezcla el impermeabilizante para cemento.
- ✓ Colocar los codos y extensiones de PVC teniendo cuidado con los niveles y las pendientes.

Construcción del Biofiltro:

- ✓ Nivelar y compactar una superficie con dimensiones similares a las sugeridas. Tomando el ejemplo del filtro de 2x1x0,5 m (largo – ancho – altura).

Figura 18

Firme para biofiltro



Nota. La ilustración muestra las dimensiones de la base para el biofiltro.

- ✓ Levantar muros de ladrillo hasta una altura de 50cm dejando los espacios para la entrada y salida del biofiltro.

Figura 19

Esquema de biofiltro



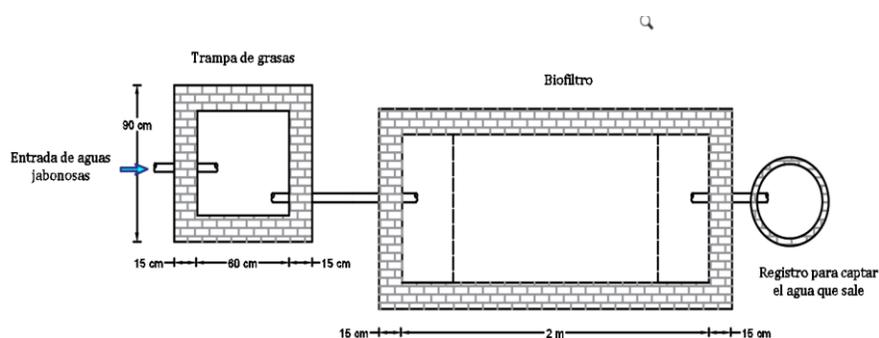
Nota. La ilustración muestra la configuración del biofiltro.

- ✓ Enlucir con cemento todo el interior agregando el impermeabilizante a la mezcla de cemento dejando por lo menos un día de secado.
- ✓ Medir la longitud total interior del biofiltro y dividir para 6 para determinar la distancia en la que colocará la grava.

A continuación, se presenta un esquema de la trampa de grasas más el biofiltro:

Figura 20

Esquema en planta del sistema de tratamiento



Nota. La ilustración muestra una vista en planta del sistema de tratamiento por biofiltro.

- ✓ La proporción de arena y tierra recomendada para la sección 2 del biofiltro es 4 partes de arena por 1 parte de tierra. Ubicar los tablonces transversalmente para que sirvan de barrera mientras se rellena el biofiltro.
- ✓ Rellenar las secciones poco a poco para que los tablonces se mantengan en su posición, es decir, colocar una carretilla en la sección 1 y luego una carretilla de mezcla en la sección 2 y luego una carretilla en la sección 3, repitiendo el procedimiento hasta llegar a unos 10 cm del borde del biofiltro.
- ✓ Si se desea que el agua que va a ingresar al biofiltro se distribuya de manera uniforme por medio de un tubo perforado, se lo debe realizar de la siguiente manera:

- Se debe cortar un tubo de PVC de 2 pulgadas con una longitud similar al ancho del filtro.
- Luego se marcar una línea horizontal a lo largo del tubo para que sea una guía al momento de perforar.
- Se recomienda perforar cada 5cm con una broca que tenga un diámetro de 0,5cm.
- Se debe tapar un extremo del tubo.
- Se conecta el tubo perforado con el tubo de entrada al filtro asegurándose que las perforaciones queden en dirección hacia abajo y con una pequeña pendiente.
- ✓ En la sección 2 se procede a sembrar las plantas verificando que el tallo no quede muy profundo.
- ✓ Se procede a remover los tablonces y conectar la salida de la trampa de grasas con la entrada del biofiltro.
- ✓ Pegar las conexiones con pegamento de PVC excepto la del tubo de distribución pues este se puede tapar y es necesario retirarlo momentáneamente para darle mantenimiento.

Una vez que se ha detallado el proceso constructivo y las recomendaciones se tienen los cálculos propios para determinar las dimensiones y comparar si es necesario aumentar o disminuir alguna sección o dimensión.

Cálculo de materiales

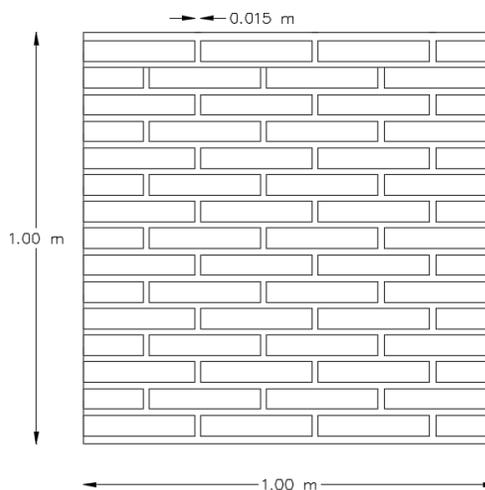
Para los Ladrillos se utilizará ladrillo común de 27x11x5 cm

$$L = 27 \text{ cm}; a = 11 \text{ cm}; e = 5 \text{ cm}$$

Para un metro cuadrado se necesita la siguiente cantidad de ladrillos:

Figura 21

Esquema de un metro cuadrado



Nota. La ilustración muestra el detalle de ladrillos requeridos por metro cuadrado.

$$\text{Cantidad de ladrillos} = (L + ej) \times (e + ej) \times (0,01^2)$$

Donde:

L= largo del ladrillo

e = espesor del ladrillo

ej = espacio de la junta

$$\text{Cantidad de ladrillos por metro cuadrado} = 1/((27 + 1,5) \times (5 + 1,5) \times (0,01^2))$$

$$\text{Cantidad de ladrillos por metro cuadrado} = 53,9811$$

Como se tiene una caja de 60x60x60 cm y el biofiltro es de 200x100x50 cm se calculan los metros cuadrados totales:

$$A_{total} = \text{área de la trampa de grasa} + \text{área del biofiltro}$$

$$A_{total} = ((60 \times 60) + (90 \times 60) + (230 \times 50) + (100 \times 50)) \times 2$$

$$A_{total} = 51000 \text{ cm}^2$$

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

Número de ladrillos totales = A_{total} x ladrillos por metro cuadrado

$$\text{Número de ladrillos totales} = 5,1 \times 53,9811$$

$$\text{Número de ladrillos totales} = 275,3036 \text{ ladrillos}$$

Se considera el 5% de desperdicio:

$$\text{Número de ladrillos totales} = 275,3036 + 275,3036 \times 0,05$$

$$\text{Número de ladrillos totales} = 289,068$$

Entonces se necesitan 290 ladrillos en total.

Cantidad de cemento y arena para muros

Se obtiene el volumen de mortero por m², para esto se necesita las dimensiones de los ladrillos y el espesor de la pared o muro que se requiere:

$$V_{mo} = V_{mu} - V_{la}$$

$$V_{mo} = 1 \times 1 \times 0,11 - 54 \times 0,27 \times 0,11 \times 0,05$$

$$V_{mo} = 0,02981 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para los 5,1 metros cuadrado se necesita un volumen total de:

$$V_{mo\text{total}} = 0,02981 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 5,1 \text{ m}^2$$

$$V_{mo\text{total}} = 0,1520 \text{ m}^3$$

La dosificación recomendada de mortero para mampostería de acuerdo con la empresa Holcim es 1:5 (Holcim, 2022), Entonces se hace la relación para determinar la cantidad de cemento y arena de la siguiente manera con ayuda de una hoja de cálculo:

Con la dosificación, el volumen total de mortero y el peso específico del cemento se calcula la relación de volúmenes de cemento y arena:

Tabla 16*Dosificación para muro de ladrillo*

Dosificación		
Volumen Total	0,152	m3
Peso E. cemento	3,14	T/m3
Cemento	1	
Arena	5	
Ripio	0	
Total	6	

Nota. La tabla muestra la dosificación requerida de mortero para los muros de ladrillo.

Tabla 17*Volúmenes para muros de ladrillo*

Volúmenes			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	0,1667	0,025	m3
Arena	0,8333	0,127	m3
Ripio	0,0000	0,00	m3
Volúmenes			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	523,33	79,56	kg
Cemento	10,4667	1,591	Sacos
Arena	0,833	0,127	m3
Ripio	0,000	0,00	m3
Agua	287,833	43,76	Kg
Agua	0,58	0,088	m3

Nota. La tabla muestra los volúmenes requeridos de cada material para los muros de ladrillo.

Fuente: Autor.

Tabla 18*Resumen de volúmenes para muro de ladrillo*

Volúmenes Resumen			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	20,93	1,59	Sacos
Arena	0,67	0,10	m3
Ripio	0,00	0,00	m3
Agua	0,29	43,76	Lt.

Nota. La tabla muestra las cantidades de material requerido para los muros de ladrillo.

Cantidad de cemento y arena para los firmes

Para los firmes la dosificación se puede emplear de 1:4:1 (cemento: arena: agua) y se tienen las siguientes cantidades:

Para la trampa de grasas:

L1= 90cm; A1= 90cm; e1=5cm

$$Vol\ firme1 = 0,9m \times 0,9m \times 0,05m$$

$$Vol\ firme1 = 0,041\ m^3$$

Para el biofiltro:

L2= 230cm; A2= 130cm; e2=5cm

$$Vol\ firme2 = 2,3m \times 1,3m \times 0,05m$$

$$Vol\ firme2 = 0,1495\ m^3$$

Volumen total para el firme:

$$Vol\ firme1 + firme2 = 0,191\ m^3$$

Entonces se hace la relación para determinar la cantidad de cemento y arena de la siguiente manera con ayuda de una hoja de cálculo:

Con la dosificación, el volumen total de mortero y el peso específico del cemento se calcula la relación de volúmenes de cemento y arena:

Tabla 19

Dosificación de mortero para bases

Dosificación		
Volumen Total	0,191	m ³
Peso E. cemento	3,14	T/m ³
Cemento	1	
Arena	3	

Ripio	0
<u>Total</u>	<u>4</u>

Nota. La tabla muestra la dosificación de mortero para las bases de la trampa de grasa y el biofiltro.

Tabla 20

Volúmenes de materiales para bases

<u>Volúmenes</u>			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	0,25	0,048	m3
Arena	0,750	0,143	m3
Ripio	0,0000	0,00	m3
<u>Volúmenes</u>			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	785,00	149,15	kg
Cemento	15,700	2,983	Sacos
Arena	0,750	0,143	m3
Ripio	0,000	0,00	m3
Agua	431,75	82,033	Kg
Agua	0,432	0,082	m3

Nota. La tabla muestra los volúmenes requeridos de cada material para la base de trampa de grasa y biofiltro.

Tabla 21

Resumen de volúmenes para bases de mortero

<u>Volúmenes Resumen</u>			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	15,70	2,98	Sacos
Arena	0,75	0,14	m3
Ripio	0,00	0,00	m3
Agua	0,43	82,03	Lt

Nota. La tabla muestra las cantidades de material requerido para la base de trampa de grasa y biofiltro.

Cantidad de cemento y arena para enlucido

La dosificación recomendada es 1:4 para enlucidos y se añadirá un impermeabilizante.

Volumen de mortero requerido:

$$\text{Vol enlucido biofiltro} = ((2 \times 0,5 \times 0,02) + (1 \times 0,5 \times 0,02)) \times 2$$

$$\text{Vol enlucido} = 0,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol enlucido trampa de grasa} = (0,6 \times 0,6 \times 0,02) \times (4)$$

$$\text{Vol enlucido trampa de grasa} = 0,0288 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol total enlucido} = \text{Vol biofiltro} + \text{Vol trampa de grasa}$$

$$\text{Vol total enlucido} = 0,088 \text{ m}^3$$

Entonces se hace la relación para determinar la cantidad de cemento y arena de la siguiente manera con ayuda de una hoja de cálculo:

Con la dosificación, el volumen total de mortero y el peso específico del cemento se calcula la relación de volúmenes de cemento y arena para enlucido:

Tabla 22

Dosificación para enlucido de muros

Dosificación		
Volumen Total	0,088	m3
Peso E. cemento	3,14	T/m3
Cemento	1	
Arena	5	
Ripio	0	
Total	6	

Nota. La tabla muestra la dosificación requerida de mortero para enlucido de muros de ladrillo.

Tabla 23

Volúmenes para enlucido de muros

Volúmenes			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	0,167	0,015	m3
Arena	0,833	0,074	m3
Ripio	0,0000	0,00	m3
Volúmenes			

Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	523,33	46,47	kg
Cemento	10,4667	0,93	Sacos
Arena	0,833	0,07	m3
Ripio	0,000	0,00	m3
Agua	287,833	25,56	Kg
Agua	0,2878	0,03	m3

Nota. La tabla muestra los volúmenes requeridos de cada material para enlucido de trampa de grasa y biofiltro.

Tabla 24

Resumen de volúmenes para enlucido

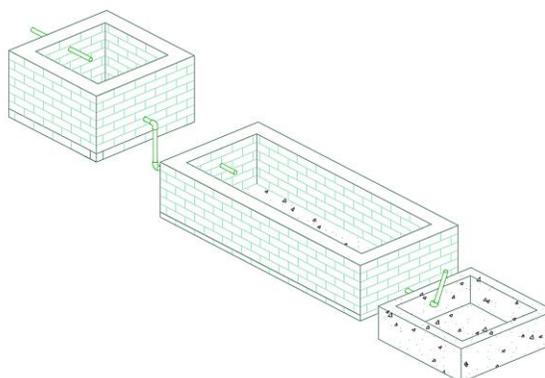
Volúmenes Resumen			
Para	1 m3	Total	Unidad
Cemento	10,47	0,93	Sacos
Arena	0,83	0,07	m3
Ripio	0,00	0,00	m3
Agua	0,29	25,56	Lt

Nota. La tabla muestra las cantidades de material requerido para enlucido de trampa de grasa y biofiltro.

Esquema del Sistema de tratamiento de aguas residuales:

Figura 22

Vista en 3D del Sistema completo



Nota. La ilustración muestra una representación en 3D del sistema de tratamiento.

A continuación, se presenta una tabla resumen con los materiales totales requeridos para la construcción del biofiltro:

Tabla 25

Resumen de materiales requeridos

MATERIALES REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO		
Material	Cantidad	Unidad
Cemento	6	Saco
Ladrillos	290	U
Arena	1	m3
Grava	1	m3
Tierra	4	Sacos
Codo PVC de 2 pulgadas	5	U
Tapa PVC de 2 pulgadas	1	U
T de PVC de 2 pulgadas	1	U
Tubo PVC de 2 pulgadas	4	m
Tablones de madera de 1x0,5m	2	U
Plantas de pantano	5-10	
Pegamento PVC	1	lata
Impermeabilizante para cemento	1	litro

Nota. La tabla muestra los materiales necesarios para la construcción del sistema de tratamiento.

Análisis de Precios Unitarios

Presupuesto

Tabla 26

Presupuesto de obra

PRESUPUESTO DE OBRA					
ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Limpieza manual del terreno	m ²	4,00	0,38	1,52
2	Replanteo y nivelación	m ²	3,80	7,26	27,59
3	Desalojo de material	m ³	0,60	3,04	1,82

4	Excavación de trampa de grasa y biofiltro	m ³	2,20	1,19	2,63
5	Mampostería de ladrillo e = 15 cm	m ²	5,10	30,85	157,35
6	Enlucido trampa de grasa y biofiltro	m ²	4,44	36,96	164,11
7	Tubería PVC 50 mm	m	4,00	20,61	82,44
8	Limpieza final de la obra	glb	1,00	5,49	3,84
TOTAL (\$)					441,29

Nota. La tabla muestra el presupuesto calculado para el sistema de tratamiento por medio de biofiltro.

Limpieza manual de terreno

Tabla 27

Rubro de Limpieza manual del terreno

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	1	Unidad		M2	
Detalle:	Limpieza manual del terreno				
Equipo					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta manual (5% M.O.)	1	0,05	0,05	1	0,02
Subtotal M					0,02
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estr. Oc. E2)	2	3,61	7,23	0,05	0,36
Subtotal N					0,36
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo
			A	B	C=A*B

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	1	Unidad		M2	
Detalle:	Limpieza manual del terreno				
	Subtotal O				0,00
	Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
	Subtotal P				0,00
	Total, costos directos (M+N+O+P)				3,04
	Indirectos y utilidades %:			0%	0,00
	Otros indirectos %:				
	Costo total del rubro (CD+CI):				3,04

Nota. La tabla indica el análisis de precios unitarios para la limpieza del terreno.

Replanteo y Nivelación

Tabla 28

Rubro replanteo y nivelación

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	2	Unidad		m2	
Detalle:	Replanteo y nivelación				
	Equipo				
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% M.O.)	1	0,05	0,05	1	0,15
Equipo topográfico	hora	1	3,75	0,010	0,04
	Subtotal M				0,18
	Mano de obra				
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Albañil	(Estr. Oc. D2)	2	3,66	0,400	2,93

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	2	Unidad		m2	
Detalle:	Replanteo y nivelación				
Subtotal N					2,93
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Tiras de eucalipto 2.5x2.5x250 (cm) rústica	u	2,00	0,45	0,90	
Clavos (2"-2 1/2"- 3"- 3 1/2") para madera	kg	1	2,5	2,50	
Estacas	u	5	0,15	0,75	
Subtotal O					4,15
Transporte					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Subtotal P					
Total, costos directos (M+N+O+P)				7,26	
Indirectos y utilidades %:			0%	0,00	
Otros indirectos %:					
Costo total del rubro (CD+CI):				7,26	

Nota. La tabla indica el análisis de precios unitarios para el replanteo y nivelación.

Desalojo de Material

Tabla 29

Rubro desalojo de material

Análisis de precios unitarios				
Rubro:	3	Unidad		m3
Detalle:	Desalojo de material			
Equipo				

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	3	Unidad		m3	
Detalle:	Desalojo de material				
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% M.O.)	1	0,05	0,05	1	0,14
Subtotal M					0,14
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estr. Oc. E2)	2	3,61	7,23	0,40	2,89
Subtotal N					2,89
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Subtotal O					0
Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Subtotal P					0
Total, costos directos (M+N+O+P)					3,04
Indirectos y utilidades %:				0%	0,00
Otros indirectos %:					
Costo total del rubro (CD+CI):					3,04

Nota. La tabla indica el análisis de precios unitarios para desalojo de material.

Excavación del terreno

Tabla 30

Rubro Excavación para trampa de grasas y biofiltro

Análisis de precios unitarios						
Rubro:					Unidad	m3
Detalle:	Excavación trampa de grasa y biofiltro					
Equipo						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Herramienta menor (5% M.O.)	1	0,05	0,05	1	0,06	
SUBTOTAL M					0,06	
Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Albañil (Estr. Oc. E2)	2	3,66	7,31	0,1	0,73	
Maestro Mayor en Ejecución de Obras Civiles (Estr. Oc. D2)	1	4,05	4,05	0,1	0,41	
Subtotal N					1,14	
Materiales						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
			A	B	C=A*B	
Subtotal O					0	
Transporte						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
			A	B	C=A*B	
Subtotal P						
Total, costos directos (M+N+O+P)					1,19	

Análisis de precios unitarios			
Rubro:	Unidad	m3	
Detalle:	Excavación trampa de grasa y biofiltro		
	Indirectos y utilidades %:	0%	0,00
	Otros indirectos %:		
	Costo total del rubro (CD+CI):		1,19

Nota. La tabla indica el Análisis de Precios Unitarios para la excavación de trampa de grasas y biofiltro.

Mampostería de ladrillo

Tabla 31

Rubro Mampostería de ladrillo

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	5	Unidad		M2	
Detalle:	Mampostería de ladrillo 15cm				
Equipo					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% M.O.)	1	0,05	0,05	0,62	0,07
	Subtotal M				0,07
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/h r	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Albañil (Estr. Oc. E2)	1	3,66	3,66	0,62	2,27
	Subtotal N				2,27
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Ladrillo mambión 27x11x5 cm	u	54,00	0,27	14,58	
Cemento Holcim	saco	1,59	7,86	12,50	

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	5	Unidad		M2	
Detalle:	Mampostería de ladrillo 15cm				
Arena fina	m3	0,10	12	1,20	
Agua	m3	0,58	0,41	0,24	
	Subtotal O				28,52
	Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
	Subtotal P				
	Total, costos directos (M+N+O+P)				30,85
	Indirectos y utilidades		0%	0,00	
	%:				
	Otros indirectos %:				
	Costo total del rubro (CD+CI):				30,85

Nota. La tabla indica el Análisis de Precios Unitarios para mampostería de ladrillo de 15cm.

Enlucido de muros

Tabla 32

Rubro enlucido de muros

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	6	Unidad		M2	
Detalle:	Enlucido de muros				
	Equipo				
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% M.O.)	1	0,05	0,05	1	0,16
	Subtotal M				0,16
	Mano de obra				
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo

Análisis de precios unitarios						
Rubro:	6	Unidad			M2	
Detalle:	Enlucido de muros					
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Albañil (Estr. Oc. E2)	1	3,66	3,66	0,89	3,25	
Subtotal N					3,25	
Materiales						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
		A	B	C=A*B		
Cemento Holcim	saco	1	7,86	30,73		
Arena fina	m3	0,21	12	2,52		
Agua	m3	0,72	0,41	0,30		
Subtotal O					33,55	
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
		A	B	C=A*B		
Subtotal P						
Total, costos directos (M+N+O+P)					36,96	
Indirectos y utilidades %:				0%	0,00	
Otros indirectos %:						
Costo total del rubro (CD+CI):					36,96	

Nota. La tabla indica el Análisis de Precios Unitarios para el enlucido de muros.

Tubería y accesorios PVC

Tabla 33

Rubro tubería y accesorios de PVC

Análisis de precios unitarios			
Rubro:	7	Unidad	
Detalle:	Tubería y accesorios PVC		
		m	
Equipo			

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	7	Unidad		m	
Detalle:	Tubería y accesorios PVC				
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% M.O.)	1	0,05	0,05	1	0,18
Subtotal M					0,18
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Albañil (Estr. Oc. E2)	1	3,66	3,66	1	3,66
Subtotal N					3,66
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Tubo PVC EC 50mm x 6m 0.63mpa(91psi), e= 1.3 mm	u	1,00	8,52	8,52	
Codo PVC 50mm	u	5,00	1,28	6,40	
Tapón PVC 50mm	u	1,00	0,45	0,45	
Te PVC 50 mm	u	1,00	1,40	1,40	
Subtotal O					16,77
Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Subtotal P					
Total, costos directos (M+N+O+P)					20,61
Indirectos y utilidades %:				0%	0,00

Análisis de precios unitarios			
Rubro:	7	Unidad	m
Detalle:	Tubería y accesorios PVC		
		Otros indirectos %:	
		Costo total del rubro (CD+CI):	20,61

Nota. La tabla indica el Análisis de Precios Unitarios para accesorios de PVC.

Limpieza final

Tabla 34

Rubro limpieza final de la obra

Análisis de precios unitarios					
Rubro:	8	Unidad		Glb	
Detalle:	Limpieza final				
Equipo					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% M.O.)	1	0,05	0,05	1	0,18
Subtotal M					0,18
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Albañil (Estr. Oc. E2)	1	3,66	3,66	1,00	3,66
Subtotal N					3,66
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Subtotal o					0,00
Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	

Análisis de precios unitarios				
Rubro:	8	Unidad	Glb	
Detalle:	Limpieza final			
		A	B	C=A*B
	Subtotal P			
	Total, costos directos (M+N+O+P)			3,84
	Indirectos y utilidades %:		0%	0,00
	Otros indirectos %:			
	Costo total del rubro (CD+CI):			3,84

Nota. La tabla indica el Análisis de Precios Unitarios para la limpieza final de la obra.

CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se realizó un levantamiento de información sobre el uso del suelo teniendo como resultado que el 92,48% del territorio de la parroquia tiene características rurales, es decir el suelo se usa para cultivos, pastizales y mosaicos agropecuarios mientras que el 7,52% restante es de uso residencial, recreativo y comercial.
- Existen tres clases de suelos en la parroquia de Guayllabamba siendo el que predomina, el suelo de clase VIII que es un tipo de suelo que debe mantenerse con vegetación para fines de protección de vida silvestre y fuentes de agua, luego se tiene un suelo de clase III que son suelos que sirven para actividades agrícolas, pecuarias o forestales y por último se tiene un suelo de clase V que son tierras con limitaciones en el uso para cultivos anuales en el campo de la agricultura.
- Con el levantamiento de información realizado en la parroquia de Guayllabamba se pudo determinar los puntos de descarga de aguas residuales más importantes y los parámetros adecuados para la caracterización de las aguas residuales tomando como referencia nitratos y fosfatos debido a la actividad agrícola en la parroquia. Fueron cuatro los puntos elegidos y se hicieron tres muestreos en el lapso de dos semanas sin obtener grandes variaciones en los resultados una vez comparados.
- Los análisis de la caracterización muestran altos niveles de nitratos (entre 12 y 18 mg/l) y fosfatos (entre 2 y 3 mg/l) en el río Coyago superando el límite máximo permisible de 10 mg/l en nitratos y 0,05 mg/l en fosfatos, esto puede deberse al uso sin control de fertilizantes en las zonas agrícolas de la parroquia.

- El tratamiento que se propone para el barrio San Lorenzo es un biofiltro domiciliario tomando en cuenta que el suelo en la parroquia de Guayllabamba presenta características rurales en el 92,48% de su territorio, es decir se usa para cultivos, pastizales y mosaicos agropecuarios por lo que cuenta con el espacio necesario para ubicar los biofiltros y beneficiar a la población.
- El sistema de tratamiento que se propone cuenta con una trampa de grasas de 0,6x0,6x0,6 m la cual hace la función de sedimentador para los sólidos y de retenedor de grasas impidiendo de esta manera que se tape el biofiltro, luego se tiene el filtro de 2x1x0,5 m en donde se atrapan los sólidos más pequeños, entonces el agua fluye más lento por lo que aumenta el tiempo de retención haciendo que aumente el tratamiento.
- Una vez que se ha tratado el agua residual, ésta se puede evacuar al sistema de alcantarillado o directamente a un cuerpo de agua contribuyendo con el medio ambiente ya que se descarga un agua residual con mayor calidad de la que se tenía antes de ingresar al biofiltro, este sistema de tratamiento es muy utilizado en poblaciones rurales beneficiando a sus habitantes y al medio ambiente.
- El sistema de tratamiento propuesto está diseñado para una familia promedio, de cinco integrantes, con un presupuesto de 441,29 USD de acuerdo a los materiales propuestos.

Recomendaciones

- Realizar capacitaciones y talleres sobre el uso de fertilizantes a los habitantes de la parroquia de Guayllabamba para controlar la cantidad de químicos que descargan sin tratamiento a los cuerpos receptores.

- Realizar capacitaciones y talleres sobre educación ambiental a los habitantes de la parroquia de Guayllabamba para conocer los efectos negativos de descargar aguas residuales sin tratamiento hacia los cuerpos receptores.
- Se deben construir colectores, por parte de las autoridades, para el sistema de alcantarillado y conducir las aguas residuales hacia un mismo punto en donde puedan ser tratadas.
- Conducir el agua residual hasta un recurso principal como el río Guayllabamba y realizar análisis físico-químico y microbiológico para determinar el porcentaje de autodepuración de los ríos secundarios y analizar si se pueden recupera las características iniciales de estos ríos.
- Incentivar a la protección y cuidado de los recursos naturales para cumplir con los derechos establecidos en la constitución (2008) en los artículos 3 y 14 sobre vivir en un ambiente sano y equilibrado.

Referencias

- Alvarez, A. (2006). Biblioteca UNLPAM. Obtenido de Los protozoos. Características generales y su rol como agentes patógenos:
<http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n08a06alvarez.pdf>
- arq.com.mx. (2022). *arq.com.mx*. Obtenido de Buscador de Arquitectura:
<https://noticias.arq.com.mx/Detalles/20465.html>
- Baquero Castellón, C. F. (29 de Mayo de 2018). GUÍA PRÁCTICA DE MANEJO Y TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CASEROS. Bogotá, Coolombia.
- Buenfil, J. (2022). *Ecotec*. Obtenido de Ecoteca, Residuos, Biofiltros: <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Gu--a-Explicativa-del-Biofiltro.pdf>
- Carvajal, S., & Pino, C. (2018). *ESTIMACIÓN DE DOTACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE EN LAS PARROQUIAS RURALES NAYÓN, EL QUINCHE, PUEMBO, PIFO, GUAYLLABAMBA Y LLANO CHICO, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14623>
- Castañeda Villanueva, A. A., & Flores López, H. E. (Septiembre de 2013). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*(5), 14. Recuperado el 18 de Febrero de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/4990/499051554003.pdf>
- Franceys, R. P. (1994). *Guía para el desarrollo del saneamiento in situ*. Ginebra: OMS.
- Grupo Desarrollo Territorial Sostenible. (27 de julio de 2021). *GAD Parroquia Rural Guayllabamba*. Recuperado el febrero de 2022, de <https://gadguayllabamba.gob.ec/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial/>
- Guzmán, D., González, M., Salvador, G., Zabala, G., & Castillo, A. (13 de Mayo de 2015). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de

- Guayllabamba. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Guayllabamba*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768070320001_PDOT_Parroquia_Guayllabamba_2015_Final_15-05-2015_11-06-19.pdf
- Holcim. (2022). *Holcim Ecuador*. Obtenido de <https://www.holcim.com.ec/>
- INEN. (1992). *Código Ecuatoriano de la Construcción*. Quito.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización* (Tercera ed., Vol. 1). (A. Garcia, Ed.)
- Negrón, M., & González, M. (2017). Virus: Generalidades. *Microbiología*, 80.
- Pichincha, G. G. (agosto de 2012). <http://www.pichincha.gob.ec/>. Obtenido de <http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenopaginas/archivos/PDOT%20GUAYLLABAMBA%202012.pdf>
- Pineda, J. (2021). *encolombia.com*. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/tipos-de-sistemas-de-riego/>
- Provincial, D. d. (2014). Diagnóstico de Riego y Drenaje de la Provincia de Pichincha. *Diagnóstico de Riego y Drenaje de la Provincia de Pichincha*. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenopaginas/archivos/Diagn%C3%B3stico%20de%20Riego%20y%20Drenaje%20de%20la%20provincia%20de%20Pichincha.pdf>
- TULSMA. (29 de Marzo de 2017). POLITICAS BASICAS AMBIENTALES DEL ECUADOR. Ecuador.
- Zarza, L. F. (2021). *iagua*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

Anexos

Anexo 1: Resultados de análisis de laboratorio

Anexo 2: Evidencias de muestreo y puntos de descarga

Anexo 3: Planos