



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SANITARIO ECOLÓGICO  
A TRAVÉS DE UN BIOFILTRO DE BAGAZO DE CAÑA PARA  
AGUAS NEGRAS EN LA FINCA OVINA SAN PABLO DE LA  
PARROQUIA RURAL FACUNDO VELA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: Proyecto Técnico**

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA:** VANESSA PAOLA FERNÁNDEZ MOREANO

**TUTOR:** MSC. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA

**Riobamba – Ecuador**

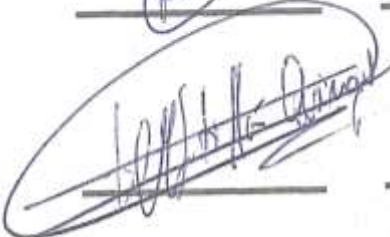

**2019**

**©2019, Vanessa Paola Fernández Moreano**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autora.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SANITARIO ECOLÓGICO A TRAVÉS DE UN BIOFILTRO DE BAGAZO DE CAÑA PARA AGUAS NEGRAS EN LA FINCA OVINA SAN PABLO DE LA PARROQUIA RURAL FACUNDO VELA”, de responsabilidad de la estudiante Vanessa Paola Fernández Moreano, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Juan Carlos González García <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		<u>17/04/2019</u>
MSc. Luis Miguel Santillán Quiroga. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		<u>17/04/2019</u>
Ing. María Soledad Núñez Moreno <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		<u>17/04/2019</u>

Yo, Vanessa Paola Fernández Moreano soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Srta. Vanessa Paola Fernández Moreano

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Vanessa Paola Fernández Moreano, declaro que el presente trabajo es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 17 de Abril del 2019.

---

Srta. Vanessa Paola Fernández Moreano

C.C.:060423674-5

## **DEDICATORIA**

Dedicado con todo el amor a mi madre, pues fue la única quien confió en mí para llegar a este escalón de mi vida profesional, quien, con su apoyo, sus valores y sus palabras, diariamente fue forjándome para no desfallecer. Mi madre que nunca me dio la espalda, por usted esta meta está cumplida. Madre mía siempre será mi fuente de motivación.

A mi hijo, quien llego a completar mi vida en los momentos que más lo necesitaba, a ti mi Arielito Matías porque cada logro será por ti y para ti absolutamente.

Vanessa Paola Fernández Moreano

## AGRADECIMIENTO

En primera instancia le agradezco a mi gran padre Celestial, tu que todo lo puedes con amor gracias por darme la oportunidad de seguir viviendo y por bendecirme cada día.

Agradezco a mi padre y a mis hermanos por estar presentes durante mi crecimiento profesional y alentarme con sus palabras en los momentos imperiosos.

Agradezco a mis suegros por estar en esta etapa final de carrera ayudándome en todo sentido.

A mi Director MSc. Luis Miguel Santillán Quiroga y Miembro de Tribunal Ing. Soledad Núñez por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y en especial a la Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas por haberme permitido acrecentar mis conocimientos los cuales son puestos en práctica en mi diario laborar.

Finalmente, a los representantes de la Finca Ovina San Pablo de la Parroquia Facundo Vela por haberme dado la oportunidad de plasmar todos mis conocimientos adquiridos a lo largo de mi vida universitaria.

Vanessa Paola Fernández Moreano

## TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
 <b>CAPÍTULO I</b>	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1 Diseño .....	4
1.2 Construcción .....	4
1.3 Sanitario ecológico.....	5
1.4 Biofiltración .....	5
1.4.1 Aplicación de los procesos de Biofiltración.....	6
1.4.2 Tipos de sistema filtración utilizaos en procesos de Biofiltración.....	6
1.4.3 Mecanismos de filtración.....	7
1.4.4 Biofiltros.....	9
1.4.5 Parámetros de los Biofiltros sobre lechos orgánicos. ....	10
1.5 Bagazo de caña.....	11
1.5.1 Estructura y composición del bagazo de caña.....	12
1.5.1.1 Estructura .....	12
1.5.1.2 Composición física y morfológica .....	12
1.5.1.3 Composición química .....	13
1.5.1.4 Microbiota del bagazo.....	15
1.6 Aguas residuales .....	16
1.6.1 Aguas residuales domésticas o aguas negras .....	17
1.7 Parroquia Rural Facundo Vela del cantón Guaranda .....	18
 <b>CAPÍTULO II</b>	
2. METODOLOGÍA .....	21
2.1 Generalidades del Lugar de Estudio.....	21
2.1.1 Localización geográfica del lugar de estudio .....	21
2.1.2 Macrolocalización del lugar de estudio.....	21
2.1.3 Microlocalización .....	22
2.1.4 Área de estudio.....	22



2.2	Metodología del trabajo técnico.....	23
2.2.1	<i>Levantamiento topográfico</i> .....	23
2.2.1.1	<i>Materiales</i> .....	23
2.2.1.2	<i>Método</i> .....	24
2.2.2	<i>Muestreo y caracterización del agua blanca, residual y tratada</i> .....	24
2.2.2.1	<i>Materiales</i> .....	24
2.2.2.2	<i>Método agua blanca</i> .....	24
2.2.2.3	<i>Método para el agua residual (pre-tratamiento)</i> .....	25
2.2.2.4	<i>Método para el agua tratada (post-tratamiento)</i> .....	25
2.2.3	<i>Cuantificación del caudal máximo diario del agua descargada del sanitario.</i> .....	25
2.2.3.1	<i>Materiales para la cuantificación del caudal</i> .....	25
2.2.3.2	<i>Método para la cuantificación del caudal</i> .....	26
2.2.4	<i>Dimensionamiento del biofiltro y elaboración de planos.</i> .....	26
2.2.4.1	<i>Materiales para el dimensionamiento del biofiltro y elaboración de planos.</i> .....	26
2.2.4.2	<i>Método para el dimensionamiento del biofiltro y elaboración de planos</i> .....	26
2.2.5	<i>Implementación del sanitario ecológico</i> .....	26
2.2.5.1	<i>Materiales para la implementación del sanitario ecológico</i> .....	26
2.2.5.2	<i>Método para la implementación del sanitario ecológico</i> .....	27

### **CAPÍTULO III**

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1	Caracterización del agua residual de la finca seleccionada.....	28
3.1.1	<i>Levantamiento topográfico del lugar exacto de muestreo</i> .....	28
3.1.2	<i>Caracterización del agua residual negra pre-tratamiento</i> .....	29
3.1.3	<i>Resultados de la cuantificación del caudal máximo diario del agua descargada del sanitario.</i> .....	32
3.2	Implementación de un sanitario ecológico y un sistema de biofiltro con bagazo de caña. ....	33
3.2.1	<i>Diseño del sanitario ecológico y elaboración de planos.</i> .....	34
3.2.1.1	<i>Diseño del cuarto de sanitario ecológico</i> .....	34
3.2.1.2	<i>Diseño de fosa séptica para el sanitario ecológico</i> .....	35
3.2.1.3	<i>Diseño del depósito de secado de lodos residuales para el sanitario ecológico</i> .....	38
3.2.2	<i>Diseño del sistema de biofiltro con bagazo de caña</i> .....	39
3.2.2.1	<i>Diseño del recipiente utilizado para biofiltro</i> .....	39
3.2.2.2	<i>Selección de materiales filtrantes</i> .....	41
3.2.2.3	<i>Descripción del medio filtrante</i> .....	42
3.2.2.4	<i>Cálculos previos de diseño del biofiltro</i> .....	43

3.2.3	<i>Construcción e implantación de un sanitario ecológico</i> .....	46
3.2.3.1	<i>Construcción e implementación del cuarto de sanitario ecológico</i> .....	46
3.2.3.2	<i>Construcción e implementación de la fosa séptica</i> .....	48
3.2.3.3	<i>Construcción e implementación del depósito de lodos</i> .....	50
3.2.4	<i>Construcción e implantación de un sistema de biofiltro con bagazo de caña</i> .....	52
3.3	Evaluación de los resultados del proceso de tratamiento biológico.....	53
3.3.1	<i>Nivel de eficiencia de remoción por parámetro</i> .....	55
3.3.1.1	<i>Color</i> .....	55
3.3.1.2	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i> .....	56
3.3.1.3	<i>Conductividad</i> .....	57
3.3.1.4	<i>Turbiedad</i> .....	58
3.3.1.5	<i>Cloruros</i> .....	58
3.3.1.6	<i>Nitratos</i> .....	59
3.3.1.7	<i>Fosfatos</i> .....	60
3.3.1.8	<i>Sólidos Suspendidos (SS)</i> .....	61
3.3.1.9	<i>Sólidos Disueltos Totales (TDS)</i> .....	62
3.3.1.10	<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	63
3.3.1.11	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</i> .....	63
3.3.1.12	<i>Coliformes Totales (CT)</i> .....	64
3.3.1.13	<i>Coliformes Fecales (CF)</i> .....	65
3.3.2	<i>Nivel de eficiencia de remoción del biofiltro</i> .....	66
3.4	Discusión.....	71
3.5	Presupuesto del proyecto.....	74
CONCLUSIONES.....		77
RECOMENDACIONES.....		78
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

## ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1-1: Tipos de sistema filtración utilizaos en procesos de Biofiltración .....	7
Tabla 2-1: Mecanismos que se pueden dar en el proceso de filtración.....	8
Tabla 3-1: Composición morfológica del bagazo .....	13
Tabla 4-1: Propiedades Químicas del Bagazo.....	14
Tabla 5-1: Tipos de aguas residuales .....	16
Tabla 6-1: Datos Generales de la Parroquia Facundo Vela .....	18
Tabla 1-2: Localización geográfica del lugar de estudio .....	21
Tabla 2-2: Localización de la parroquia Facundo Vela .....	21
Tabla 1-3: Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Agua.....	29
Tabla 2-3: Cantidad de Aguas Residuales Domésticas por persona al día .....	32
Tabla 3-3: Materiales faltantes.....	41
Tabla 4-3: Espesor de lecho de cada material .....	41
Tabla 5-3:Propiedades físicas del bagazo de caña .....	42
Tabla 6-3: Propiedades químicas del bagazo de caña.....	42
Tabla 7-3: Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes .....	44
Tabla 8-3: Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Agua residual filtrada.....	54
Tabla 9-3: Porcentaje de remoción de color para determinar la eficacia del filtro. ....	55
Tabla 10-3: Porcentaje de remoción de pH para determinar la eficacia del biofiltro.....	56
Tabla 11-3: Porcentaje de remoción de Conductividad para determinar la eficacia del biofiltro	57
Tabla 12-3: Porcentaje de remoción de Turbiedad para determinar la eficacia del biofiltro. ....	58
Tabla 13-3: Porcentaje de remoción de Cloruros para determinar la eficacia del biofiltro. ....	58
Tabla 14-3: Porcentaje de remoción de Nitratos para determinar la eficacia del biofiltro.....	59
Tabla 15-3: Porcentaje de remoción de Fosfatos para determinar la eficacia del biofiltro.....	60
Tabla 16-3: Porcentaje de remoción de (SS) para determinar la eficacia del filtro. ....	61
Tabla 17-3: Porcentaje de remoción de (TDS) para determinar la eficacia del biofiltro. ....	62
Tabla 18-3: Porcentaje de remoción de (DQO) para determinar la eficacia del filtro. ....	63
Tabla 19-3: Porcentaje de remoción de (DBO <sub>5</sub> ) para determinar la eficacia del filtro. ....	63
Tabla 20-3: Porcentaje de remoción de (CT) para determinar la eficacia del biofiltro.....	64
Tabla 21-3: Porcentaje de remoción de (CF) para determinar la eficacia del filtro.....	65
Tabla 22-3: Análisis del cumplimiento del TULSMA para el agua residual filtrada .....	66
Tabla 23-3: Análisis de la eficiencia por número de parámetros removidos - Concentraciones	67
Tabla 24-3: Presupuesto del proyecto .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1-1: Principio de funcionamiento de un Biofiltro .....	5
Figura 2-1: Principio de funcionamiento de un Biofiltro .....	10
Figura 3-1: Parámetros de un Biofiltro .....	10
Figura 4-1: Bagazo de caña .....	11
Figura 5-1: Mapa de la Ubicación de la Parroquia Facundo Vela.....	19
Figura 1-3: Levantamiento topográfico del lugar exacto de muestreo .....	28
Figura 2-3: Diseño del sanitario ecológico .....	34
Figura 3-3: Isometría del diseño del sanitario ecológico.....	34
Figura 4-3: Depósitos de madera sosteniblemente gestionada.....	35
Figura 5-3: Diseño del depósito o fosa séptica.....	37
Figura 6-3: Isometría del depósito o fosa séptica.....	37
Figura 7-3: Diseño del depósito de lodos provenientes de la fosa séptica.....	38
Figura 8-3: Isometría del depósito de lodos provenientes de la fosa séptica.....	39
Figura 9-3: Isometría del recipiente utilizado para biofiltro.....	40
Figura 10-3: Isometría del depósito de lodos provenientes de la fosa séptica.....	41
Figura 11-3: Microscopía electrónica de barrido del bagazo de caña .....	43
Figura 12-3: Distribución de materiales filtrantes .....	45
Figura 13-3: Isometría del montaje del sanitario ecológico y un sistema de biofiltro....	46
Figura 14-3: Construcción del cuarto de sanitario ecológico .....	47
Figura 15-3: Instalación de la fosa séptica.....	49
Figura 16-3: Nomenclatura de las caras y aristas de un ladrillo seleccionado .....	50
Figura 17-3: Dimensiones de las caras y aristas de un ladrillo seleccionado .....	51
Figura 18-3: Instalación del biofiltro .....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Páginas
Gráfico 1-3: Caracterización del agua residual negra pre-tratamiento.....	31
Gráfico 2-3: Porcentaje de remoción de color para determinar la eficacia del filtro. ....	55
Gráfico 3-3: Porcentaje de remoción de pH para determinar la eficacia del biofiltro .....	56
Gráfico 4-3: Porcentaje de remoción de Conductividad .....	57
Gráfico 5-3: Porcentaje de remoción de Turbiedad para determinar la eficacia del biofiltro. ....	58
Gráfico 6-3: Porcentaje de remoción de Cloruros para determinar la eficacia del biofiltro. ....	59
Gráfico 7-3: Porcentaje de remoción de Nitratos para determinar la eficacia del biofiltro. ....	59
Gráfico 8-3: Porcentaje de remoción de Fosfatos para determinar la eficacia del biofiltro. ....	60
Gráfico 9-3: Porcentaje de remoción de para determinar la eficacia del filtro. ....	61
Gráfico 10-3: Porcentaje de remoción de (TDS) para determinar la eficacia del biofiltro. ....	62
Gráfico 11-3: Porcentaje de remoción de (DQO) para determinar la eficacia del filtro. ....	63
Gráfico 12-3: Porcentaje de remoción de (DBO <sub>5</sub> ) para determinar la eficacia del filtro. ....	64
Gráfico 13-3: Porcentaje de remoción de (CT) para determinar la eficacia del biofiltro.....	64
Gráfico 14-3: Porcentaje de remoción de (CF) para determinar la eficacia del filtro.....	65
Gráfico 15-3: Presupuesto del proyecto .....	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Plano – Montaje

Anexo B: Plano – Diseño del sanitario ecológico

Anexo C: Plano – Diseño del contenedor

Anexo D: Plano – Diseño del depósito de lodos

Anexo E: Plano – Diseño Biofiltro

Anexo F: Examen químico y microbiológico del agua – blanca

Anexo G: Examen químico y microbiológico del agua – residual

Anexo H: Examen químico y microbiológico del agua – filtrada

Anexo I: Evidencia fotográfica de la toma de coordenadas

Anexo J: Evidencia fotográfica de la toma de muestras

Anexo K: Evidencias fotográficas de la implementación

## RESUMEN

La presente investigación tubo como objeto diseñar un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras aplicado en la Finca Ovina San Pablo de la parroquia rural Facundo Vela, provincia de Bolívar. La metodología del trabajo técnico partió del levantamiento topográfico del lugar exacto de muestreo y su posterior caracterización del agua pre y post tratamiento. Los parámetros de análisis fueron: Color, potencial hidrógeno (pH), Conductividad, Turbiedad, Cloruros, Nitratos, Fosfatos, Solidos Suspendidos (SS), Solidos Disueltos Totales (TDS), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales a tres concentraciones: (i) concentración blanca, (ii) concentración residual y (iii) concentración residual filtrada de una familia del sector. Los valores obtenidos se compararán con los límites especificados en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), la cual nos indica los límites permisibles enmarcados en Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes. En la elaboración del biofiltro se utilizó, materiales como: bagazo de caña, piedra caliza, carbón activado, grava, piedra caliza y como base se encuentra una capa de piedra pómez que sirve como soporte para las demás capas y a su vez evita la filtración de la arena por la tubería. En base a los resultados de los análisis realizados se obtuvo que, con la implementación del biofiltro y utilización de estos materiales, se logró disminuir los valores de los parámetros ensayados en un 77%. Se concluye que se puede gestión la reutilización del agua con ideas innovadoras y de bajo costo. Su aplicación es muy valiosa para la agricultura, dado que garantiza el recurso de forma continua. Se recomienda a corto, mediano y largo plazo replicar la idea y dotar a la comunidad condiciones adecuadas para vivir, dado que con esto se puede evitar enfermedades en los habitantes consiguiendo higiene en los hogares.

Palabras claves: <BIOTECNOLOGÍA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <AGUAS NEGRAS>, <BAGAZO DE CAÑA>, <BIOFILTRO>, < SANITARIO ECOLÓGICO>, < FACUNDO VELA (PARROQUIA)>, <BOLIVAR (PROVINCIA)>.



## ABSTRACT

The following investigation's objective was to design an ecological sanitary through a biofilter with cane bagasse for black waters applied in the Ovina San Pablo Farm of the rural parish Facundo Vela, Bolívar province. The methodology of the technical work started from the topographic survey of the exact place of sampling and its subsequent characterization of the water before and after treatment. The parameters of analysis were: Color, hydrogen potential (pH), Conductivity, Turbidity, Chlorides, Nitrates, Phosphates, Suspended Solids (SS), Total Dissolved Solids (TDS), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (DB05), Total Coliforms (CT) and Fecal Coliforms at three concentrations: (i) white concentration, (ii) residual concentration and (iii) filtered residual concentration of a family of the sector. The values obtained will be compared with the limits specified in the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA), which indicates the permissible limits framed in Environmental Quality Standard and discharge of effluents. In preparation of the biofilter was used, materials such as cane bagasse, limestone, activated carbon, gravel, sand and as a base is a layer of pumice stone that serves as a support for the other capable and in turn prevents the filtration of the sand by a pipe. Based on the results of the analyses carried out, it was obtained that, with the implementation of the biofilter and the use of these materials, the values of the tested parameters were reduced by 77%. It is concluded that water reuse can be managed with innovative and low-cost ideas. Its application is very valuable for agriculture since it guarantees the resource continuously. It is recommended in the short, medium and long term to replicate the idea and provide the community with adequate conditions to live, given that this can prevent diseases in the inhabitants by getting hygiene in the homes.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <WASTEWATER TREATMENT>, <BLACK WATERS>, < CANE BAGASSE >, <BIOFILTER>, <ECOLOGICAL SANITARY>, <FACUNDO VELA (PARISH)>, <BOLIVAR (PROVINCE)>.





## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales en regiones aisladas se enfrenta a serias dificultades técnicas y económicas asociadas con la contaminación difusa, la dispersión geográfica y las condiciones topográficas de los pequeños municipios, asentamientos rurales y agroindustrias. Las tecnologías convencionales, aplicables en varias situaciones, exigen frecuentemente una inversión considerable, y un personal técnico capacitado para su operación y mantenimiento. Desafortunadamente, la disponibilidad financiera de estas regiones es muy limitada y con frecuencia no existe personal técnico para supervisar los sistemas de tratamiento.

En ese sentido surge la necesidad de incluir las dimensiones ambiental y social en el desarrollo de proyectos. Por eso se ha pensado en una estrategia emergente (prototipo) que puede compensar el difícil acceso al alcantarillado y servicios higiénicos, se habla de un sanitario ecológico, el mismo que consiste en el diseño y construcción de un cuarto de baño (inodoro, lavamanos) con conexiones de tuberías que se dirigen a un biofiltro, el cual contendrá bagazo de caña (residuo significativo de las actividades micro empresariales del sector) entre otros medios filtrantes para dar tratamiento a las aguas residuales negras descargadas del mismo. Contribuyendo de esta manera a mermar los efectos de las actividades antrópicas en el medio ambiente y en el bienestar de las personas.

Por lo tanto, se tomó información relacionada a puntos críticos relacionados, anteriormente y nos centramos en el diseño y construcción de un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras aplicado en la Finca Ovina San Pablo de la parroquia rural Facundo Vela, provincia de Bolívar.

Ante tal requerimiento la presente investigación requirió una división en tres (3) capítulos, los cuales se detallan a continuación:

Dentro de la primera parte, constituye el marco teórico referencial que se compone de: una fundamentación teórica la cual trata sobre información teórica referencial respecto al diseño y construcción de un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras como base científica, necesario para orientar el desarrollo de la presente investigación, el marco conceptual que integrar términos utilizados en nuestro documento.

Continuando mostramos uno de los aspectos primordiales en una investigación, la metodología a seguir, la cual ayuda a enfocarnos en el proceso de investigación para llegar a los resultados esperados, la metodología de la investigación se compone de: modalidad de investigación, los tipos de investigación, la determinación del lugar de estudio, los métodos y técnicas e instrumentos a tomar en uso para la recolección de la información inherente al objeto de estudio.

Posteriormente se trabaja en el diseño, construcción e implementación de un baño ecológico y un sistema de biofiltro con bagazo de caña. Finalmente se realiza el estudio de costos referenciales y su respectivo análisis de sensibilidad desde un punto de vista general.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras aplicado en la parroquia Facundo Vela.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar el agua residual de la finca seleccionada.
- Implementar un baño ecológico y un sistema de biofiltro con bagazo de caña.
- Evaluar los resultados del proceso de tratamiento biológico.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1 Diseño

El diseño se define según Arango (2004, p. 4) como el proceso previo de configuración mental, “prefiguración”, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Se aplica habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación y otras disciplinas que requieren creatividad. Para Jiménez & Villegas (2005, p. 12) el diseño involucra la aplicación de distintos métodos y técnicas de modo tal que pueda quedar plasmado bien sea en bosquejos, dibujos, bocetos o esquemas lo que se quiere lograr para así poder llegar a su producción y de este modo lograr la apariencia más idónea y emblemática posible. Garzón, Buelna, & Moeller (2012, p. 3) durante el proceso se debe tener en cuenta además la funcionalidad, la operatividad, la eficiencia y la vida útil del objeto del diseño.

En síntesis, con base en las citas antes expuestas se puede decir que un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctico y a la vez estético en lo que se hace.

### 1.2 Construcción

Este verbo hace mención a edificar, fabricar o desarrollar una obra de ingeniería o de arquitectura de acuerdo con una técnica de trabajo compleja y consta de gran cantidad de elementos. En términos muy generales, se denomina construcción a todo aquello que suponga y exija antes de concretarse disponer de un proyecto predeterminado y que se hará uniendo diversos elementos de acuerdo a un orden. (Yáñez, et al., 2014, p. 11)

En los campos de ingeniería la construcción es el arte o técnica de fabricar prototipos e infraestructuras. En un sentido más amplio, se denomina construcción a todo aquello que exige, antes de hacerse, disponer de un proyecto y una planificación predeterminada. (González, et al., 2009, p. 6)

En este sentido se deduce con base en las conjeturas antes expuestas que la construcción es un sentido simbólico para hacer referencia a todo aquello que, de alguna forma, se fabrica o se produce de acuerdo con una técnica de trabajo compleja y consta de gran cantidad de elementos.

### 1.3 Sanitario ecológico

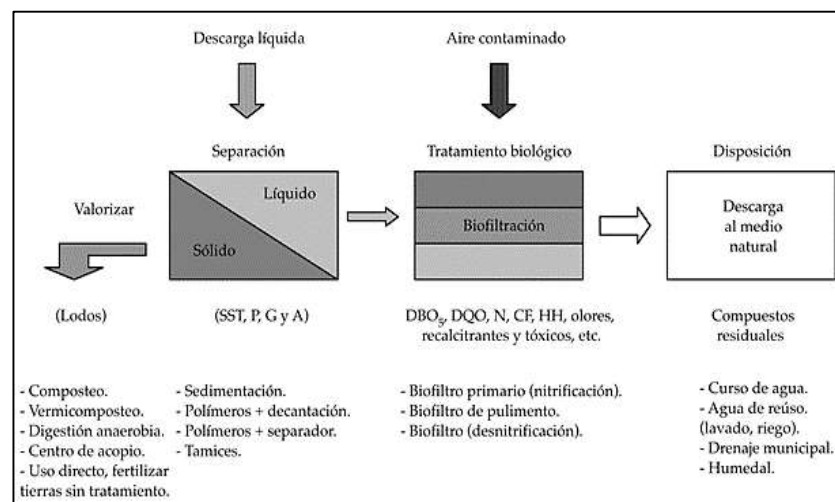
La palabra sanitario designa al artefacto o instalación especialmente dedicada para la limpieza e higiene personal. Por otra parte, el sanitario ecológico es una alternativa para el tratamiento de las excretas humanas. (Guerrero, et al., 2006, p. 13)

En síntesis, con base en lo antes citado se puede concluir que un sanitario ecológico es un elemento higiénico utilizado para recoger y evacuar adecuadamente la orina y excretas del ser humano optimizando el uso del agua.

### 1.4 Biofiltración

El proceso de Biofiltración es uno de los más antiguos que se han aplicado en el tratamiento de aguas para uso urbano, y su objetivo es la separación de partículas y microorganismos objetables en el agua, que no han sido retenidos mediante otros procesos (Arango, 2004, pp. 4-6). Permite tratar simultáneamente efluentes líquidos y gaseosos utilizando medios orgánicos (Garzón, et al., 2012, p. 4). Finalmente según Jiménez & Villegas (2005, p. 12) representa una opción diferente a los procesos fisicoquímicos, tradicionalmente utilizados para la potabilización del agua.

**Figura 1-1:** Principio de funcionamiento de un Biofiltro



Fuente: (Garzón, et al., 2012, p. 4)

La Biofiltración puede efectuarse en medios porosos o en medios granulares como la arena o la antracita, entre otros (Jiménez & Villegas, 2005, p. 12). Recientemente, se han realizado estudios con miras a mejorar el proceso, sustituyendo los materiales de los medios filtrantes, sustituyéndolos por medios fibrosos. Este sistema tiene la particularidad de que purifica el agua en una sola operación, mediante el desarrollo de procesos físicos y bioquímicos que permiten, con la aplicación de bajas tasas de filtración, la formación de una capa biológica sobre la superficie del lecho, que retiene las partículas suspendidas y microorganismos patógenos, re moviendo así el material no deseable para darle al agua las características de potable. (Algeciras, et al., 2002, p. 11)

En este sentido se deduce con base en las conjeturas antes expuestas que la Biofiltración es proceso que, mediante el uso de materiales de filtración biológicos o derivados de materia biodegradable, permite la depuración de aguas residuales provenientes de diferentes actividades industriales, domésticas, textiles, mataderos, etc.

#### ***1.4.1 Aplicación de los procesos de Biofiltración***

Según Garzón, Buelna, & Moeller (2012, pp. 9-11) hay diversos tipos de aplicaciones con procesos de Biofiltración, pero señalamos los más relevantes:

- a) Aguas servidas domiciliarias.
- b) Aplicaciones individuales como en escuelas, fraccionamientos, unifamiliar, conjuntos habitacionales.
- c) Tratamiento de efluentes industriales orgánicos sector agroindustrial.
- d) Se han registrado aplicaciones y estudio en efluentes provenientes de petroquímicas e industria textil.

#### ***1.4.2 Tipos de sistema filtración utilizados en procesos de Biofiltración***

Según Garzón, Buelna, & Moeller (2012, p. 13) existen 3 tipos de sistema filtración utilizados en procesos de Biofiltración:

- 1) Gravedad o presión
- 2) Velocidad de filtración
- 3) Filtración de torta o en profundidad.

**Tabla 1-1:** Tipos de sistema filtración utilizaos en procesos de Biofiltración

No	Tipos	Característica
1	Gravedad o presión	La filtración por gravedad es el proceso en el cual se hace pasar el agua por un filtro, y el proceso se realiza por efectos de la gravedad. Los filtros de presión están contenidos en recipientes y el agua fluye forzada por efectos de presión a través del medio filtrante.
2	Velocidad de filtración	Rápida, lenta o variable. La filtración lenta es aquella que se da a velocidades entre 0,1 y 0,2 m/h, mientras que la filtración rápida se da a velocidades entre 5 y 20 m/h.
3	Filtración de torta o en profundidad	la filtración de torta es el proceso en filtros lentos de arena, en lo que sobre la superficie del filtro, se desarrolla una torta filtrante y la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. La filtración en profundidad se produce cuando la mayor parte del espesor del medio filtrante está activo para el proceso de filtración y la calidad del filtro mejora con la profundidad

Fuente: (Garzón, et al., 2012, p. 13)

### **1.4.3 Mecanismos de filtración**

Según Arango (2004, pp. 12-14) en un filtro el agua a ser tratada contiene una variedad muy grande de partículas en suspensión, que podría tener un diámetro desde 1 mm hasta inferiores a 10-3 mm; las partículas con un diámetro superior a los espacios del material granular, quedan retenidos en las aberturas que existen en el lecho por medio del mecanismo de cernido; por otro lado, aquellas partículas con un diámetro menor que los espacios del material granular entran fácilmente en el material granular logrando así adherirse.

Considerando así, que el mecanismo de filtración se produce mediante dos etapas diferentes pero que se complementan:

- 1) Transporte
- 2) Adherencia

El transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico, generado especialmente por los parámetros que constituyen la transferencia de masas y la adherencia entre partículas y granos es esencialmente un fenómeno superficial, que intervienen parámetros físicos y químicos.

Los mecanismos que permiten la realización de transporte son:

- a) Cernido.
- b) Sedimentación.
- c) Intercepción.
- d) Difusión.
- e) Impacto inercial.
- f) Acción hidrodinámica.

Los mecanismos que producen la adherencia son:

- g) Fuerzas de Van der Waals.
- h) Fuerzas electroquímicas.
- i) Puente químico.

En ese sentido se debe reiterar que no todos los mecanismos obligatoriamente tienen que intervenir al mismo tiempo y, en algunos casos, el aporte de uno o algunos de ellos en retener el material suspendido es intrascendente.

Los mecanismos que se pueden dar en el proceso de filtración serán descritos a continuación en la siguiente Tabla 2-1:

**Tabla 2-1:** Mecanismos que se pueden dar en el proceso de filtración

No	Mecanismo	Característica	Distintivo
1	Mecanismo de transporte	Se debe recalcar que pueden actuar diferentes causas para trasladar el material suspendido por medio del material filtrante que dependerá si la filtración se produce en las capas superiores (factor principal en la acción física de cernido) o en la profundidad del material filtrante (menor importancia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cernido</li> <li>- Sedimentación</li> <li>- Intercepción</li> <li>- Difusión</li> <li>- Impacto inercial</li> <li>- Acción hidrodinámica</li> </ul>



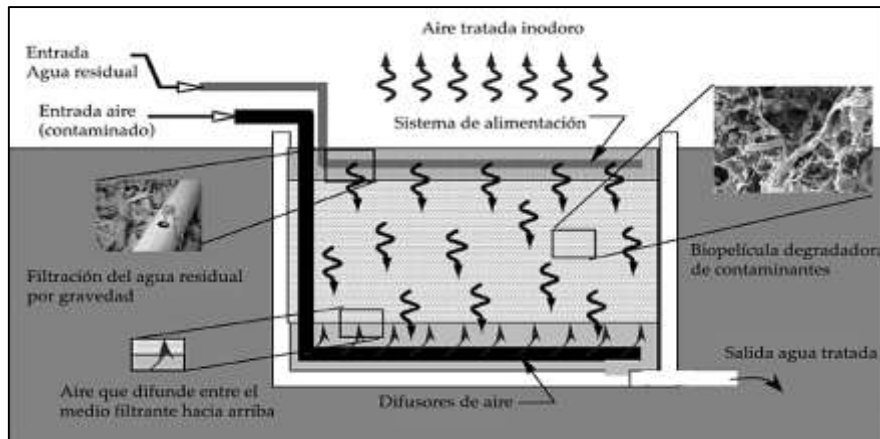
2	Mecanismos de adherencia	Se podría decir que la adherencia es un mecanismo puramente físico, pero también contribuyen varios factores químicos y electroquímicos, donde para que exista adherencia entre el material filtrante y la partícula suspendida se deberá conocer las características de la superficie de las partículas suspendidas y el material filtrante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuerzas de Van der Waals</li> <li>- Fuerzas Electrostáticas</li> <li>- Puente Químico</li> </ul>
---	--------------------------	---	---

Fuente: (Arango, 2004, p. 13)

#### 1.4.4 Biofiltros

Los Biofiltros son un sistema que imita a los humedales naturales, se consideran una tecnología biológica que condesciende remover los contaminantes que se encuentran en las corrientes gaseosas o en aguas residuales (Jiménez & Villegas, 2005, p. 12). Un biofiltro usa materiales orgánicos húmedos para absorber y degradar compuestos olorosos. El material, fresco y humedecido, procesa el aire que se inyecta mediante una rejilla de tubos horadados en un lecho de filtración (Arango, 2004, pp. 10-13).. Los materiales que se usan para la construcción de biofiltros son el compost, la turba, astillas de madera y corteza de árboles, a veces mezclados con materiales biológicamente inertes, como la grava, para mantener una porosidad adecuada y son mantenidos a una humedad adecuada para que tenga lugar el desarrollo microbiano. En este último aspecto hay que considerar que el compost y la corteza de pino son rellenos con una esperanza de vida limitada mientras que en los lechos basados en fibra de turba de alta calidad se pueden garantizar 10 años sin cambio de la biomasa. Además, la fibra de turba es el tipo de relleno que mejor soporta la fauna bacteriana. Estabiliza todo el proceso debido a su alta calidad como tampón de humedad y de nutrientes. (Garzón, et al., 2012, pp. 10-13)

El diseño de los Biofiltros es muy variable, pueden ser sistemas cerrados o abiertos, de uno o múltiples lechos de soporte teniendo cada uno una altura de entre 0.5 y 1.5 m (Arango, 2004, p. 13). Esta tecnología se caracteriza por su sencillez y su independencia de tratamientos previos, así como la no necesidad de adicionar nutrientes, coagulantes, floculantes u otro aditivo. Solo requiere que el efluente llegue con características tales que permita la existencia de organismos vivos, entre ellos pH no inferiores a 4,5 y no mayor a 8. El efluente pasa por el medio filtrante reteniéndose los contaminantes mediante tres mecanismos principales: Filtración pasiva, Adsorción y Absorción, e Intercambio iónico. Los parámetros retenidos son biodegradados por la biocenosis que se instala en el filtro (Garzón, et al., 2012, pp. 10-13).



**Figura 2-1:** Principio de funcionamiento de un Biofiltro

Fuente: (Garzón, et al., 2012, p. 12)

Para reducir el impacto de las aguas contaminadas se han desarrollado nuevas alternativas de depuración, logrando un saneamiento básico del agua por medio de biofiltros, estos pueden actuar como resinas naturales; así mismo por medio de la adsorción y absorción son capaces de fijar diferentes sustancias o contaminantes, reteniéndolos y biodegradándolos, utilizando materiales orgánicos como: cacahuate, jacaranda, bagazo de caña de azúcar y fibra de coco, entre otros, estos no requieren de mayor inversión y se puede considerar utilizarlos en el tratamiento terciario en aguas residuales (Garzón, et al., 2012, pp. 12-15)

#### 1.4.5 Parámetros de los Biofiltros sobre lechos orgánicos.

Según Garzón, Buelna, & Moeller (2012, p. 13) los Biofiltros son sistemas que están compuestos por una capa principal de biofiltración compuestos por materiales de origen biodegradable o de origen biológico 0.5 m y 0.4 m. Los medios de soporte pétreos tendrán un espesor entre 0.10 y 0.15 m.



**Figura 3-1:** Parámetros de un Biofiltro

Fuente: (Garzón, et al., 2012, p. 13)

Las capas de para el Biofiltros se constituirán de la siguiente manera:

*Primera capa:* constituida por materiales que permite una distribución uniforme de la entrada del efluente a ser filtrado, puede ser: trozos de madera, fibras vegetales (coco, caña), o virusa etc.

*Segunda capa:* es la capa principal de filtración, en la cual se realizará los procesos fisicoquímicos que permiten la filtración de los contaminantes. Dichos materiales pueden ser: turba, compost, musgo, hongos etc.

*Tercera y cuarta capa:* estas capas están constituidas por materiales pétreos, los cual servirán como material de soporte para las capas superiores y como material auxiliar de depuración, pueden ser arena, grava, gravilla respectivamente.

## 1.5 Bagazo de caña

En el Ecuador para el año 2016, se cosecharon 72.424 hectáreas de caña de azúcar (CINCAE, 2017). El bagazo es uno de los residuos agrícolas más abundantes con una población anual estimada en 158.000 toneladas, obtenidas de 6 ingenios azucareros presentes en el país. Además, es importante destacar que este desecho tiene en su composición alrededor de un 20% de lignina y un 80% entre celulosa y hemicelulosa. (Moreno, et al., 2011, p. 8)

El bagazo es el residuo de materia que queda luego de que a la caña de azúcar se le extrae el jugo azucarado. Esos restos poseen una gran cantidad de fibras con un alto potencial de adsorción favorable como biosorbente en la eliminación de plomo y cadmio de las aguas residuales, además es un residuo de la industria azucarera que se consigue a bajo costo y por su alto valor calorífico puede ser aprovechado en la generación de energía, una vez utilizado en la limpieza de aguas aceitosas. (Martínez, et al., 2014, pp. 5-7)



**Figura 4-1:** Bagazo de caña

**Fuente:** (Moreno, et al., 2011, pp. 8-9).

Hussein, Amer, & Sawsan (2008, p. 3) investigaron la capacidad de adsorción de fibras medulares de bagazo de caña, carbonizadas a 300°C, para eliminar contaminantes aceitosos del agua; encontrando que tienen una mayor capacidad de adsorción en comparación con los adsorbentes

comerciales. Concluyeron que la anisotropía de la estructura medular, la orientación y las cavidades huecas de las fibras refuerzan la acción capilar y la difusión del aceite a través del interior de la fibra. Según Karnitz, et al., (2007, p. 7) también se ha usado el bagazo modificado para la separación de metales pesados como cadmio, cobre y plomo.

### ***1.5.1 Estructura y composición del bagazo de caña***

#### *1.5.1.1 Estructura*

Según Gastón, Bambanaste, Correa, Alfonso, & Herryman (2000, p. 14) el bagazo es el residuo o remanente de los tallos de la caña de azúcar después que ésta ha sido sometida al proceso de extracción del jugo azucarado, saliendo del último molino con un 50% de humedad y un contenido residual de sacarosa de alrededor del 4 % (base seca). Es uno de los Subproductos de la Caña de Azúcar, además de la miel final y la cachaza, entre otros, y representa entre un 23 - 27 % del total (11-13 % base seca).

Para CINCAE (2017, p. 5) desde el punto de vista general de su estructura, el bagazo se caracteriza por su elevada heterogeneidad morfológica y está formado por dos fracciones bien diferenciadas, la fibra, de estructura cristalina, estable químicamente, que brinda rigidez a la planta, y el meollo o parénquima de estructura amorfa y de un alto poder de absorción.

#### *1.5.1.2 Composición física y morfológica*

Según Gastón, Bambanaste, Correa, Alfonso, & Herryman (2000, p. 15) físicamente el bagazo está constituido por cuatro fracciones cuya magnitud relativa está en dependencia del proceso agroindustrial azucarero, a saber, la designada como fibra o bagazo en la terminología azucarera, con aproximadamente un 45 %; los sólidos no solubles entre el 2 y 3 %; los sólidos solubles entre el 2 y 3 % y el agua en proporción de 51-49%.

Para Moreno, Pozo, & Nájera (2011, p. 15) la parte designada como fibra por los azucareros está compuesta de toda la fracción sólida orgánica insoluble en agua presente originalmente en el tallo de la caña y que se caracteriza por marcada heterogeneidad desde el punto de vista morfológico (constituida por la fracción fibra verdadera y por meollo). Según Martínez, Rodríguez, Esperanza, & Leiva (2014, p. 7) la fracción insoluble está formada principalmente por sustancias inorgánicas (como piedras, tierra, materiales extraños) de cuya presencia son responsables las condiciones del procesamiento agrícola, así como del tipo de corte y recolección. Los sólidos solubles abarcan la

fracción que se disuelve en agua, compuesta principalmente por sacarosa y ceras en menor proporción.

Los autores Treto, Rodríguez, Jover de la Prida, & Vanlangenhove (2011, pp. 5-7) exteriorizan que el agua presente en el bagazo de caña se retiene a través a través de mecanismos de absorción (capacidad que presentan los componentes químicos del bagazo de absorber moléculas de agua en cantidades que dependen de la humedad relativa ambiental) y capilaridad dado el carácter poroso del mismo (agua mantenida por fuerzas de capilaridad y tensión superficial).

La densidad y la humedad son dos propiedades físicas importantes del bagazo, las que se encuentran íntimamente vinculadas y son imprescindibles para realizar cualquier tipo de cálculo de ingeniería relacionada con los procesos industriales (Gastón, et al., 2000, p. 16).

En la Tabla 3-1 se muestra la composición morfológica del bagazo (integral limpia):

**Tabla 3-1:** Composición morfológica del bagazo

No	Componentes	Proporción, %
1	Fibras	50
2	Parénquima	30
3	Vasos	15
4	Epidermis	5

Fuente: (Gastón, et al., 2000, p. 16)

En este aspecto el bagazo de la caña de azúcar consigue convertirse en el material adecuado para su empleo como medio de los microorganismos en los biofiltros debido a su bajo costo, su abundancia y a sus características químicas y físicas. Considerando adicionalmente la necesidad de incluir las dimensiones ambiental y social en el desarrollo de proyectos nace desde que se empezaron a evidenciar los efectos de las actividades antrópicas en el medio ambiente y en el bienestar de las personas.

#### *1.5.1.3 Composición química*

Desde el punto de vista químico el bagazo de la caña de azúcar está compuesto, aproximadamente de 41-44% de celulosa, 25-27% de hemicelulosas, 20-22% de lignina y 8-10% de otros componentes, entre estos las cenizas. La celulosa y hemicelulosas componen la fracción carbohidrática del bagazo a la que se le denomina analíticamente como holocelulosa (Gastón, et al., 2000, p. 16).

En la Tabla 4-1 se muestran las propiedades químicas de variedades mezcladas de bagazo integral, su fracción fibra y la medula o meollo.

**Tabla 4-1:** Propiedades Químicas del Bagazo

<b>Composición química del bagazo, %</b>				
<b>No</b>	<b>I</b>	<b>Integral</b>	<b>Fracción fibra</b>	<b>Médula</b>
<b>1</b>	Celulosa	46,6	47,0	41,2
<b>2</b>	Pentosas	25,2	25,1	26,0
<b>3</b>	$\alpha$ celulosa	38,3	40,4	-
<b>4</b>	Lignina	20,7	19,5	21,7
<b>5</b>	Extractivos A/B	2,7	2,3	2,9
<b>6</b>	Solubilidad en agua caliente	4,1	3,4	4,2
<b>7</b>	Solubilidad en agua fría	2,2	2,1	4,0
<b>8</b>	Solubilidad en sosa al 1 %	34,9	32,0	36,1
<b>9</b>	Cenizas, %	2,6	1,4	5,4

**Fuente:** (Gastón, et al., 2000, p. 16)

La celulosa se define químicamente como un homopolímero de D glucosa cuyo enlace principal entre las unidades que componen la cadena son del tipo  $\beta$  1 - 4 glucosídicos. Las cadenas son lineales y de alto grado de polimerización que no se presentan aisladas sino unidas entre sí mediante enlaces secundarios e interacciones eléctricas que le permiten formar una estructura supramolecular según la cual, la celulosa tiene una estructura cristalina definida (Gastón, et al., 2000, pp. 16-17).

La celulosa es el componente fundamental de la pared celular de todas las plantas. Su solubilidad en agua, en solventes orgánicos, en soluciones alcalinas y su resistencia apreciable al efecto de agentes oxidantes, diferencia a la celulosa del resto de los componentes químicos, existiendo diversos métodos analíticos para aislarla (González, et al., 2009; Karnitz, et al., 2007; Martínez, et al., 2014).

El peso molecular promedio de la celulosa del bagazo está en el rango de 150 000 – 300 000, comparable con la de maderas como el álamo, el haya y abedul., aunque dada la imposibilidad de aislar la celulosa sin degradarla hace que los datos deban ser tomados con cautela (1,3). Su presencia cuantitativa es similar al de todas las maderas en el rango de 41 – 44 % (Gastón, et al., 2000, p. 17).

Las hemicelulosas son el segundo polímero en importancia en el bagazo de la caña de azúcar dada su abundancia relativa. Las que más abundan son las D-xilanas, que representan más del 80 % de

los polisacáridos no celulósicos. Están formadas principalmente por unidades de D xilosas en la cadena principal, sustituidos por grupos acetilos y ácidos urónicos metilados. Las cadenas poliméricas son relativamente cortas de peso molecular promedio viscosimétrico en el rango de 10 000 a 20 000 (González, et al., 2009; Karnitz, et al., 2007; Martínez, et al., 2014).

La lignina es el tercer componente en importancia cuantitativa del bagazo y representa un conjunto de polímeros amorfos, reticulados, de alto peso molecular, de naturaleza eminentemente fenólica y cuya unidad estructural puede ser considerada el fenilpropano (González, et al., 2009; Karnitz, et al., 2007; Martínez, et al., 2014). Está constituida por una mezcla de aldehídos aromáticos: p-hidroxibenzoico, vainillina y aldehídos siríngicos. Estos últimos se encuentran en mayor proporción (Garzón, et al., 2012, p. 18).

Estudios realizados evidencian diferencias importantes entre la lignina de bagazo y de la madera, como son, su grado de polimerización inferior (3000 – 5000) y su mayor reactividad (Treto, et al., 2011, p. 3).

El resto de los componentes del bagazo, que en su conjunto ascienden a un 10 %, muestran marcadas diferencias con relación a las maderas. Presenta un bajo contenido de compuestos solubles en solventes orgánicos, entre el 1 y 3 %, con un contenido de cenizas en el orden del 2 al 3 %, superiores al de las maderas debido a la presencia de sacarosa y polisacáridos (Treto, et al., 2011; Gastón, et al., 2000).

#### *1.5.1.4 Microbiota del bagazo*

Según Valiño, Elías, Torres, & Albelo (2002, pp. 5-9) uno de los aspectos importantes asociados con el bagazo como materia prima, es el de su almacenamiento. Su conservación ha sido siempre motivo de preocupación, ya que, al contener una considerable concentración de residuos azucarados, se propicia el desarrollo de una microflora en las que se encuentran bacterias celulolíticas que, al degradar sus constituyentes principales, celulosa, lignina, hemicelulosas etc., disminuye su calidad y limita su empleo en la industria. El deterioro del bagazo almacenado generalmente depende de 3 factores fundamentales:

- 1) La humedad del producto
- 2) La microbiota del bagazo asociada estrechamente a las condiciones locales.
- 3) Las condiciones de compactación en el almacenamiento.

Gastón, Bambanaste, Correa, Alfonso, & Herryman (2000, pp. 17-19) realizan un estudio sobre la microflora del bagazo y su influencia en la contaminación ambiental. La caracterización e identificación de microorganismos se llevó a cabo a través de los métodos tradicionales donde se estudió la microflora superficial de diferentes sistemas de conservación de bagazo húmedo. Se reporta un aumento brusco en el conteo de bacterias y hongos después de los 60 días de almacenamiento, no apareciendo flora levaduriforme. Con respecto al bagazo almacenado en pacas, la humedad resultó ser el parámetro limitante, ya que cuando se utilizó bagazo pre-secado el conteo de microorganismo disminuyó considerablemente.

La misma investigación deduce que en cuanto al nivel de contaminación ambiental se observó un alto riesgo de contaminación dentro de los primeros 100 metros alrededor de la pila de bagazo, mientras que entre los 300 y 500 metros el conteo microbiano fue similar al obtenido en un ambiente normal.

## 1.6 Aguas residuales

Desde el momento en que aparecieron las primeras poblaciones estables, la eliminación de los residuos ha constituido un problema primordial para las sociedades humanas, ya que surgió la necesidad de deshacerse tanto de las excretas como de los restos de alimentación (Ramón, 2005, p. 4). Durante las últimas décadas de este siglo, el mundo ha venido observando con inquietud, analizando y tratando de resolver una serie de problemas relacionados con la disposición de los residuos líquidos procedentes del uso doméstico, agrícola e industrial (Camacho, et al., 2017, pp. 8-10).

El agua residual es aquella que por el uso de las actividades humanas: domésticas, comerciales, industriales, etc.; contienen grandes cantidades de sustancias y microorganismos, que representan un peligro y deben ser tratadas de una manera adecuada, para ser depositadas en las masas hídricas (Guerrero, et al., 2017, p. 5).

De acuerdo a sus orígenes las aguas residuales pueden ser de diferentes tipos:

**Tabla 5-1:** Tipos de aguas residuales

No	Tipo	Origen
1	Aguas residuales domésticas o aguas negras:	Proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.



2	Aguas blancas	Pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
3	Aguas residuales industriales	Proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
4	Aguas residuales agrícolas:	Procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

Fuente: (Guerrero, et al., 2017, pp. 5-9)

### 1.6.1 Aguas residuales domésticas o aguas negras

Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación (Camacho, et al., 2017, pp. 9-10).

Según Ramón (2005, pp. 9-11) comúnmente se les conoce también como aguas servidas o aguas negras y la importancia de su tratamiento y descontaminación radica en la posibilidad de devolver el líquido a afluentes naturales, sin que represente un peligro para los seres vivos que tengan contacto con él, lo que constituye una forma de aprovechamiento del vital líquido, sobre todo en países que presentan una escasez del mismo, contribuyendo de esta manera a la sostenibilidad ambiental.

Rodríguez, García, & Pardo (2015, p. 10) comentan que debido a la gran cantidad de usos que se puede hacer del agua en los hogares, el nivel de contaminación de esta suele requerir de procesos de purificación más extensos en el tratamiento de aguas residuales para liberarla de residuos como heces, grasas o minerales nocivos. Equipos tecnológicos altamente certificados son utilizados por las plantas de tratamiento para realizar la descontaminación del líquido.

Para Camacho, Caviedes, & Delgado (2017, p. 5) las aguas residuales producidas en los hogares son de las que presentan mayor número de contaminantes y realizar un efectivo tratamiento previo a su liberación en los afluentes naturales se ha vuelto uno de los puntos más importantes actualmente en la prevención del deterioro ambiental provocado por el ser humano.

### 1.7 Parroquia Rural Facundo Vela del cantón Guaranda

Facundo Vela es una de las nueve parroquias que conforman el cantón Guaranda de la provincia de Bolívar, está limitando: al Norte por el cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi; al Sur la parroquia Salinas; al Estela parroquia Simiatug y al Oeste San Luis de Pambil. Se encuentran en la zona Premontano o Subtropical.

**Tabla 6-1:** Datos Generales de la Parroquia Facundo Vela

<b>PARROQUIA FACUNDO VELA</b>	
Cabecera Provincial	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Facundo Vela
Superficie	117,67 Km <sup>2</sup>
Límites Parroquiales	AL NORTE: cantón Pangua provincia de Cotopaxi AL SUR: La Parroquia Salinas y Simiatug del Cantón Guaranda AL ESTE: La parroquia Simiatug del Cantón Guaranda AL OESTE: Parroquia San Luis de Pambil del Cantón Guaranda
Clima	Subtropical
Temperatura	Entre 12 Y 22 °C
Precipitación Anual	De 1000 A 1500 MM/AÑO
Población	3.319 Habitantes, Proyectado al 2015-es de 3.098 Habitantes
Composición Poblacional	(51,58%) Hombres y (48,42%) Mujeres
Comunidades	38 COMUNIDADES: La Vega, La Paz, LLoavi, Las Playas, Macabi, Arrayan, Balsaloma, Chacadahua, Missan, Nahuanloma, Negro Cruz, Relampa, La Florida, La Unión, Ponguito, Lumbigana, Cocha Brava, Bellavista, Pucarà, Tunan, Quibana, El Descanso, Quibana Alto, Santa Teresita, Velazco Ibarra, Nuñurco, Candacho, Facundo Vela, Naranjal,

	Yanahurco, El Torneado, La Primavera, La Horqueta, El Descanso, El Recreo, La Floresta, Cadefilo, La Envidia, El Porvenir.
--	--

Fuente: INEC, GADP de Bolívar 2015-2025

Según la Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia rural de Facundo Vela del cantón Guaranda, Provincia de Bolívar (2015-2025) esta parroquia rural está ubicada en una zona antiguamente conocida como “Las tierras de Piñanatug”, al norte del cantón y la provincia. En esta Parroquia existen microempresas que se dedican a la producción de mermeladas y elaborados de harina; a nivel familiar se procesa la caña de azúcar de manera tradicional y artesanal, producen alfeñiques, panela y agua ardiente, pero es importante mencionar otras actividades que son: la crianza de aves, y otras especies de animales domésticos.



**Figura 5-1:** Mapa de la Ubicación de la Parroquia Facundo Vela

Fuente: INEC, GADP de Bolívar 2015-2025

El ingreso principal de la parroquia Facundo Vela lo obtiene a través de la agricultura (cultivo de frutas y granos) y ganadería (lácteos). Los habitantes de esta parroquia se basan en la agricultura casera, con cultivo de ciclo: fréjol, arveja, maíz y frutales como, tomate de árbol, granadilla, mora, chamburo y pastos naturales, las tecnologías del cultivo son rudimentarios y la capacitación de producción y comercialización es limitada.

Evidentemente la parroquia Facundo Vela perteneciente al cantón Guaranda ubicada en la Provincia de Bolívar se encuentra afectada por las restricciones monetarias y desigualdades es, que debido a estas condiciones no se presta atención a una insuficiencia de sanitarios para una cantidad mayoritaria de familias. El fecalismo a campo abierto ha llevado hasta el día de hoy a la contaminación de sus alrededores, acompañado de malos olores, plagas en cultivos y la incomodidad para los hogares.

En ese sentido dotar a las comunidades condiciones adecuadas para vivir debe ser un punto principal dado que con esto se puede evitar enfermedades en los habitantes consiguiendo higiene en los hogares. Por eso se ha pensado en una estrategia emergente (prototipo) que puede compensar el difícil acceso al alcantarillado y servicios higiénicos, se habla de un sanitario ecológico, el mismo que consiste en el diseño y construcción de un cuarto de baño (inodoro, lavamanos) con conexiones de tuberías que se dirigen a un biofiltro, el cual contendrá bagazo de caña (residuo significativo de las actividades micro empresariales del sector) entre otros medios filtrantes para dar tratamiento a las aguas residuales negras descargadas del mismo. Uno de los propósitos es reutilizar el agua con menor carga contaminante para riego de cultivos, además utilizar los desechos de la caña de azúcar que a menudo se ven en acumulación durante el proceso de producción de licor y panela que es característico de esta parroquia.

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Generalidades del Lugar de Estudio

##### 2.1.1 Localización geográfica del lugar de estudio

**Tabla 1-2:** Localización geográfica del lugar de estudio

País	Ecuador
Región	Sierra
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Facundo Vela
Extensión	850.33km <sup>2</sup>
Ubicación	17M 0715288 9866415

Fuente: Vanessa Fernández. (Ver Anexo H)

##### 2.1.2 Macrolocalización del lugar de estudio

**Tabla 2-2:** Localización de la parroquia Facundo Vela

<b>PARROQUIA FACUNDO VELA</b>	
Cabecera Provincial	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Facundo Vela
Superficie	117,67 Km <sup>2</sup>
Límites Parroquiales	AL NORTE: El cantón Pangua provincia de Cotopaxi AL SUR: La Parroquia Salinas y Simiatug del Cantón Guaranda AL ESTE: La parroquia Simiatug del Cantón Guaranda

	AL OESTE: Parroquia San Luis de Pambil del Cantón Guaranda
Clima	Subtropical
Temperatura	Entre 12 Y 22 °C
Precipitación Anual	De 1000 A 1500 MM/AÑO
Población	3.319 Habitantes, Proyectado al 2015-es de 3.098 Habitantes
Composición Poblacional	(51,58%) Hombres y (48,42%) Mujeres
Comunidades	38 COMUNIDADES: La Vega, La Paz, LLoavi, Las Playas, Macabi, Arrayan, Balsaloma, Chacadahua, Missan, Nahuanloma, Negro Cruz, Relampa, La Florida, La Unión, Ponguito, Lumbigana, Cocha Brava, Bellavista, Pucarà, Tunan, Quibana, El Descanso, Quibana Alto, Santa Teresita, Velazco Ibarra, Nuñurco, Candacho, Facundo Vela, Naranjal, Yanahurco, El Torneado, La Primavera, La Horqueta, El Descanso, El Recreo, La Floresta, Cadefilo, La Envidia, El Porvenir.

Fuente: INEC, GADP de Bolívar 2015-2025

### **2.1.3 Microlocalización**

La Finca Ovina San Pablo de la Parroquia Rural Facundo Vela, cantón Guaranda, provincia de Bolívar, coordenadas UTM:

17M 0715288

9866415

### **2.1.4 Área de estudio**

Para el estudio se ha adoptado el sanitario de una residencia de tres (3) habitantes, de clase baja y en el Área Rural como diseño y construcción prototipo para en lo posterior replicar la idea y dotar a la comunidad condiciones adecuadas para vivir, dado que con esto se puede evitar enfermedades en los habitantes consiguiendo higiene en los hogares.

En ese contexto se propondrá el diseño y construcción de un prototipo, para la separación de las aguas negras, y con ello efectuar el sistema de reutilización de las mismas y la opción para la creación de riego de áreas verdes.

- Área de influencia directa. - se considera al área que se encuentra ubicada la residencia de Finca Ovina San Pablo y el área que se encuentra alrededor de la misma en la cual es afectada por la materia orgánica del ganado ovino.
- Área de influencia indirecta. - corresponde al área de potreros y sembríos y las fincas aledañas.

## **2.2 Metodología del trabajo técnico**

El trabajo que se presenta se basa en la investigación descriptiva, que permitirá la explicación de los cambios del agua residual negra durante el proceso en el tiempo establecido para su tratamiento.

En ese contexto de trabajo técnico, se realizó el presente estudio siguiendo los subsiguientes pasos:

- 1) Levantamiento topográfico.
- 2) Cuantificación del caudal máximo diario del agua descargada del sanitario.
- 3) Muestreo y caracterización del agua negra pre y post tratamiento.
- 4) Dimensionamiento del biodigestor y elaboración de planos.
- 5) Implementación del baño ecológico.

### ***2.2.1 Levantamiento topográfico***

#### ***2.2.1.1 Materiales***

- GPS
- Lápiz
- Libreta
- Mandil

### *2.2.1.2 Método*

Para realizar el levantamiento topográfico del lugar exacto donde se va a construir un sanitario ecológico a través de un biofiltro de bagazo de caña para el tratamiento de las aguas negras, se empleó un GPS, marca GARMIN, modelo 60CSx y se tomaron las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), que es un sistema de proyección cartográfico basado en cuadrículas con el cual se pueden referenciar puntos sobre la superficie terrestre.

## **2.2.2 Muestreo y caracterización del agua blanca, residual y tratada**

### *2.2.2.1 Materiales*

- Guantes de nitrilo
- Frascos 100 mL estériles
- Fundas Ziploc
- Mascarilla
- Guantes de manejo
- Mandil
- Cooler

### *2.2.2.2 Método agua blanca*

La toma de muestras se efectuó siguiendo las instrucciones que a tal efecto se describen en los métodos analíticos, ya que constituye una parte fundamental de los mismos. Por este motivo, la toma de muestras se perpetró siempre de acuerdo con el método analítico que recomienda el Laboratorio Acreditado. El proceso de toma de muestras, partió del establecimiento de un programa de muestreo, como documento imprescindible en el que se pudo definir los puntos de muestreo, la frecuencia y duración de recogida de la muestra, los procedimientos y equipamientos a utilizar y otras cuestiones prácticas referentes a la aplicación de un adecuado proceso de toma de muestras. Así se tomó la muestra durante la descarga, evitando recoger el agua que puede estar estancada durante varios días y previo ingreso a usos de cualquier índole. Posteriormente esta muestra fue trasladada al lugar de análisis. (Ver Anexos F, G, J)



El parámetro de correspondiente a potencial hidrógeno (pH), fue recogido en campo, mediante una tira de papel indicadora.

#### *2.2.2.3 Método para el agua residual (pre-tratamiento)*

Para el caso de la toma de muestra residual se hizo necesario un tipo de muestra compuesta, misma que se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos.

Por lo tanto, se hizo necesario seguir el procedimiento recomendado por las normas EPA puesto que la toma se la realizó durante la descarga, evitando recoger el agua que puede estar estancada durante varios días. Se realizó una primera toma del agua directamente salida del sistema de tuberías de sanitario. Esta se debe mantener a bajas temperaturas hasta ser trasladado al lugar de análisis (Laboratorio Acreditado). (Ver Anexos F, G, J)

Del mismo modo el parámetro de correspondiente a potencial hidrógeno (pH), fue recogido en campo, mediante una tira de papel indicadora. A más, se determinó las condiciones iniciales del agua residual tomando en cuenta los parámetros controlados como: olor, turbidez, sólidos suspendidos, conductividad, coliformes fecales, DBO, DQO, nitratos, fosfatos.

#### *2.2.2.4 Método para el agua tratada (post-tratamiento)*

Para el análisis se recogió la muestra en la primera descarga del prototipo. Esta se colocó en frascos estériles en un cooler para preservar las muestras hasta ser trasladado al lugar de análisis (Laboratorio Acreditado). (Ver Anexos F, G, J)

### ***2.2.3 Cuantificación del caudal máximo diario del agua descargada del sanitario.***

#### *2.2.3.1 Materiales para la cuantificación del caudal*

- Tabla de distribución típica de los consumos interiores en residencias.
- Lápiz
- Libreta

#### *2.2.3.2 Método para la cuantificación del caudal*

Para la medición del caudal de diseño se utilizó la técnica de estimación basado en los caudales de aguas residuales a partir de los datos de abastecimiento de agua en una vivienda.

#### **2.2.4 Dimensionamiento del biofiltro y elaboración de planos.**

##### *2.2.4.1 Materiales para el dimensionamiento del biofiltro y elaboración de planos.*

- Computadora.
- Software de diseño asistido por computadora AutoCAD.

##### *2.2.4.2 Método para el dimensionamiento del biofiltro y elaboración de planos*

Para el dimensionamiento del biofiltro de aguas residuales utilizando como medio filtrante la caña de azúcar se tomó en cuenta el caudal de diseño, de igual forma se tomó en cuenta los resultados de la caracterización del agua negra, por consiguiente, formular el tratamiento requerido para este tipo de agua residual. Otro parámetro importante es la topografía del lugar en donde se va a implementar el sanitario ecológico. El diseño de la presente investigación se fundamenta en las ecuaciones y criterios descritos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Normas RAS 2000 y de algunos autores como (Arango, 2004; Jiménez & Villegas, 2005; Garzón, et al., 2012).

Para el diseño se utilizó el Software de diseño asistido por computadora AutoCAD.

#### **2.2.5 Implementación del sanitario ecológico**

##### *2.2.5.1 Materiales para la implementación del sanitario ecológico*

- SANITARIO ECOLÓGICO
  - Inodoro marca Edesa
  - Lavamanos marca Edesa
  - Tuberías
  - Plomería
  - Cemento

- arena y ripio
- Tablas de madera
- mano de obra 2 personas
- Techo traga luz
- Puerta de baño
- BIOFILTRO
  - Bagazo de caña
  - Piedra caliza
  - Carbón activado
  - Grava
  - Deposito plástica 1000 L
  - Pípa plástica 200 L
  - Accesorios para instalación de tubería y filtro
  - Rejillas.

#### *2.2.5.2 Método para la implementación del sanitario ecológico*

La metodología para la construcción del baño ecológico estuvo constituida por un inodoro, lavamanos, dentro de una construcción de madera con techo tragaluz y una puerta.

La metodología de procedimiento para la construcción del biofiltro se dará mediante la aplicación de un depósito y una pipa de 1000 y 200 litros respectivamente, la primera que actuará como “fosa séptica” deteniendo los sólidos, la segunda funcionará como “biofiltro” que contendrá los medios filtrantes como bagazo de caña, piedra caliza, carbón activado, grava, piedra caliza, y como base se encuentra una capa de piedra pómez que sirve como soporte para las demás capas y a su vez evita la filtración de la arena por la tubería.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Caracterización del agua residual de la finca seleccionada.

Para el desarrollo de este proyecto investigativo, se realizó como paso inicial el análisis químico y microbiológico de la muestra tomada del agua residual proveniente de una familia residente en la Finca Ovina San Pablo de la Parroquia Rural Facundo Vela, del cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

##### 3.1.1 *Levantamiento topográfico del lugar exacto de muestreo*

El levantamiento topográfico realizado dentro del trabajo de investigación partió en función de determinación del lugar exacto donde se pretendía construir un sanitario ecológico a través de un biofiltro de bagazo de caña para el tratamiento de las aguas negras, se emplazan en coordenadas UTM 17M 0715288; 9866415 (Figura 1-3).



**Figura 1-3:** Levantamiento topográfico del lugar exacto de muestreo

Fuente: Vanessa Fernández (Ver Anexo. H y J)

El levantamiento topográfico permitió, apreciar las principales características físicas del terreno. Adicionalmente fue de significativa utilidad, puesto que, por una parte, se permitió organizar el trabajo y por otra parte se consiguió colocar sobre el terreno marcas que guíen su ejecución del prototipo.

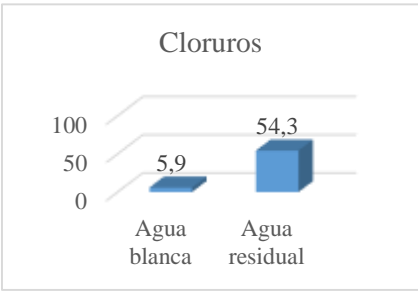
### 3.1.2 Caracterización del agua residual negra pre-tratamiento

Los resultados, así como sus métodos y procedimientos utilizados por el laboratorio AQMIC, se presentan en la Tabla N° 1-3.

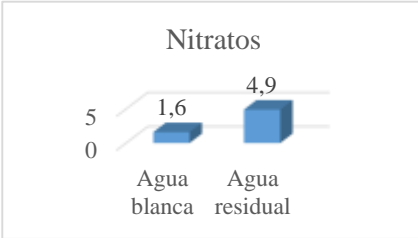
**Tabla 1-3:** Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Agua

Determinaciones	Unidad	Agua blanca	Agua residual	Gráficas de Resultados
Color	und Co/pt	11.0	608	<p>A bar chart titled "Color" comparing the color of white water and residual water. The y-axis represents color units, ranging from 0 to 1000 with major ticks at 0, 500, and 1000. The x-axis shows two categories: "Agua blanca" and "Agua residual". The bar for "Agua blanca" has a value of 11, and the bar for "Agua residual" has a value of 608.</p>
Potencial de hidrógeno (pH)	Unid	7.60	7.19	<p>A bar chart titled "Potencial de hidrógeno (pH)" comparing the pH of white water and residual water. The y-axis represents pH, ranging from 6 to 8 with major ticks at 6, 7, and 8. The x-axis shows two categories: "Agua blanca" and "Agua residual". The bar for "Agua blanca" has a value of 7.6, and the bar for "Agua residual" has a value of 7.19.</p>
Conductividad	μSiems/cm	84.0	630	<p>A bar chart titled "Conductividad" comparing the conductivity of white water and residual water. The y-axis represents conductivity in μSiems/cm, ranging from 0 to 1000 with major ticks at 0, 500, and 1000. The x-axis shows two categories: "Agua blanca" and "Agua residual". The bar for "Agua blanca" has a value of 84, and the bar for "Agua residual" has a value of 630.</p>
Turbiedad	UTN	1.70	52	<p>A bar chart titled "Turbiedad" comparing the turbidity of white water and residual water. The y-axis represents turbidity in UTN, ranging from 0 to 100 with major ticks at 0, 50, and 100. The x-axis shows two categories: "Agua blanca" and "Agua residual". The bar for "Agua blanca" has a value of 1.7, and the bar for "Agua residual" has a value of 52.</p>

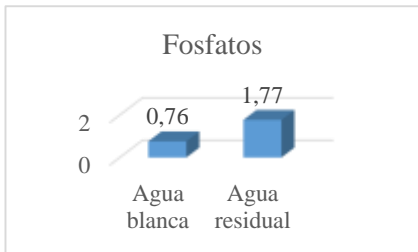
Cloruros	mg/L	5.90	54.3
----------	------	------	------



Nitratos	mg/L	1.60	4.9
----------	------	------	-----



Fosfatos	mg/L	0.76	1.77
----------	------	------	------



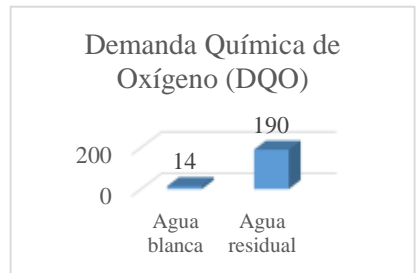
Solidos suspendidos	mg/L	2.0	103
---------------------	------	-----	-----



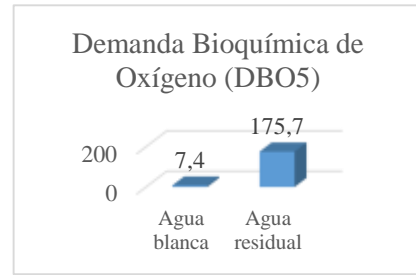
Solidos disueltos	mg/L	45.0	254
-------------------	------	------	-----



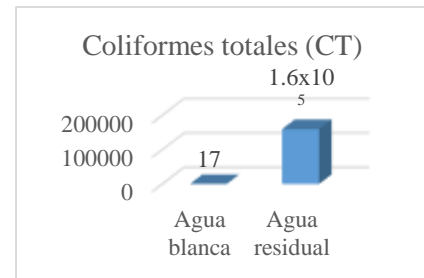
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	14.0	190
----------------------------------	------	------	-----



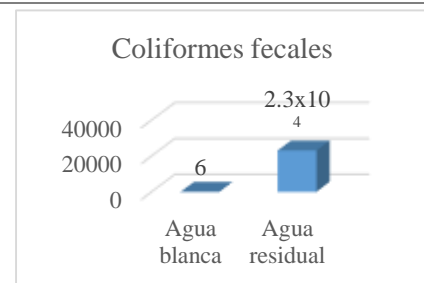
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)      mg/L      7.40      175.7



Coliformes totales (CT)      UFC/100 ml      17      1.6x10<sup>5</sup>



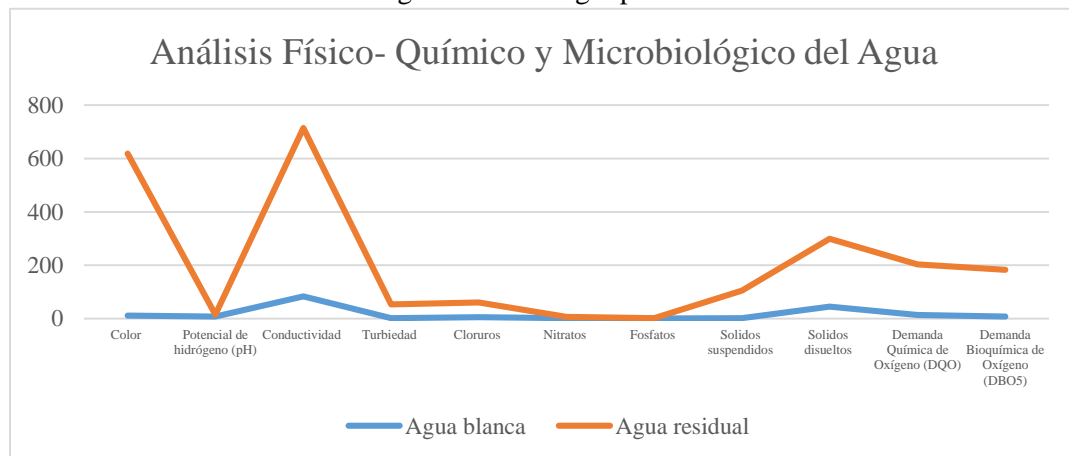
Coliformes fecales      UFC/100 ml      6      2.3x10<sup>4</sup>



Fuente: AQMIC (Ver Anexos F y G)

Los resultados de los análisis químico y microbiológico del agua que se realizaron a las muestras tomadas del agua blanca y residual, evidencian la existencia de un incremento significativo de contaminantes en las concentraciones analizadas. En este sentido, para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos se comparó las concentraciones de los parámetros evaluados, como se muestra en el siguiente Gráfico 1-3.

**Gráfico 1-3:** Caracterización del agua residual negra pre-tratamiento



Fuente: Tabla 1-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua.

Los datos evidenciaron claramente el incremento de concertaciones en todos sus parámetros considerados, con excepción del (pH), ya que esta presentó una disminución de 7.60 a 7.19 unidades respectivamente. Logrando interpretar en primera instancia la viabilidad de un diseño y construcción de un sanitario ecológico a través de un biofiltro de bagazo de caña para aguas negras, como elemento innovador hacia el cuidado del ambiente a más de ser de gran importancia dentro del medio rural, puesto que se enfoca a la promoción para enfrentar las enfermedades relacionadas con la excreta, mediante el uso de metodologías apropiadas para la disposición de excretas con métodos eficientes y seguros. A más de considerar el derecho de toda persona a un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar como concepto jurídico universal.

### 3.1.3 *Resultados de la cuantificación del caudal máximo diario del agua descargada del sanitario.*

Es posible reducir algunas demandas de agua por medio de alternativas. La descarga de los inodoros (agua destinada para el saneamiento ambiental). (Schnedier, 1991, p. 25)

En este contexto, para la cuantificación se debe de tomar en cuenta el volumen necesario para el abastecimiento diario de un inodoro, donde las cantidades calculadas a continuación serán aproximadas. En ese sentido para conocer la cantidad de agua residual doméstica por personas al día, se presenta la Tabla No. 2-3:

**Tabla 2-3:** Cantidad de Aguas Residuales Domésticas por persona al día

Tipo	Litros / persona / día	
	Demanda	Descarga
Comida y Bebida	3	0
Lavado de Platos	4	4
Lavado de Ropa	20	19
<b>Higiene Personal</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Higiene con Tina y Ducha	20	20
Limpieza de la Casa	3	3
<b>Inodoro (heces y orina)</b>	<b>20</b>	<b>22</b>

Fuente: (Schnedier, 1991, pp. 25-26)

De la Tabla No. 2-3 se puede deducir que la demanda para el tanque de un inodoro es de 20 litros / persona; por lo tanto, si se tiene una vivienda donde habitan tres (3) personas, el consumo diario en el Tanque de Inodoro sería aproximadamente de:



$$V = 30 \frac{\text{Litros}}{\text{personas / día}} * 3 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} = 90 \frac{\text{litros}}{\text{vivienda/ día}}$$

Por efectos de pronosticar un aumento de la familia en dos (2) personas o a su vez visitas, se proyecta el uso a cinco (5) personas, por lo tanto, el consumo diario que se podría tener en el Tanque de Inodoro sería aproximadamente de:

$$V = 30 \frac{\text{Litros}}{\text{personas / día}} * 5 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} = 150 \frac{\text{litros}}{\text{vivienda/ día}}$$

En ese sentido el caudal (Q) estará entre:

$$\text{Caudal mínimo } Q_{\text{mínimo}} = 90 \text{ litros / día}$$

$$\text{Caudal máximo } Q_{\text{máximo}} = 150 \text{ litros / día}$$

$$\text{Caudal medio } Q_{\text{medio}} = 120 \text{ litros / día}$$

$$\text{Caudal medio } Q_{\text{medio}} = 0.12 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

Por lo tanto, se tomara en consideración para el diseño un Caudal medio  $Q_{\text{medio}} = 0.12 \text{ m}^3 / \text{ día}$ .

### **3.2 Implementación de un sanitario ecológico y un sistema de biofiltro con bagazo de caña.**

Para lograr la implementación de un baño ecológico y un sistema de biofiltro con bagazo de caña se ha diseñado un trabajo sistematizado en dos frases: el primero constituyo el diseño y el segundo se situó en la construcción e implementación del prototipo.

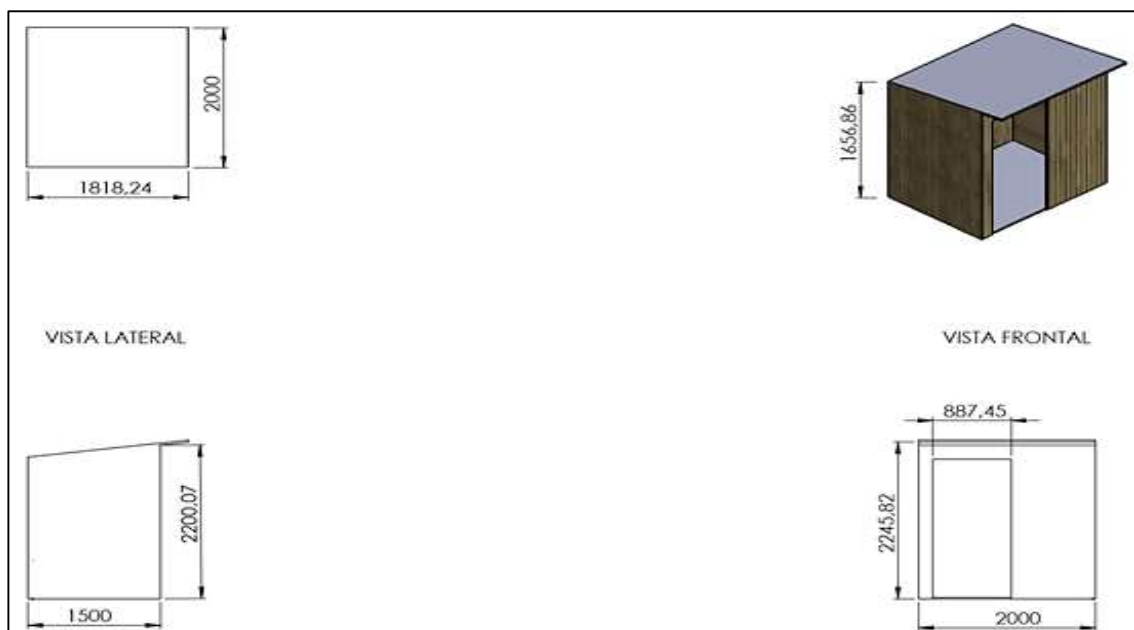
Se decidió implementar el prototipo a una residencia de tres (3) con una proyección a cinco (5) habitantes, de clase baja, perteneciente al Área Rural y ubicados en la Finca Ovina San Pablo de la parroquia rural Facundo Vela, del cantón Guaranda, provincia de Bolívar, dotando así a la familia de condiciones adecuadas para vivir, dado que con esto se puede evitar enfermedades consiguiendo higiene en el hogar.

El mencionado prototipo tiene como propósito, a corto, mediano y largo plazo replicar la idea y dotar a la comunidad de condiciones adecuadas para vivir, dado que con esto se puede evitar enfermedades en los habitantes consiguiendo higiene en los hogares. En ese contexto se propondrá la separación de las aguas negras, y con ello efectuar el sistema de reutilización de las mismas y la opción para la creación de riego de áreas verdes.

### 3.2.1 Diseño del sanitario ecológico y elaboración de planos.

#### 3.2.1.1 Diseño del cuarto de sanitario ecológico

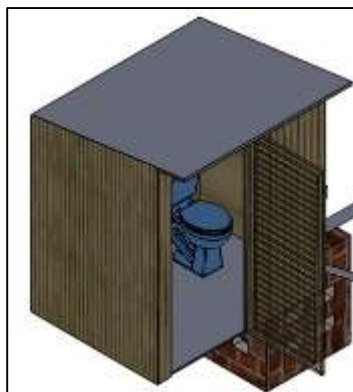
Con base en esta decisión se desarrolló un dimensionamiento y un estudio de modelación digital, con la ayuda de una herramienta gráfica como el software de diseño asistido por computadora AutoCAD (software del tipo CAD “Computer Aided Design” que en castellano significa diseño asistido por computadora, y que fue creado por una empresa norteamericana especializada en este rubro llamada Autodesk.), desde el cual se analizaron las longitudes e inclinaciones. De la misma forma, se observaron la disposición y la variación de las uniones entre elementos (Figura 2-3).



**Figura 2-3:** Diseño del sanitario ecológico

Fuente: Vanessa Fernández (Ver Anexo B)

El sanitario ecológico estará emplazada en un área de  $3m^2$  (2000mm\*1500mm)



**Figura 3-3:** Isometría del diseño del sanitario ecológico.

Fuente: Vanessa Fernández (Ver Anexo B)

### ***Alternativa y/o Material:***

La industria de la construcción es una de las actividades humanas más contaminantes del planeta: en algunos países “desarrollados” es responsable del 50% de los residuos generados (Pinzón, 2012).

Uno de los materiales más reconocidos por su valor ecológico es la madera sosteniblemente gestionada, por ser un recurso renovable que cumple una función forestal asociada a la captura de dióxido de carbono, al control de la erosión, la conservación del agua y la rehabilitación de suelos, además de ofrecer un positivo balance ambiental gracias a los bajos impactos de sus productos derivados. De esta forma se mantiene un desarrollo sostenible evitando la merma de los recursos naturales.

Esa así que este proyecto tiene otros aspectos destacables, tanto en el plano económico como social. La utilización de este material para construcción permite impulsar el desarrollo local de la zona de manera sostenible, fomentando la economía local y generando empleo allí donde se construye.



**Figura 4-3:** Depósitos de madera sosteniblemente gestionada.

Fuente: Vanessa Fernández.

La calidad de la construcción, inicia con la selección de la madera sosteniblemente gestionada que se utilizará. Se debe adquirir madera seca, debido a que sus fibras son resistentes. Además, es importante usar madera que no tengan fisuras o enfermedades.

#### ***3.2.1.2 Diseño de fosa séptica para el sanitario ecológico***

Una fosa séptica es un contenedor cerrado en donde se acumulan las aguas negras y grises y donde se les da un tratamiento primario, separando los sólidos de las aguas residuales. (Constantino, et al., 2015)

Según Constantino, et al., (2015) el diseño y cálculo de una fosa séptica puede dividirse en dos partes:

- 1) Cálculo de la capacidad de líquidos de la fosa, y determinación de sus dimensiones (largo, ancho y profundidad)
- 2) Diseño de los dispositivos de entrada y salida; accesos y altura libre sobre el líquido.

Vamos a proponer la siguiente fórmula para el cálculo de una fosa séptica de cámara simple:

$$V_u = N (CT + 100Lf)$$

**Fuente:** (Constantino, et al., 2015)

***Donde:***

V<sub>u</sub>= volumen útil

N= número de contribuyentes (personas)

C= contribución de residuos líquidos (litros/persona/día)

T= período de retención por días

Lf= contribución de lodos frescos (litros/persona/día)

En ese sentido, vamos a hacer el cálculo del volumen útil de la fosa séptica para una casa donde viven 5 personas.

- a) Personas que viven en la casa (N): 5
- b) Contribución de líquidos por personas (C): 30 lt/día
- c) Contribución de lodos frescos por persona (Lf): 1 lt/día
- d) Período de retención (T): 1 día

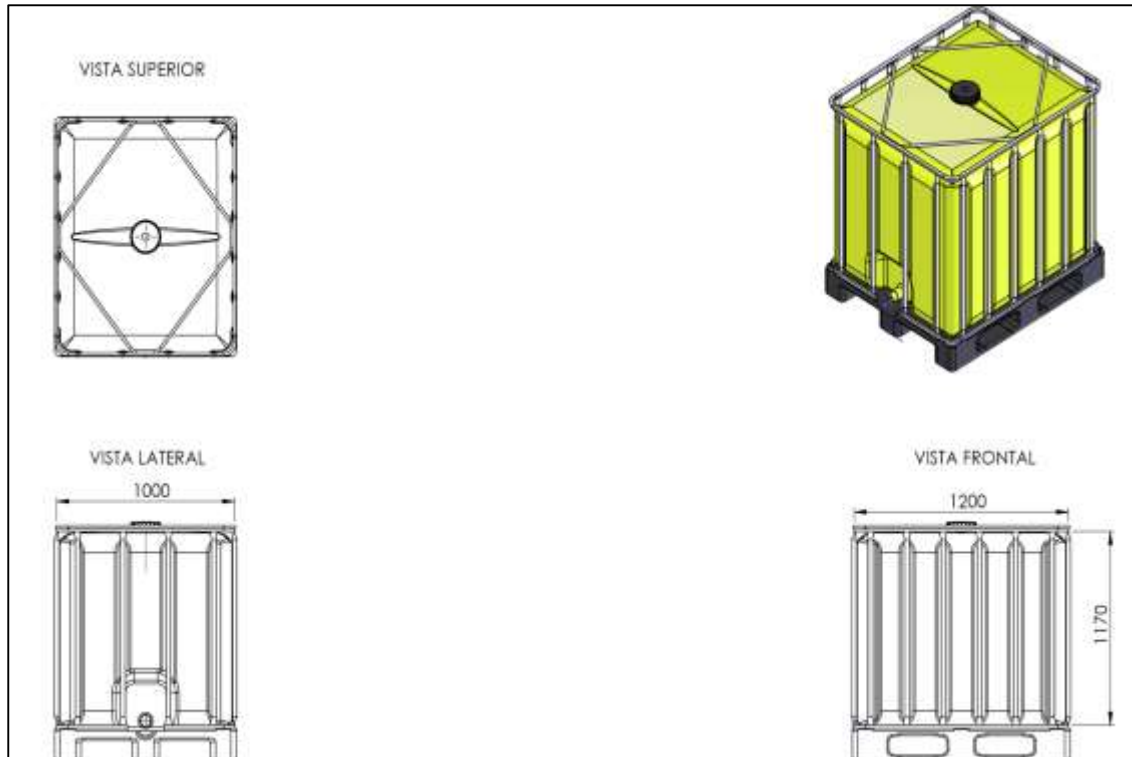
$$V_u = 5 (30 \cdot 1 + 100 \cdot 1)$$

$$V_u = 5 \cdot (130)$$

$$V_u = 650 \text{ lt}$$

$$V_u = 0,65 \text{ m}^3$$

Una vez realizado el cálculo se puede apreciar que el volumen que debe tener nuestra fosa séptica es de  $0,65 \text{ m}^3$ . En este sentido, en el mercado existen diversas opciones de fosas sépticas plásticas prediseñadas a partir de 1000 litros. Por lo tanto, se selecciona un depósito con capacidad para  $1,00 \text{ m}^3$  (Figura 5-3).

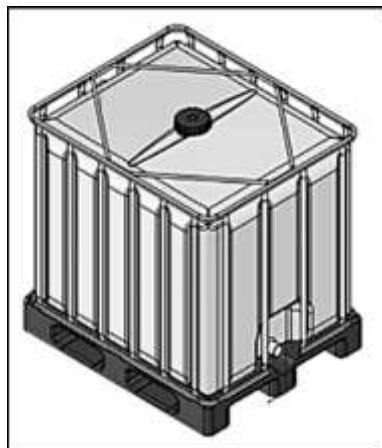


**Figura 5-3:** Diseño del depósito o fosa séptica.

Fuente: Vanessa Fernández (Ver Anexo C)

**Alternativa y/o Material:**

Como alternativa de construcción se seleccionó una fosa séptica plástica prediseñada de 1000 litros existente a un precio competitivo en el mercado. Y gracias a su sólida construcción y que puede montarse en diferentes ámbitos de aplicación. La parte externa del depósito está compuesto de una estructura metálica de acero y es resistente al óxido (Figura 6-3). Con amplio rótulo. La parte interna del depósito es de polietileno macromolecular y soplado por extrusión alta densidad, resistente a rayos ultravioleta y estabilidad UV.



**Figura 6-3:** Isometría del depósito o fosa séptica.

Fuente: Vanessa Fernández (Ver Anexo C)

### 3.2.1.3 Diseño del depósito de secado de lodos residuales para el sanitario ecológico

Los lechos de secado de lodos, son generalmente, el método más simple y económico de deshidratar los lodos, lo cual resulta lo ideal para pequeñas comunidades. El diseño se realizó tomando en cuenta la cantidad de lodos producidos en promedio por cada persona.

$$V_u = N (CT+100Lf)$$

- a) Personas que viven en la casa (N): 5
- b) Contribución de lodos frescos por personas (C): 1 lt/día
- c) Contribución de líquidos por persona (Lf): 1 lt/día
- d) Periodo de retención (T): 130 día

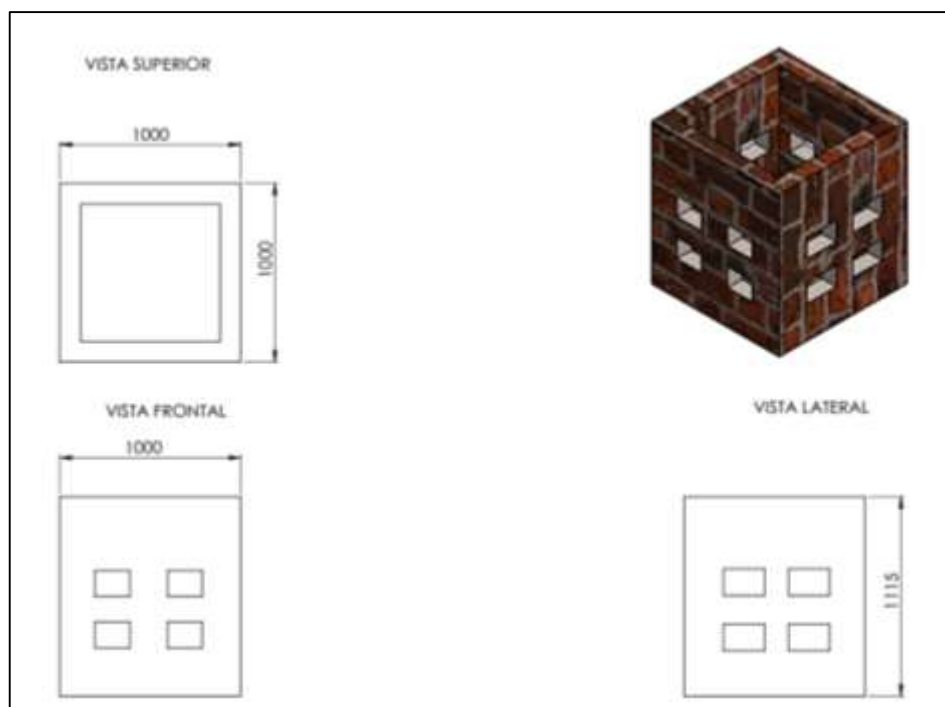
$$V_u = 5 (1*130 + 100*1)$$

$$V_u = 5 * (140)$$

$$V_u = 700 \text{ lt}$$

$$V_u = 0,70m^3$$

Una vez realizado el cálculo se puede apreciar que el volumen mínimo que debe tener el depósito de secado de lodos residuales es de  $0,70m^3$ . Las dimensiones seleccionadas para diseño son de un metro (1m) por largo, ancho y profundidad; con capacidad considerando proyecciones de  $1,00m^3$  (Figura 7-3).



**Figura 7-3:** Diseño del depósito de lodos provenientes de la fosa séptica.

Fuente: Vanessa Fernández (Ver Anexo D)

### ***Alternativa y/o Material:***

El material seleccionado para la construcción del depósito de secado de lodos es el ladrillo; fabricados bajo la norma ecuatoriana INEN 293 – 1977: “Ladrillos cerámicos definiciones, clasificación y condiciones generales” (Figura 8-3).



**Figura 8-3:** Isometría del depósito de lodos provenientes de la fosa séptica.

**Fuente:** Vanessa Fernández. (Ver Anexo D)

### ***3.2.2 Diseño del sistema de biofiltro con bagazo de caña***

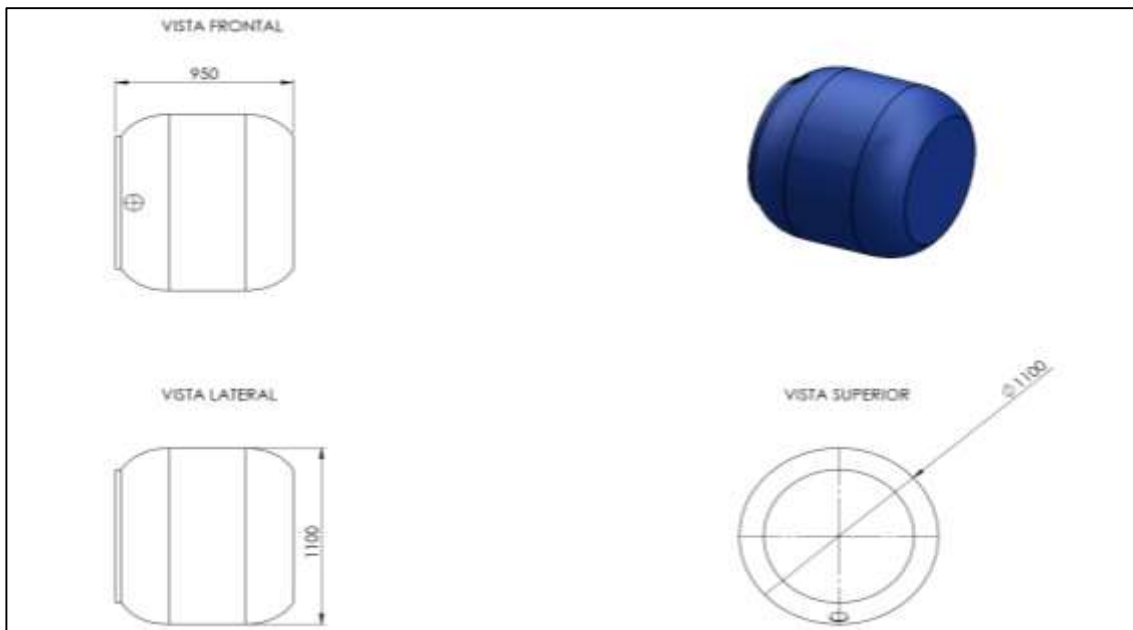
Con el presente proyecto se buscó exponer los resultados de un trabajo de investigación realizado en Parroquia Rural Facundo Vela, perteneciente al cantón Guaranda, provincia de Bolívar, puesto que proceso de investigación está basado en la implementación de un sanitario ecológico y proceso de tratamiento de agua residual mediante el uso de biofiltros, buscando minimizar dicha contaminación y dotar a la comunidad de infraestructura de saneamiento básico adecuado y suficiente, puesto que siempre se han enfrentado a la contaminación biológica y sus consecuencias.

El sistema de reutilización de aguas negras consiste en la recogida de las aguas procedentes de los inodoros, cargadas con materias fecales por medio de la red de drenaje con tubería PVC y canalizarla hacia una fosa séptica (Camacho, et al., 2017, p. 21).

#### ***3.2.2.1 Diseño del recipiente utilizado para biofiltro***

Según los resultados obtenidos en la cuantificación del caudal máximo diario del agua descargada del sanitario, el volumen a filtrar será igual  $0.12\text{m}^3/\text{día}$  y se procurará por factores de seguridad atestar siempre  $1/3$  adicional de disponibilidad de la atura del tanque utilizado. En este sentido,

en el mercado existen diversas opciones de pipas plásticas (bidones) prediseñadas a partir de 60 litros.



**Figura 9-3:** Isometría del recipiente utilizado para biofiltro.

Fuente: Vanessa Fernández. (Ver Anexo D)

***Alternativa y/o Material:***

Por lo tanto, se selecciona un depósito (pipa plástica o bidón) con capacidad para  $0.20m^3$ . Abierto con tapa y cincho (950 +/- 5 mm), fabricado en polietileno de alta densidad y alto peso molecular de grado alimenticio (Figura 10-3). Gracias a su sólida construcción y que puede montarse en diferentes ámbitos de aplicación.





**Figura 10-3:** Isometría del depósito de lodos provenientes de la fosa séptica.

Fuente: Vanessa Fernández. (Ver Anexo D)

### 3.2.2.2 Selección de materiales filtrantes

**Tabla 3-32:** Materiales faltantes

N°	Capa	Material	Tamaño (mm)	Granulometría		Fuente
				Pasa tamiz	Retiene tamiz	
1	Capa principal (medio filtrante)	Bagazo de caña	10 - 20	3/8"	3/4"	(Fernández, et al., 2011, p. 12)
2	Capa de soporte	Piedra caliza	19	3/4"	1/2"	(Hernández, 2001, p. 14)
3	Capa de soporte	Carbón activado	0.83 - 2.36	N5	N10	(Tangerino, et al., 2013, p. 14)
4	Capa de soporte	Grava	1 - 3	N10	N16	(Jiménez, 2016, p. 13)
5	Capa de soporte	Arena	0.4 - 0.8			(Pérez, et al., 2016)
6	Base	Piedra pómez	2 - 4	N12	N18	(Garzón, et al., 2012, p. 12)

Fuente: Vanessa Fernández.

**Tabla 4-3:** Espesor de lecho de cada material

N°	Capa	Material	Espesor del lecho filtrante (cm)	Selección del lecho filtrante (cm)	Fuente
1	Capa principal (medio filtrante)	Bagazo de caña	25 - 35	25,46	(Toapanta, 2017, p. 5)
2	Capa de soporte	Piedra caliza	10 - 15	10	(Hernández, 2001, p. 3)
3	Capa de soporte	Carbón activado	10 - 15	10	(Tangerino, et al., 2013, p. 7)

4	Capa de soporte	Grava	10 - 15	10	(Jiménez, 2016, p. 19)
5	Capa de soporte	Arena	10 - 15	15	(Pérez, et al., 2016, p. 15)
6	Base	Piedra pómez	10 - 15	10	(Garzón, et al., 2012, p. 15)

Fuente: Vanessa Fernández.

### 3.2.2.3 Descripción del medio filtrante

El principal componente del biofiltro es el medio biológico filtrante donde los compuestos indeseables en el aire, en primera instancia, son absorbidos y adsorbidos para poder ser degradados posteriormente por microorganismos (Fernández, et al., 2011; Corrales, et al., 2012; Muyulema, 2018). En ese contexto el bagazo de caña es obtenido mediante la molienda de la caña, el cual es un material fibroso que presenta un alto contenido de humedad. Dos aspectos generales importantes que determinan la operación de un biofiltro para el tratamiento de gases se refieren a la calidad del medio filtrante y a las condiciones de flujo de gas prevalecientes dentro de la unidad de biofiltración. Al poseer el bagazo de caña un alto contenido de humedad se favorece al crecimiento de microorganismos que degradan los contaminantes, lo cual determina la eficiencia del filtro. Dentro de las propiedades físicas y químicas que posee el bagazo de caña se pueden observar las detalladas en la tabla N° 5-3 y N° 6-3 respectivamente.

**Tabla 5-3:** Propiedades físicas del bagazo de caña

Propiedades físicas		
Determinaciones	Unidad	Datos
C	%	43.22
H	%	6.097
N	%	0.006
S	%	0.81
O	%	43.95

Fuente: (Fernández, et al., 2011)

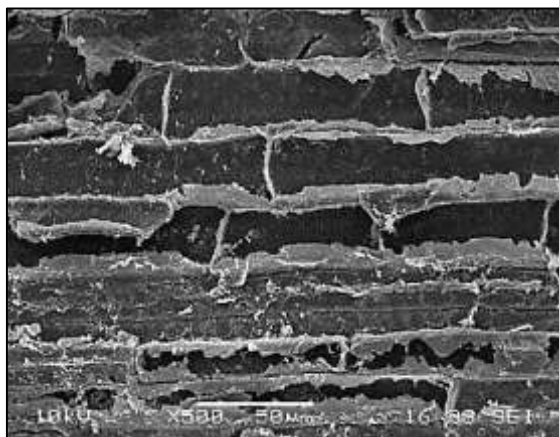
**Tabla 6-3:** Propiedades químicas del bagazo de caña

Propiedades químicas		
Determinaciones	Unidad	Datos
Diámetro de la partícula	cm	1 - 2
pH	Unid	6.24
Contenido de humedad	%	48.3
Peso húmedo	gr	180
Peso seco	gr	121.3
Área superficial	M <sup>2</sup> /gr	4.146

Volumen total de poros	M <sup>3</sup> /gr	0.0041
Diámetro promedio de poros	Å	39.429

Fuente: (Fernández, et al., 2011, p. 14)

En la ilustración N° 17 se observa una microscopía electrónica de barrido del bagazo de caña, en donde se puede observar la superficie irregular y los poros presentes en el material.



**Figura 11-3:** Microscopía electrónica de barrido del bagazo de caña

Fuente: (Fernández, et al., 2011, pp. 14-17)

La microscopía reveló que la muestra tiene fibras de paredes gruesas interconectadas con la médula, así también una superficie rugosa de la pared celular de fibras constituidas por franjas paralelas desdobladas con una estructura abierta y superficie lisa.

Los poros se presentan a lo largo y ancho de la superficie con un diámetro de entre 1-2  $\mu\text{m}$  que facilitarían la filtración y retención de microorganismos. (Corrales, et al., 2012, p. 16)

#### 3.2.2.4 Cálculos previos de diseño del biofiltro

##### **Caudal del filtro biológico $Q_{FB}$**

$$Q = \text{Volumen/Tiempo}$$

Fuente: (Hernández & Gómez del Pino, 2016, p. 22)

$$\text{Caudal medio} = Q_{\text{medio}} = 0.12 \text{ m}^3 / \text{día.}$$

##### **Tiempo de retención hidráulica $THR$**

Existen dos casos especiales que el TULSMA toma en cuenta para el diseño de filtros. Cuando se cuenta con características físicas y mecánicas del medio filtrante como: porosidad, volumen de vacíos, granulometría, etc.

$$TRH = 12 \text{ horas} = 0.5 \text{ días.}$$

Cuando se considera que el material se encuentra totalmente empacado y se usan diferentes tipos, omitiendo sus características.

$$TRH = 5.25 \text{ horas}$$

Para el presente proyecto y para poder hacer uso de este criterio se redujo la cantidad de vacíos al máximo mediante una buena granulometría, los valores del TRH fueron tomados de la Tabla N° 7-3. Tiempo de retención hidráulica THR Horas.

**Tabla 7-3:** Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes

Parámetros de Diseño	Rango de valores como una función del gasto		
	Q promedio	Q máx diario	Q máx horario
Altura del medio filtrante	0.8 - 3.0	0.8 - 3.0	0.8 - 3.0
Tiempo de resistencia hidráulica (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (Kg BDO/m <sup>3</sup> d)	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50
Carga orgánica en el medio filtrante volumétrica (Kg BDO/m <sup>3</sup> d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

**Fuente:** (Chernicharo de Lemos, 2007; Conagua, 2016)

Para nuestra investigación se ha usado un tiempo de retención para un gasto promedio, este está en valor intermedio entre 5 y 10 = 7,5horas.

### *Tiempo de retención hidráulica en días THR días*

$$TRH_{\text{asumido}} = 7.5 \text{ horas}$$

$$TRH_{\text{asumido}} = 7.5 \text{ horas} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 0.3 \text{ días}$$

Volumen del filtro biológico V<sub>FB</sub> (m<sup>3</sup>)

$$V_{FB} = 2 * 0.12\text{m}^3/\text{día} * 0.3 \text{ días}$$

$$V_{FB} = 0.072 \text{ m}^3$$

$$0.072\text{m}^3 = \pi * r^2 * h$$

$$\frac{0.072\text{m}^3}{\pi * (0.30\text{m})^2} = h$$

$$0.2546 \text{ m} = h$$

$$25,46 \text{ cm} = h$$

El volumen de material calculado fue colocado en el recipiente plástico y distribuido uniformemente con lo que se pudo interpretar una distribución de su volumen como lo muestra la siguiente Figura 12-3.



**Figura 12-3:** Distribución de materiales filtrantes  
**Fuente:** Vanessa Fernández. (Ver Anexo E)

***Chequeo del período de retención (TRH).***

El chequeo debe cumplir con las siguientes condiciones:  $TRH_{cal} \geq TRH_{asumido}$  para que el volumen del material no presente problemas por retención.

$$TRH_{cal} = \frac{V_{BF}}{Q_{BF-medio}}$$

**Fuente:** (Hernández & Gómez del Pino, 2016)

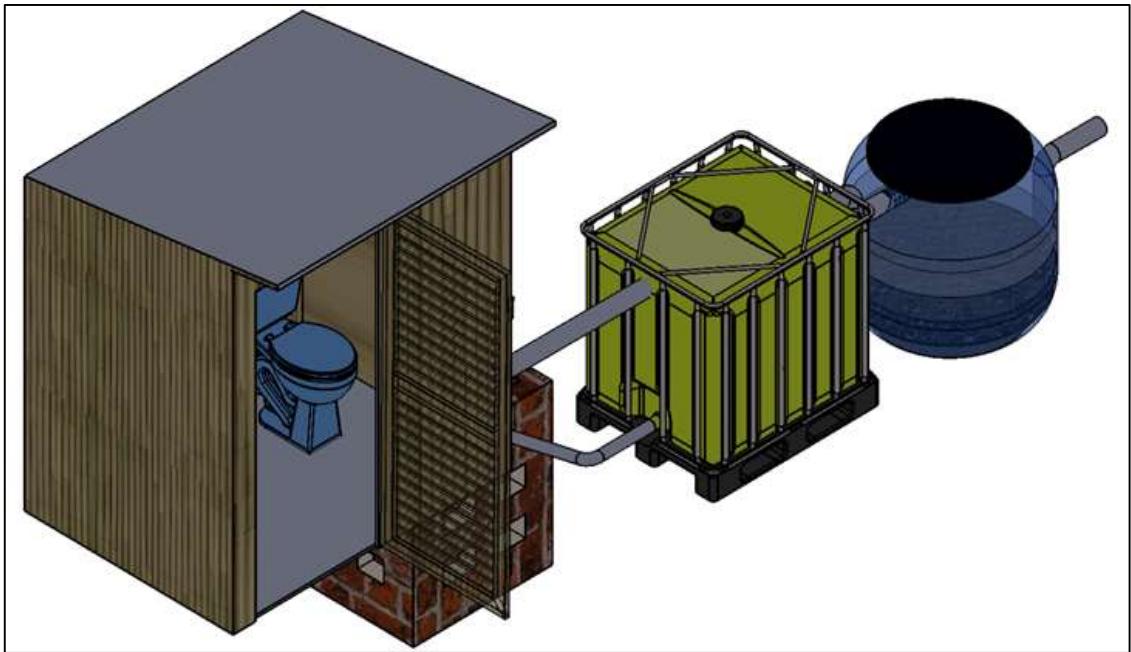
$$TRH_{cal} = \frac{0.072m^3}{0.12 \frac{m^3}{día}}$$

$$TRH_{cal} = 0.6 \text{ días}$$

$$0.6 \text{ días} \geq 0.3 \text{ días} \therefore \text{ok.}$$

El volumen de material biológico filtrante (bagazo de caña) que se obtuvo con un tiempo de retención de 7,5 horas para nuestro proyecto de implementación fue de  $0.073m^3$  que se lo colocó en el recipiente tomado como alternativa de biofiltro. El tiempo que una unidad de fluido permanece en dicho recipiente, es 0.3 días y considerando factores de seguridad el mismo podría soportar hasta 0.6 días.

### 3.2.3 Construcción e implantación de un sanitario ecológico



**Figura 13-3:** Isometría del montaje del sanitario ecológico y un sistema de biofiltro

Fuente: Vanessa Fernández. (Ver Anexo A)

El proyecto consiste en diseñar un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras aplicado en la parroquia Facundo Vela. Para lograr este objetivo, fue necesario el diseño de cada uno de los elementos que componen, con la ayuda de una herramienta gráfica como el software de diseño asistido por computadora AutoCAD, que, apoyada en un visualizador 3D, permitió a la investigadora seleccionar los objetos en la maqueta 3D que hayan sido montados, logrando así adaptar todas las nuevas tecnologías para hacerlas útiles al diseñar y modelar un prototipo un espacio interactivo editable en su totalidad (Figura 13-3), permitiendo libertad absoluta de diseños previos para la implementación.

En síntesis, el diseño y modelo tridimensional permitió una visualización previa de la construcción e implementación del prototipo, pudiendo detectar incongruencias de diseño y formular una idea clara y anticipada de cómo lucirá nuestra obra (sanitario ecológico y biofiltro) una vez que se lleve a cabo.

#### 3.2.3.1 Construcción e implementación del cuarto de sanitario ecológico

Con base en el diseño ejecutado en el numeral anterior (3.2.1.1), dentro del cual hizo necesario el uso del software AutoCAD, y apoyado a su vez en un visualizador 3D se consigue ejecutar la construcción e implementación del sanitario ecológico, siguiendo las subsiguientes actividades:

## 1. Preparación del terreno y cimentación:

- Limpieza del área de construcción de rocas, detritos y árboles
- colocar el encofrado de ladrillo y madera que sirve de plantilla para los cimientos, y cava los hoyos y zanjas.
- Instalar las bases (estructuras que sirven de interfaz entre la casa y el terreno sobre el que la misma reposa).
- Colocar el encofrado de la base del piso
- Nivelar y se realizar las instalaciones para los servicios (por ejemplo, las ranuras para tuberías de desagüe).
- Verter hormigón en la base. (Ver Figura 14-3a)



(a)



(b)



(c)

**Figura 14-3:** Construcción del cuarto de sanitario ecológico

Fuente: Vanessa Fernández. (Ver Anexo J y K)

## 2. Estructura de obra gruesa completa

- Realizar los sistemas de soporte de pared y techo (conocidos de forma colectiva como la concha o esqueleto del baño).
- Colocar un revestimiento de tablas de madera a las paredes exteriores.
- Colocar techo e instalar la puerta.

- Revestir con una barrera protectora (pintura aislante), que evita que el agua líquida se filtre en la estructura, pero permite que el vapor de agua escape. Esto reduce las probabilidades de que se forme moho y se pudra la madera. (Ver Figura 14-3b y c)
3. Instalación completa de obra gruesa de plomería, sistemas eléctricos
    - Instalar el revestimiento y los techos. Una vez que se ha finalizado con la estructura o esqueleto.
    - Se instalan las líneas de drenaje y de venteo, así como las líneas de suministro de agua para cada aparato.
  4. Finalización de los ajustes mecánicos; instalación de accesorios de baño
    - Instalar una lámpara, enchufe e interruptor y se finaliza la instalación del panel eléctrico.
    - Colocar lavamanos, inodoros y grifos.

### *3.2.3.2 Construcción e implementación de la fosa séptica*

Siguiendo en diseño previo ejecutado en el numeral anterior (**3.2.1.2**), dentro del cual hizo necesario el uso del software AutoCAD, y apoyado a su vez en un visualizador 3D se consigue ejecutar la instalación de la fosa séptica.

Antes de hablar de cómo instalar una fosa séptica, queremos dejarles algunos aspectos importantes que deben tener en cuenta para elegir la mejor ubicación:

- Examina bien el terreno donde vas a instalar la fosa séptica, este no debe ser pantanoso, ni relleno ya que podría inundarse fácilmente.
- Evita instalar la fosa sobre terrenos transitados por vehículos. Debe haber una distancia de más de 3 metros entre la fosa y el paso.
- Si hay otros pozos de agua debes dejar una distancia de 30 metros
- Deja también aproximadamente 15 metros de distancia a las corrientes de agua
- Si hay construcciones alrededor de la fosa, esta debe ubicarse a más de 5 metros de ella.





**Figura 15-3: Instalación de la fosa séptica**  
**Fuente:** Vanessa Fernández. (Ver Anexo J y K)

Para la instalación de la fosa séptica se siguió los consecutivos pasos:

- Limpieza del área de construcción de rocas, detritos y árboles.
- Excavación del pozo, tomando las medidas de la fosa y hondar un pozo con las dimensiones suficientes. (Ver Figura 15-3a)
- Excavación aproximadamente 15 cm adicionales a cada lado del pozo para las conexiones.
- Preparación de una mezcla de tierra orneada y arena, para relleno de una capa de 15 cm en el fondo del pozo. (Ver Figura 15-3b)
- Colocar la fosa séptica sobre el relleno previamente preparado.
- Llenar la fosa séptica dentro del pozo con agua. Completo hasta el nivel de salida.
- Realizar las conexiones de entrada y salida, y así también la instalación de un caño de PVC de 75 mm para la ventilación. (Ver Figura 15-3c)
- Rellenar los costados con tierra sin piedra o arena, para mayor seguridad e higiene, también evitara que la filtración.

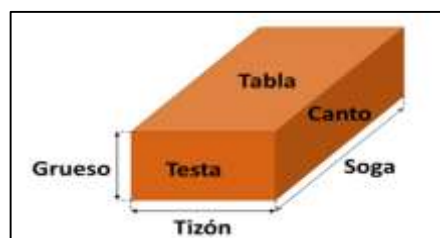
### *Sugerencias de limpieza de fosas sépticas*

Para llevar a cabo una correcto lavado y mantenimiento de la fosa séptica, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Abrir la tapa del tanque con cuidado. Los gases generados en el interior por la fermentación del lodo y los materiales fecales son muy tóxicos, así que hay que liberarlos poco a poco y tratar de no respirarlos.
- No fumar cerca de la fosa. El gas metano producido en la misma es altamente inflamable. Podría provocar una explosión.
- Descargar los lodos cuatrimestralmente de la fosa en el depósito de lodos.
- Aprovechar la descarga para limpiar con agua a presión.
- No rellenar el tanque con más agua del lodo que se ha eliminado. Puede surgir una avería el sistema de fosa séptica.
- De ser necesario verter una dosis de activador bacteriano que sugiera el fabricante de la fosa séptica.
- Cerrar el tanque y evitar que se pueda abrir con facilidad. Una apertura de la fosa errónea puede provocar asfixia e incluso la muerte.

#### *3.2.3.3 Construcción e implementación del depósito de lodos*

Para la construcción e implementación del depósito de lodos se seleccionó como material de construcción (ladrillo). El ladrillo es una pieza cerámica cuya forma consiste en un paralelepípedo ortogonal, que se fabrica mediante la mezcla de arcilla o tierras arcillosas y agua, pasando por un proceso de secado y cocción a altas temperaturas. Son resistentes a la humedad y al calor. tiene una forma de prisma rectangular, sus diferentes dimensiones y caras se denominan de la siguiente manera:



**Figura 16-3:** Nomenclatura de las caras y aristas de un ladrillo seleccionado

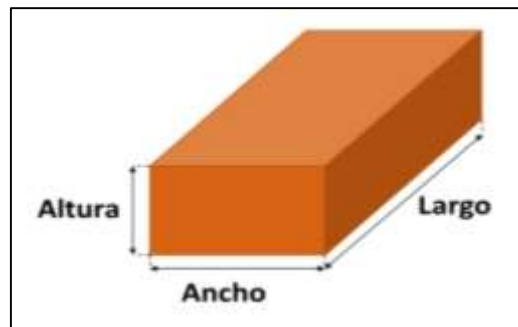
**Fuente:** (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 293-1977, 2014)

También se designan en este apartado las dimensiones:

Largo =  $l = 39\text{cm}$

Ancho =  $a = 19\text{cm}$

Altura =  $h = 9\text{cm}$



**Figura 17-2:** Dimensiones de las caras y aristas de un ladrillo seleccionado

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 293-1977, 2014)

Para la instalación del depósito de lodos se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Limpieza del área de construcción de rocas, detritos y árboles.
- Excavación del pozo, tomando las medidas diseñadas (**3.2.1.3**) y hondar un pozo con las dimensiones suficientes.
- Construcción del depósito de lodos a nivel de descarga de lodos de la fosa.
- Realizar las conexiones de entrada entre la descarga de la fosa y el depósito de lodos.
- Preparación de una mezcla de tierra orneada y arena, para relleno de una capa de 15 cm en el fondo del pozo.
- Rellenar los costados con tierra sin piedra o arena, para mayor seguridad e higiene, también acelerara el secado.

Por razones expresas en el presupuesto inicial para el diseño e implementación de un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña, para aguas negras aplicado en la parroquia Facundo Vela, no se pudo realizar la implementación de la cámara de lodos, haciéndose necesaria la recomendación de implementar siguiendo el diseño propuesto de forma inmediata en el primer cuatrimestre de uso del prototipo. (Anexo D)

### 3.2.4 Construcción e implantación de un sistema de biofiltro con bagazo de caña.

Para la el diseño y construcción de un biofiltro se siguió los siguientes pasos:

- Realizar adecuaciones de conexiones de entrada y salida en el recipiente seleccionado para funcionar como biofiltro. (Ver Figura 18-3a)
- Ubicar los componentes del biofiltro con bagazo de caña considerando el volumen de cada capa con base en los elementos de diseño expresados en el numeral (3.2.2.2). (Ver Figura 18-3b)
- Realizar las conexiones de entrada y salida entre la fosa y el biofiltro de caña. (Ver Figura 18-3c)
- Realizar la instalación de un caño de PVC de 75 mm para la ventilación del sistema. (Ver Figura 18-3c)



(a)



(b)



(c)

**Figura 18-3:** Instalación del biofiltro  
Fuente: Vanessa Fernández. (Ver Anexo J y K)

### **3.3 Evaluación de los resultados del proceso de tratamiento biológico (Post-tratamiento)**

Para poder comprobar la eficiencia del filtro se realizaron análisis químico y microbiológico del agua de tres concentraciones:

- 1) Concentración blanca,
- 2) Concentración residual y,
- 3) Concentración residual filtrada, los resultados permitieron realizar una comparación entre las tres concentraciones.

**Tabla 8-3:** Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Agua residual filtrada

Determinaciones	Unidad	Valores referenciales	Concentración Banca (A)	Concentración residual (B)	Concentración residual filtrada (C)	Métodos
Color	und Co/pt	<dilución 1/120	11.0	608	210	APHA  AWWA  WPCF 17 ed.
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid	6-9	7.60	7.19	6.9	
Conductividad	μSiems/cm	-	84.0	630	232	
Turbiedad	UTN		1.70	52	26	
Cloruros	mg/L	1000	5.90	54.3	50.8	
Nitratos	mg/L		1.60	4.9	6.6	
Fosfatos	mg/L	10	0.76	1.77	7.22	
Solidos Suspendidos	mg/L	130	2.0	103	98.7	
Solidos Disueltos Totales	mg/L		45.0	254	201	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	14.0	190	105	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	7.40	175.7	132	
Coliformes Totales (CT)	UFC/100 ml	-	17	1.6x10 <sup>5</sup>	1.4x10 <sup>3</sup>	
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	2000	6	2.3x10 <sup>4</sup>	2.25x10 <sup>2</sup>	

Fuente: Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Agua residual Filtrada. (Anexo F y G)

### 3.3.1 Nivel de eficiencia de remoción por parámetro

La eficiencia fue determinada en base al porcentaje de materia orgánica removida y mediante la siguiente fórmula, para cada uno de los parámetros analizados:

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{\text{Concentración Inicial} - \text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}}$$

Fuente: (Hernández & Gómez del Pino, 2016)

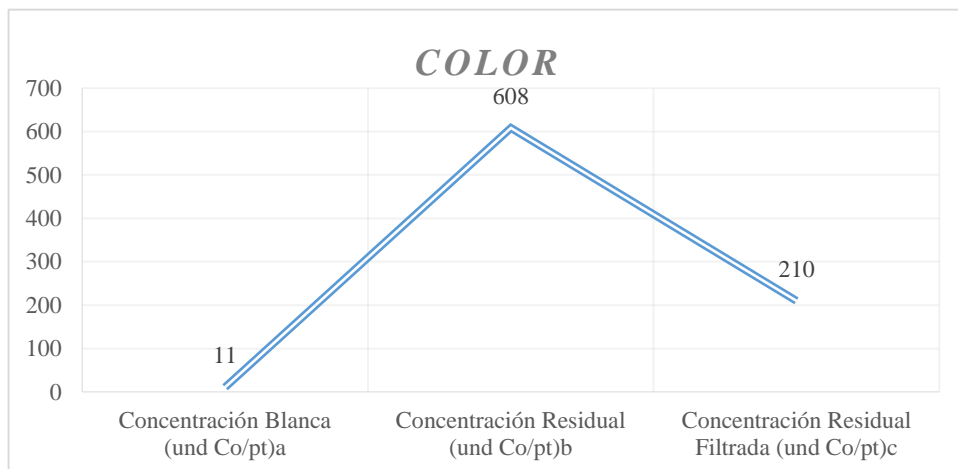
Es decir, se calcula la eficiencia del biofiltro.

#### 3.3.1.1 Color

**Tabla 9-4:** Porcentaje de remoción de color para determinar la eficacia del filtro.

Concentración Blanca (und Co/pt)a	Concentración residual (und Co/pt)b	Concentración residual filtrada (und Co/pt)c	% de Remoción (und Co/pt)a-c	% de Remoción (und Co/pt)b-c
11.0	608	210	-1809%	65%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Físico-Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 2-1:** Porcentaje de remoción de color para determinar la eficacia del filtro.

Fuente: Tabla 9-3: Porcentaje de remoción de color para determinar la eficacia del filtro.

#### Interpretación:

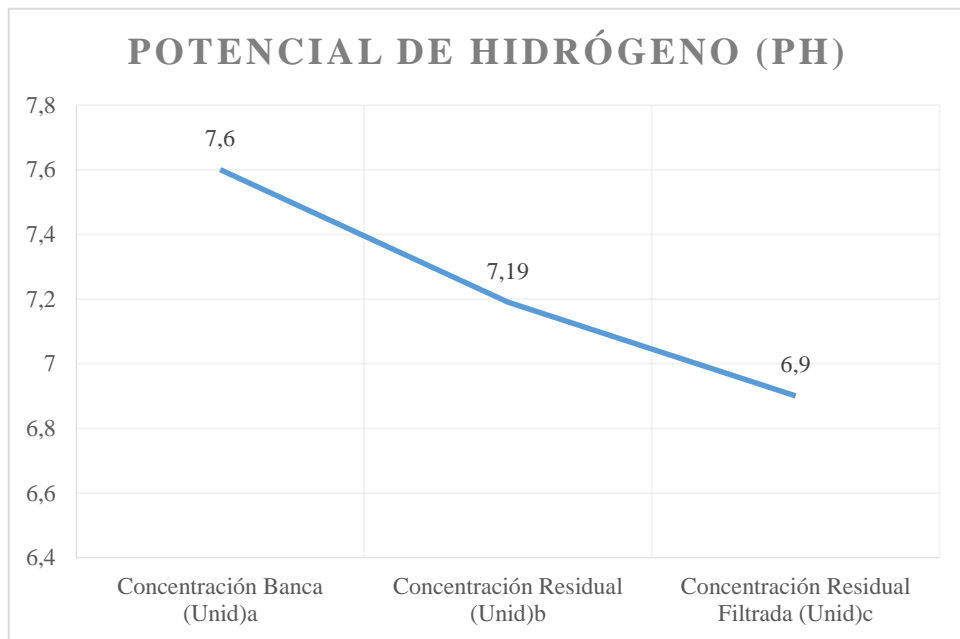
En el examen químico y microbiológico del agua que se efectuó se observó que los valores correspondientes a color de la concentración blanca (A) asciende a 11 und Co/pt, y la concentración residual (B) remonta a 608 und Co/pt, y la concentración residual tratada (C) se ubica en 210 und Co/pt, notándose una eficiencia de remoción del 65% en los niveles de contaminación de (B) a comparación con los obtenidos en (C), que equivale a un color de agua 210 und Co/pt el cual a pesar de lograr una significativa remoción aún se estaría fuera de los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA (2015).

### 3.3.1.2 Potencial de hidrógeno (pH)

**Tabla 10-3:** Porcentaje de remoción de pH para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca (Unid)a	Concentración residual (Unid)b	Concentración residual filtrada (Unid)c	% de Remoción (Unid)a-c	% de Remoción (Unid)b-c
7.60	7.19	6.9	9%	4%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 3-2:** Porcentaje de remoción de pH para determinar la eficacia del biofiltro

Fuente: Tabla 10-3.

#### Análisis:

En el examen químico y microbiológico del agua que se efectuó, se puede notar que el pH de (A) asciende a 7.60, (B) remonta a 7.19, y (C) alcanza a 6.9 unidades, notándose en primer lugar que al poner en funcionamiento el biofiltro diseñado, se ha conseguido disminuir los niveles de contaminación de (A) obteniendo una eficiencia máxima de remoción en (C) del 9% y en segundo lugar la concentración de (B) en comparación con la obtenida en (C) muestra del mismo modo una mejora del 4%. En ambos casos (C) equivale a un pH de 6,9 unidades, el cual estaría dentro de los límites permisibles establecidos por el TULSMA (2015), pero se debería tomar en cuenta que cada vez va disminuyendo el agua va a llegar un punto que se volverá ácida y será incapaz de permitir actividad biológica cuando sea descargada en los cuerpos receptores. Bajo este contexto se tendrá que mantener un control rutinario del lecho faltante del biofiltro.

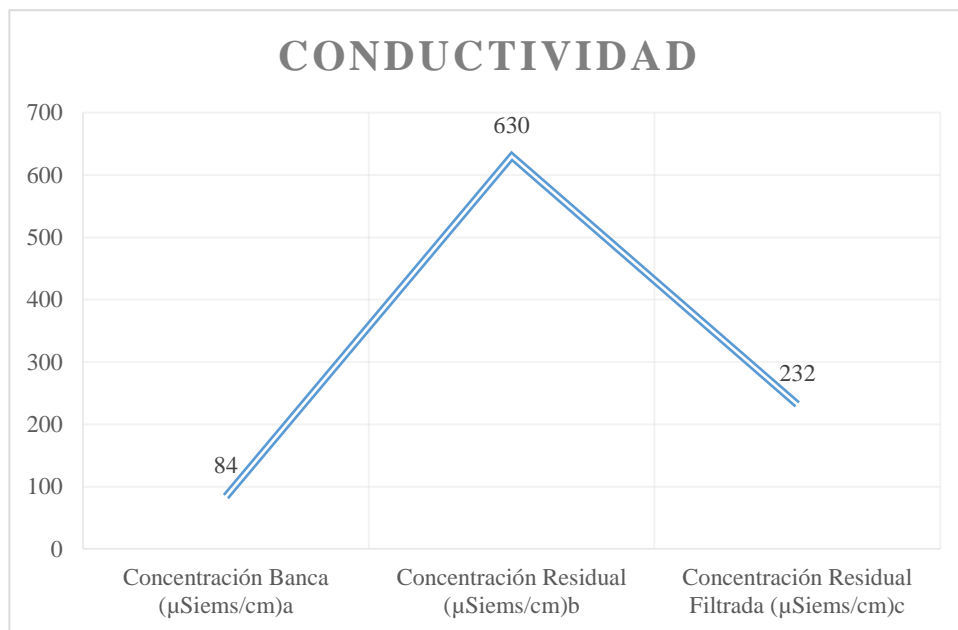


### 3.3.1.3 Conductividad

**Tabla 11-3:** Porcentaje de remoción de Conductividad para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca ( $\mu\text{Siems/cm}$ )a	Concentración Residual ( $\mu\text{Siems/cm}$ )b	Concentración Residual Filtrada ( $\mu\text{Siems/cm}$ )c	% de Remoción ( $\mu\text{Siems/cm}$ )a-c	% de Remoción ( $\mu\text{Siems/cm}$ )b-c
84.0	630	232	-176%	63%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 4-3:** Porcentaje de remoción de Conductividad

Fuente: Tabla 11-3.

#### Análisis:

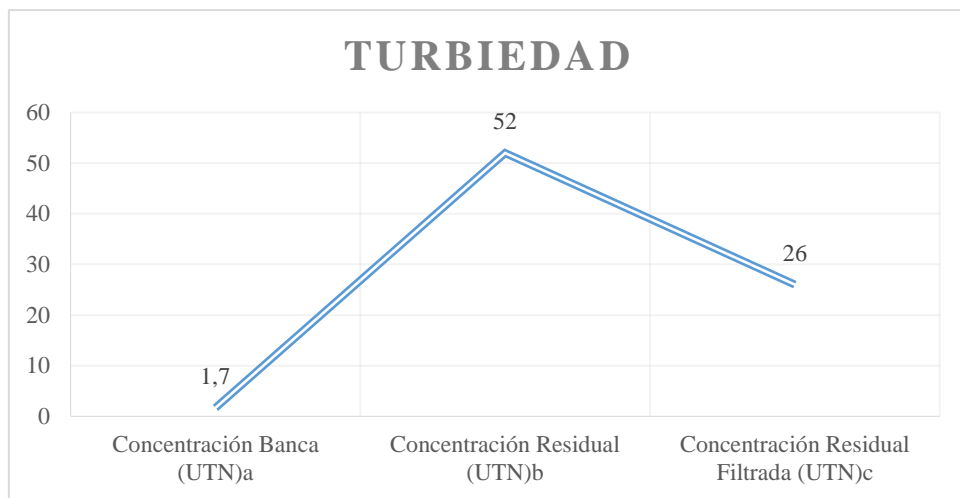
En el examen químico y microbiológico del agua que se efectuó, se puede notar que la conductividad de (A) asciende a 84.0  $\mu\text{Siems/cm}$ , (B) remonta a 630  $\mu\text{Siems/cm}$ , y (C) alcanza a 232  $\mu\text{Siems/cm}$ . Distinguiendo claramente que la conductividad de (B) se ha incrementado con respecto a la determinada en (A). Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo. Al poner en funcionamiento el biofiltro diseñado, se ha conseguido disminuir los niveles de contaminación de (B) obteniendo una eficiencia máxima de remoción en (C) del 63%, equivalente a una conductividad de 232  $\mu\text{Siems/cm}$ . Las directrices para valorar la utilización de un agua para el riego pretenden dar tan solo una primera orientación, habiendo de observar los síntomas que en las plantas nos indiquen una determinada reacción ante las sales.

### 3.3.1.4 Turbiedad

**Tabla 12-5:** Porcentaje de remoción de Turbiedad para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca (UTN)a	Concentración Residual (UTN)b	Concentración Residual Filtrada (UTN)c	% de Remoción (UTN)a-c	% de Remoción (UTN)b-c
1.70	52	26	-1429%	50%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Físico-Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 5-3:** Porcentaje de remoción de Turbiedad para determinar la eficacia del biofiltro.

Fuente: Tabla 12-3.

### Análisis:

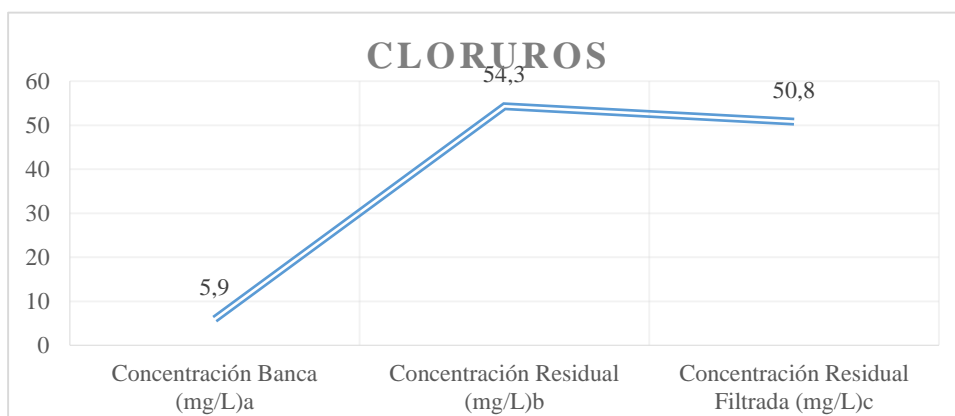
En el examen químico y microbiológico del agua que se efectuó, permite verificar que la turbiedad de (B) ha ido disminuyendo con respecto a (C) desde análisis realizado y se identificó que la mayor eficiencia del filtro es de 50% que equivale a una turbiedad de 26 NTU, observando así que el funcionamiento del filtro.

### 3.3.1.5 Cloruros

**Tabla 13-3:** Porcentaje de remoción de Cloruros para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca (mg/L)a	Concentración Residual (mg/L)b	Concentración Residual Filtrada (mg/L)c	% de Remoción (mg/L)a-c	% de Remoción (mg/L)b-c
5.90	54.3	50.8	-761%	6%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 6-3:** Porcentaje de remoción de Cloruros para determinar la eficacia del biofiltro.

Fuente: Tabla 13-3.

**Análisis:**

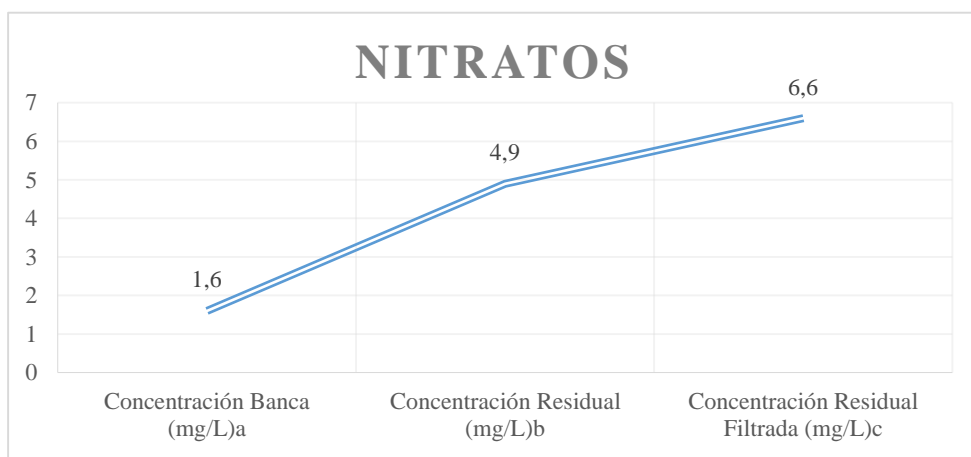
En el examen químico y microbiológico del agua que se efectuó, permite verificar que el porcentaje de remoción de cloruros de (B) ha ido disminuyendo con respecto a (C) desde análisis realizado y se identificó que la mayor eficiencia del filtro es de 6% que equivale a una concentración de 50.8 mg/L, observando así que el funcionamiento del filtro evidencia una mejora en el parámetro evaluado.

**3.3.1.6 Nitratos**

**Tabla 14-36:** Porcentaje de remoción de Nitratos para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca (mg/L)a	Concentración Residual (mg/L)b	Concentración Residual Filtrada (mg/L)c	% de Remoción (mg/L)a-c	% de Remoción (mg/L)b-c
1.60	4.9	6.6	-313%	-35%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 7-3:** Porcentaje de remoción de Nitratos para determinar la eficacia del biofiltro.

Fuente: Tabla 14-3.

### Análisis:

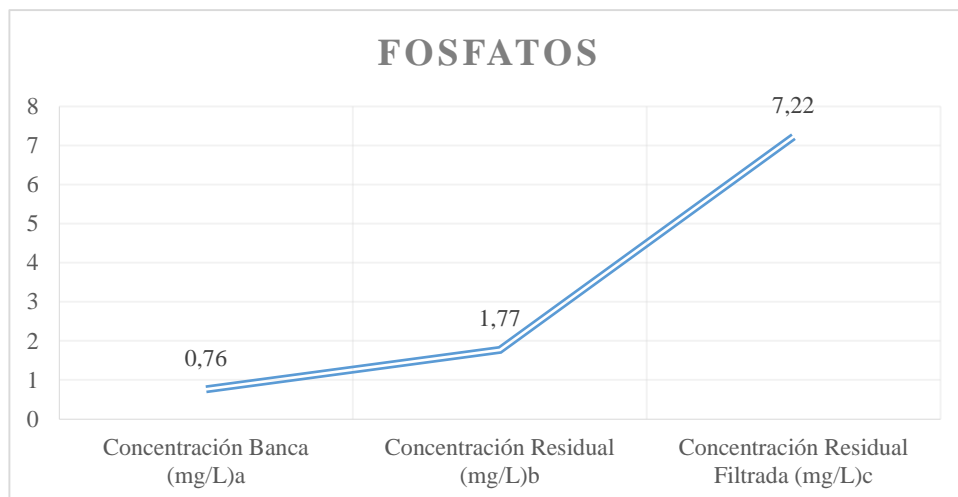
Considerando que la contaminación por nitratos en la actualidad, es un problema generalizado y creciente que afecta tanto a la calidad de las aguas superficiales como a las subterráneas. La eficiencia del biofiltro en función del nitrato estuvo un porcentaje de remoción negativo de (B) con respecto a (C) del 35%, según en los exámenes químicos y microbiológicos del agua que se realizaron. No logrando mejorar este parámetro con el diseño de biofiltro propuesto.

#### 3.3.1.7 Fosfatos

**Tabla 15-3:** Porcentaje de remoción de Fosfatos para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca (mg/L)a	Concentración Residual (mg/L)b	Concentración Residual Filtrada (mg/L)c	% de Remoción (mg/L)a-c	% de Remoción (mg/L)b-c
0.76	1.77	7.22	-850%	-308%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 8-3:** Porcentaje de remoción de Fosfatos para determinar la eficacia del biofiltro.

Fuente: Tabla 15-3.

### Análisis:

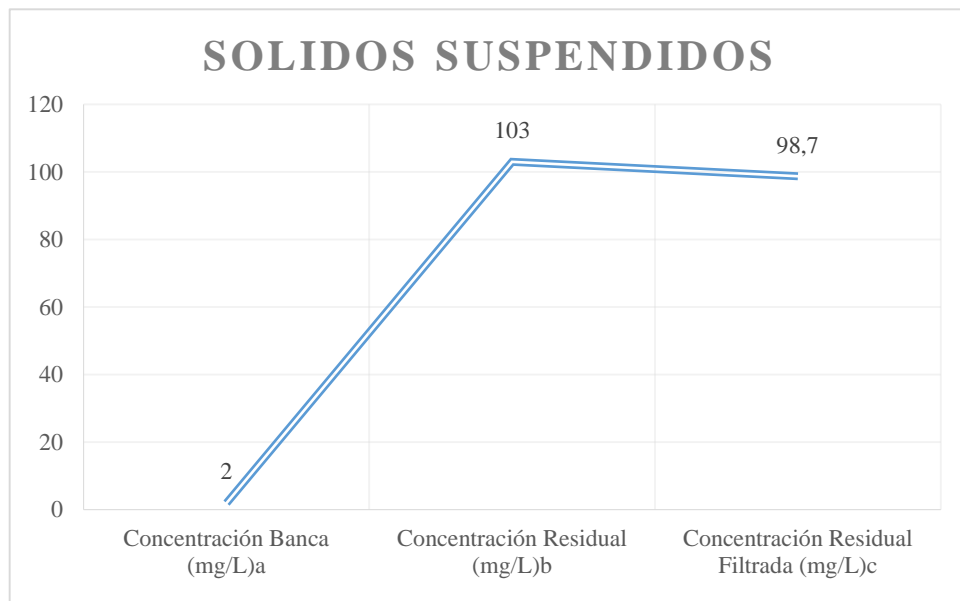
En el examen químico y microbiológico del agua que se efectuó, se puede notar que los fosfatos de (A) asciende a 0.76 mg/L, (B) remonta a 1.77 mg/L, y (C) alcanza a 7.22 mg/L. Distinguiendo claramente que los fosfatos concentrados en (C) se ha incrementado con respecto a la determinada en (A y B). Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. No se logra alcanzar una eficiencia en la remoción. Sin embargo, este parámetro esta cumpliría con el límite máximo permisible que es de 10 mg/L.

### 3.3.1.8 Sólidos Suspendidos (SS)

**Tabla 16-37:** Porcentaje de remoción de (SS) para determinar la eficacia del filtro.

Concentración Banca (mg/L)a	Concentración Residual (mg/L)b	Concentración Residual Filtrada (mg/L)c	% de Remoción (mg/L)a-c	% de Remoción (mg/L)b-c
2.0	103	98.7	-4835%	4%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 9-3:** Porcentaje de remoción de para determinar la eficacia del filtro.

Fuente: Tabla 16-3.

#### Análisis:

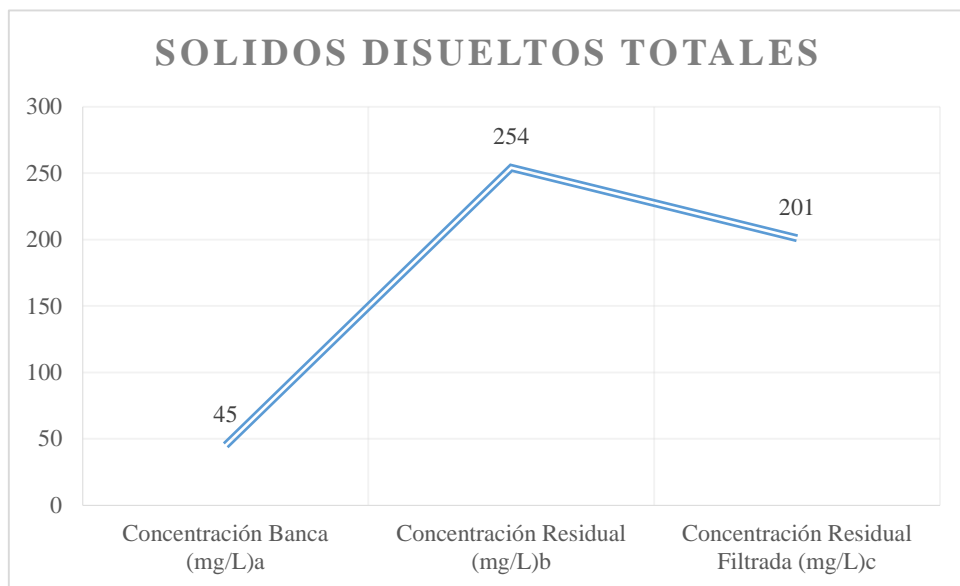
Se pudo notar mediante los exámenes químicos y microbiológicos del agua realizados, que la concentración (B) con respecto a (C) presentó una eficiencia de remoción del 4% en el parámetro de sólidos suspendidos (SS), con un valor de 98.7 mg/l, cumpliendo así con el límite máximo permisible determinado por el TULSMA (2015), que es de 130 mg/l. Los materiales utilizados en el filtro aportaron de forma significativa en la disminución de los sólidos suspendidos.

### 3.3.1.9 Sólidos Disueltos Totales (TDS)

**Tabla 17-3:** Porcentaje de remoción de (TDS) para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca (mg/L)a			Concentración Residual (mg/L)b	Concentración Residual Filtrada (mg/L)c	% de Remoción (mg/L)a-c	% de Remoción (mg/L)b-c
45.0	254	201	-347%		21%	

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 10-3:** Porcentaje de remoción de (TDS) para determinar la eficacia del biofiltro.

Fuente: Tabla 17-3.

#### Análisis:

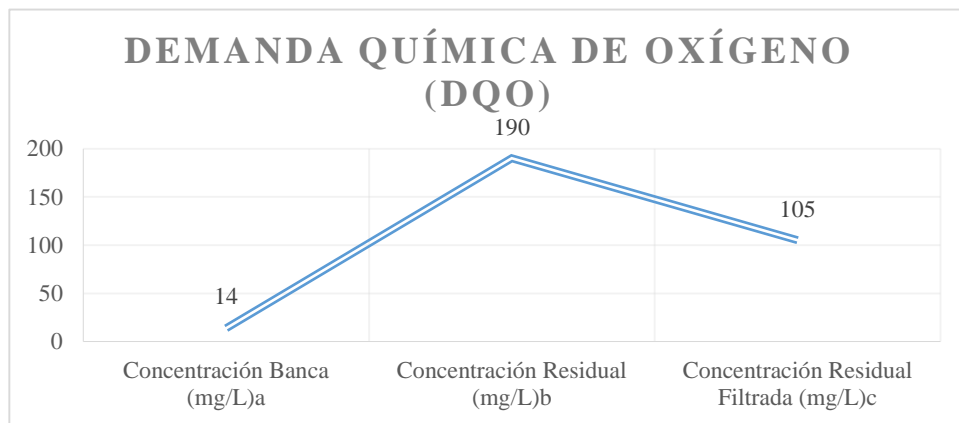
Se pudo notar mediante los exámenes químicos y microbiológicos del agua realizados que el funcionamiento del biofiltro presentó una eficiencia en el parámetro de SST del 21% de remoción con un valor de 201 mg/l. A sabiendas que, el total de sólidos disueltos presentes en el agua es una de las principales causas de turbidez y sedimentos en el fluido. A más considerando que, una alta concentración de TDS es un indicador de que contaminantes dañinos, como hierro, manganeso, sulfato, bromuros y arsénico, también pueden estar presentes en el agua. A nivel técnico no se considera que pueda ser peligroso para la salud, aunque nos puede dar una indicación para analizar el agua y comprobar si alguna de esas sustancias si pudiera ser peligrosa.

### 3.3.1.10 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 18-3:** Porcentaje de remoción de (DQO) para determinar la eficacia del filtro.

Concentración Banca (mg/L)a	Concentración Residual (mg/L)b	Concentración Residual Filtrada (mg/L)c	% de Remoción (mg/L)a-c	% de Remoción (mg/L)b-c
14.0	190	105	-650%	45%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 11-3:** Porcentaje de remoción de (DQO) para determinar la eficacia del filtro.

Fuente: Tabla 18-3.

#### Análisis:

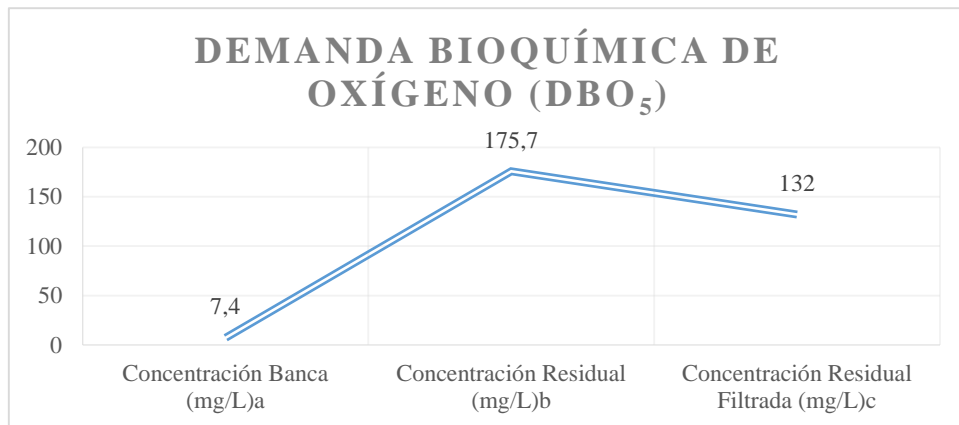
En los exámenes químicos y microbiológicos que se efectuó se observó que la concentración (C) con respecto a (B) presentó la mayor eficiencia del filtro con un 45% el cual equivale a un DQO de 105 mg/l es así que como indica el TULSMA (2015), este parámetro si cumpliría con el límite máximo permisible que es de 200 mg/l. Su valor da idea de la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua. Sin embargo, la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.

### 3.3.1.11 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Tabla 19-3:** Porcentaje de remoción de (DBO<sub>5</sub>) para determinar la eficacia del filtro.

Concentración Banca (mg/L)a	Concentración Residual (mg/L)b	Concentración Residual Filtrada (mg/L)c	% de Remoción (mg/L)a-c	% de Remoción (mg/L)b-c
7.40	175.7	132	-1684%	25%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 12-3:** Porcentaje de remoción de (DBO<sub>5</sub>) para determinar la eficacia del filtro.  
Fuente: Tabla 19-3.

**Análisis:**

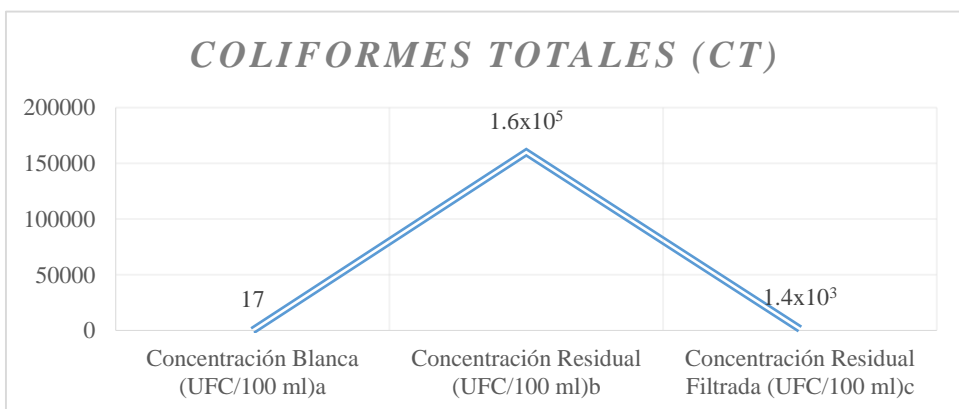
En los exámenes químicos y microbiológicos que se efectuó se observó que los valores disminuyeron gradualmente y que la mayor eficiencia del filtro de (B) con respecto a (C) fue de un 25% de disminución que equivale a un DBO<sub>5</sub> de 132 mg/l que no cumple con el límite máximo permisible que establece el TULSMA (2015). Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta o en este caso del biofiltro.

*3.3.1.12 Coliformes Totales (CT)*

**Tabla 20-3:** Porcentaje de remoción de (CT) para determinar la eficacia del biofiltro.

Concentración Blanca (UFC/100 ml) <sup>a</sup>	Concentración Residual (UFC/100 ml) <sup>b</sup>	Concentración Residual Filtrada (UFC/100 ml) <sup>c</sup>	% de Remoción (UFC/100 ml) a-c	% de Remoción (UFC/100 ml) b-c
17	1.6x10 <sup>5</sup>	1.4x10 <sup>3</sup>	-8135%	99%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 13-3:** Porcentaje de remoción de (CT) para determinar la eficacia del biofiltro.  
Fuente: Tabla 20-3.



### Análisis:

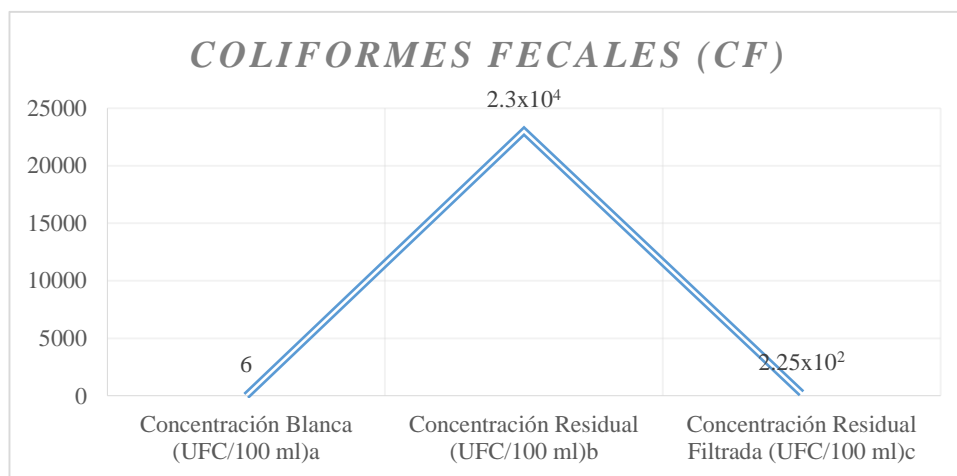
En los exámenes químicos y microbiológicos que se efectuó; exteriorizaron que la eficiencia de remoción de CT durante la investigación reportó como valores en (A) 17, en (B)  $1.6 \times 10^5$  y en (C)  $1.4 \times 10^3$  en UFC/100 ml respectivamente. Esta etapa resulta eficiente en la eliminación de CT (Tabla 20-3), en la que se logra una remoción del 99% en (C) con respecto a (B). Este parámetro si cumpliría con los valores referenciales para aguas de uso agrícola, pecuario y preservación de flora y fauna, establecidos por la normativa TULSMA (2015), Libro VI, Anexo 1.

#### 3.3.1.13 Coliformes Fecales (CF)

**Tabla 21-3:** Porcentaje de remoción de (CF) para determinar la eficacia del filtro.

Concentración Blanca (UFC/100 ml)a	Concentración Residual (UFC/100 ml)b	Concentración Residual Filtrada (UFC/100 ml)c	% de Remoción (UFC/100 ml) a-c	% de Remoción (UFC/100 ml) b-c
6	$2.3 \times 10^4$	$2.25 \times 10^2$	-3650%	99%

Fuente: Tabla 8-3: Análisis Químico y Microbiológico del Agua Residual Filtrada



**Gráfico 14-3:** Porcentaje de remoción de (CF) para determinar la eficacia del filtro.

Fuente: Tabla 21-3.

### Análisis:

En los exámenes químicos y microbiológicos que se efectuó; exteriorizaron que la eficiencia de remoción de CF durante la investigación reportó como valores en (A) 6, en (B)  $2.3 \times 10^4$  y en (C)  $2.25 \times 10^2$  en UFC/100 ml respectivamente. Esta etapa resulta eficiente en la eliminación de CF (Tabla 21-3), en la que se logra una remoción del 99% en (C) con respecto a (B). Este parámetro si cumpliría con el límite máximo permisible que es de 2000 UFC/100 ml.

### 3.3.2 Nivel de eficiencia de remoción del biofiltro

En los tres exámenes químicos y microbiológicos realizados al agua d: (A) concentración blanca, (B) concentración residual y (C) concentración residual filtrada, se logró observar que:

**Tabla 22-3:** Análisis del cumplimiento del TULSMA para el agua residual filtrada

Parámetros	Unidad	Resultado	Límite máximo	Cumplimiento TULSMA
Color	und Co/pt	210	<dilución 1/120	No cumple
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid	6.9	6-9	Cumple
Conductividad	μSiems/cm	232	-	Cumple
Turbiedad	UTN	26	-	Cumple
Cloruros	mg/L	50.8	1000	Cumple
Nitratos	mg/L	6.6	-	No cumple
Fosfatos	mg/L	7.22	10	Cumple
Solidos Suspendidos	mg/L	98.7	130	Cumple
Solidos Disueltos Totales	mg/L	201	220	Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	105	200	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	132	100	No cumple
Coliformes Totales (CT)	UFC/100 ml	1.4x10 <sup>3</sup>	-	Cumple
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	2.25x10 <sup>2</sup>	2000	Cumple

Fuente: Tabla 8-3; (TULSMA, 2015)

#### **Análisis:**

En la Tabla N° 22-3 se puede apreciar que los resultados están dentro de los límites máximos permisibles que la normativa establece, cumpliendo con la mayoría de los parámetros considerados, a excepción del Color, Nitratos y DBO<sub>5</sub> y el DBQ<sub>5</sub>.

Los parámetros que no cumplieron con la norma, como observación se puede implementar un pretratamiento como la coagulación y floculación que ayudaría a estos parámetros para cumplir con la norma del TULSMA.

**Tabla 23-3:** Análisis de la eficiencia por número de parámetros removidos - Concentraciones

Determinaciones	Unidad	Límite máximo	Concentración Banca (A)	Concentración residual (B)	Concentración residual filtrada (C)	TULSMA		Eficiencia						
						Cumple	No cumple							
Color	und Co/pt	<dilución 1/120	11.0	608	210		X	<p><b>Color</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Agua</th> <th>Agua residual</th> <th>Agua residual Filtrada</th> </tr> <tr> <td>11</td> <td>608</td> <td>210</td> </tr> </table>	Agua	Agua residual	Agua residual Filtrada	11	608	210
Agua	Agua residual	Agua residual Filtrada												
11	608	210												
Potencial de hidrógeno (pH)	Unid	6-9	7.60	7.19	6.9	X		<p><b>Potencial de hidrógeno (pH)</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Agua</th> <th>Agua residual</th> <th>Agua residual Filtrada</th> </tr> <tr> <td>7.6</td> <td>7.19</td> <td>6.9</td> </tr> </table>	Agua	Agua residual	Agua residual Filtrada	7.6	7.19	6.9
Agua	Agua residual	Agua residual Filtrada												
7.6	7.19	6.9												
Conductividad	μSiems/cm	-	84.0	630	232	X		<p><b>Conductividad</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Agua</th> <th>Agua residual</th> <th>Agua residual Filtrada</th> </tr> <tr> <td>84</td> <td>630</td> <td>232</td> </tr> </table>	Agua	Agua residual	Agua residual Filtrada	84	630	232
Agua	Agua residual	Agua residual Filtrada												
84	630	232												

Turbiedad	UTN	-	1.70	52	26		<p><b>Turbiedad</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>26</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	1.7	Agua residual	52	Agua residual Filtrada	26
Categoría	Valor														
Agua blanca	1.7														
Agua residual	52														
Agua residual Filtrada	26														
Cloruros	mg/L	1000	5.90	54.3	50.8	X	<p><b>Cloruros</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>5.9</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>54.3</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>50.8</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	5.9	Agua residual	54.3	Agua residual Filtrada	50.8
Categoría	Valor														
Agua blanca	5.9														
Agua residual	54.3														
Agua residual Filtrada	50.8														
Nitratos	mg/L	-	1.60	4.9	6.6	X	<p><b>Nitratos</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>4.9</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>6.6</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	1.6	Agua residual	4.9	Agua residual Filtrada	6.6
Categoría	Valor														
Agua blanca	1.6														
Agua residual	4.9														
Agua residual Filtrada	6.6														
Fosfatos	mg/L	10	0.76	1.77	7.22	X	<p><b>Fosfatos</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>0.76</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>1.77</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>7.22</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	0.76	Agua residual	1.77	Agua residual Filtrada	7.22
Categoría	Valor														
Agua blanca	0.76														
Agua residual	1.77														
Agua residual Filtrada	7.22														

Solidos Suspendidos	mg/L	130	2.0	103	98.7	X	<p><b>Solidos Suspendidos</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>103</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>98,7</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	2	Agua residual	103	Agua residual Filtrada	98,7
Categoría	Valor														
Agua blanca	2														
Agua residual	103														
Agua residual Filtrada	98,7														
Solidos Disueltos	mg/L	220	45.0	254	201	X	<p><b>Solidos Disueltos</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>254</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>201</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	45	Agua residual	254	Agua residual Filtrada	201
Categoría	Valor														
Agua blanca	45														
Agua residual	254														
Agua residual Filtrada	201														
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	14.0	190	105	X	<p><b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>105</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	14	Agua residual	190	Agua residual Filtrada	105
Categoría	Valor														
Agua blanca	14														
Agua residual	190														
Agua residual Filtrada	105														

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	7.40	175.7	132	X	<p><b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>7,4</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>175,7</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>132</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	7,4	Agua residual	175,7	Agua residual Filtrada	132
Categoría	Valor														
Agua blanca	7,4														
Agua residual	175,7														
Agua residual Filtrada	132														
Coliformes Totales (CT)	UFC/100 ml	-	17	1.6x10 <sup>5</sup>	1.4x10 <sup>3</sup>	X	<p><b>Coliformes Totales (CT)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>160000</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>1400</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	17	Agua residual	160000	Agua residual Filtrada	1400
Categoría	Valor														
Agua blanca	17														
Agua residual	160000														
Agua residual Filtrada	1400														
Coliformes fecales	UFC/100 ml	2000	6	2.3x10 <sup>4</sup>	2.25x10 <sup>2</sup>	X	<p><b>Coliformes Fecales</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua blanca</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Agua residual</td> <td>23000</td> </tr> <tr> <td>Agua residual Filtrada</td> <td>225</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Valor	Agua blanca	6	Agua residual	23000	Agua residual Filtrada	225
Categoría	Valor														
Agua blanca	6														
Agua residual	23000														
Agua residual Filtrada	225														
<b>TOTAL</b>						<b>10</b>	<b>3</b>	<b>13</b>							

Fuente: Tabla 8-3; Tabla 22-3; (TULSMA, 2015); (Ver Anexos F y G)

Nivel de eficiencia del biofiltro por número de parámetros removidos =  $10/13 = 77\%$

### 3.4 Discusión

La agricultura es el uso que mayor demanda del agua supone a nivel mundial. El riego de tierras agrícolas supone la utilización de un 70% de los recursos hídricos en el mundo. En los países en vías de desarrollo como el Ecuador, muchas veces el agua utilizada para regadío represente el 95% del total de usos del agua, y juega un papel fundamental en la producción y seguridad de los alimentos producidos (Muyulema, 2018). A largo plazo, el desarrollo y perfeccionamiento de las estrategias agrícolas para países en similares circunstancias está condicionado al mantenimiento, mejora y expansión de la agricultura de regadío (Veliz, et al., 2009).

Por otra parte, Delgado (2015) expone que el incremento de la presión sobre los recursos hídricos destinados para la agricultura compite con el uso del agua para otros fines y constituye una amenaza para el medio ambiente y utilización insostenible de los recursos hídricos del planeta.

No todas las aguas son favorables para las plantas. Al razonar sobre la calidad de las aguas para utilizarlas en los regadíos hay que tener en cuenta las particularidades químicas y microbiológicas que presentan las concentraciones. La calidad del agua de riego depende especialmente del contenido salino (sodio) y de los posibles elementos disueltos característicamente tóxicos para las plantas, como los cloruros, boratos y otros (Arango, 2004; Veliz, et al., 2009). Ciertas sales, como las de calcio, consiguen ser beneficiosas, otras son benéficas para los cultivos en concentraciones pequeñas y negativas a concentraciones elevadas, y determinadas sustancias son perjudiciales siempre, a cualquier nivel de concentración. Se ha observado en la práctica que los cursos de agua que se nutren de las aguas sobrantes de los campos a través de las acequias de drenaje, proporcionan para los riegos siguientes unas aguas de inferior calidad que las aguas que reciben a la entrada de la red (Escobar, et al., 2018). El agua de riego experimenta considerables e importantes cambios en su composición en las distintas estaciones, y se ha evidenciado de la misma forma que a medida que el agua se aparta del punto de captación tiende a incrementarse el contenido de algunos elementos (Jiménez & Villegas, 2005). Por esta razón la determinación de las sales disueltas en el agua se ha realizado durante muchos años calculando la concentración con relación al peso, pero en la actualidad se considera más indicativo el análisis mediante la conductividad eléctrica (Escobar, et al., 2018).

La temperatura del agua es otro factor importante que puede ocasionar trastornos en el crecimiento de las plantas, en especial en las primeras etapas de desarrollo (Chernicharo de Lemos, 2007). Las aguas que provienen de una fuente fría, como las aguas de depósitos y cursos subterráneos, o las aguas de los denominados estanques y torrentes de montaña cuando se utilizan

para los primeros riegos de la temporada de cultivo, pueden caldearse en estanques de poca profundidad con exposición al sol o aprovechando el recorrido por acequias y canales (Delgado, 2015).

La temperatura es un factor poco estudiado y considerado de gran interés, puesto que bastan unos elementales conocimientos para comprender la gran importancia que tiene en la capacidad de disolución del agua (Rodríguez, et al., 2015). Se ha comprobado que un agua de riego a la temperatura ambiente es considerablemente más eficaz en el lavado del suelo (Garzón, et al., 2012).

Las medidas y los datos analíticos procedentes de un “Laboratorio Especializado y Certificado” tienen una interpretación individualizada que se corresponde con el efecto que la experiencia atribuye a su menor o mayor intensidad. También se pueden combinar entre sí, con el fin de ajustarse al efecto combinado de varios de ellos (Rodríguez, et al., 2015). Los datos analíticos son indicadores considerados como de primer grado o inmediatos mientras que la combinación de varios de estos datos da lugar a indicadores de segundo grado para la interpretación de la calidad agronómica del agua de riego (Veliz, et al., 2009).

Ante este contexto, la reutilización del agua es muy valiosa para la agricultura, dado que garantiza el recurso de forma continua. Su aplicación es una práctica común en muchas zonas, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. La tecnología actual permite obtener agua regenerada de diversas calidades, incluso hasta un nivel tan alto como la del agua potable. La finalidad es alcanzar un producto que sea adecuado para ser empleado en diferentes usos (agrícola, industrial, recreativo, municipal, etc.). Para poder emplear la reutilización para cualquier uso agrícola, se requiere de tratamientos terciarios avanzados.

No obstante, la reutilización del agua no está exenta de riesgos, tanto en lo referente a su posible falta de idoneidad agronómica para riego, como de los sanitarios, debidos a la posible presencia de microorganismos patógenos en el agua regenerada. Además, debemos de tener en cuenta que con la reutilización podría afectar al medioambiente, por la posible presencia de agentes biológicos, metales pesados, y diversos compuestos orgánicos que son capaces de causar efectos perjudiciales a largo plazo. Según Veliz, Llanes, Asela, & Bataller (2009) Los riesgos microbiológico-sanitarios asociados al riego con agua filtrada dependen de varios factores que pueden ser agrupados en dos clases:

- 1) Factores asociados especialmente a las características propias del agua y el tratamiento recibido: carga microbiana y sistema de depuración empleado.



- 2) Factores producidos de la manipulación del agua en el riego: sistemas de riego (aspersión, riego localizado y por superficie), climatología local (temperatura y vientos), exposición de las personas al agua regenerada o a aerosoles de la misma.

En este contexto, el riego localizado es el método más adecuado para el uso del agua filtrada, ya que el contacto del agua con el cultivo y las personas es mínimo (Camacho, et al., 2017). Si se emplea el riego por aspersión, el riego debe hacerse de modo que las plantas dispongan del tiempo suficiente para secarse antes de que los usuarios tengan acceso a la zona regada, debe minimizarse significativamente el riesgo de encharcamiento, asegurando que la escorrentía superficial queda confinada en el propio terreno. Además, exteriorizar que la captación, los sistemas de almacenamiento, las redes de distribución y aplicación de las aguas depuradas para riego deben estar diseñados y señalizados de tal manera que en ningún caso puedan producirse contaminaciones cruzadas ni inducir a errores (Escobar, et al., 2018).

En este sentido se evidencia la importancia, trascendencia y originalidad del presente trabajo de investigación que tuvo como objetivo principal diseñar un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras aplicado en la parroquia Facundo Vela.

El prototipo diseñado, modelado, construido e implementado con la ayuda de una herramienta gráfica como el software de diseño asistido por computadora AutoCAD, y apoyada en un visualizador 3D, donde se seleccionó los objetos que fueron montados. Es evidente el uso de las nuevas tecnologías para hacerlas útiles al diseñar y modelar un prototipo un espacio interactivo editable en su totalidad.

Los resultados de los exámenes químicos y microbiológicos del agua realizados a tres concentraciones: (i) concentración blanca, (ii) concentración residual y (iii) concentración residual filtrada; exteriorizaron una eficiencia del biofiltro en un 77%. El restante 23% es resultado de no alcanzar a reducir hasta los límites referenciales y permisibles que la normativa establece. Los parámetros que no se lograron reducir fueron Color, Nitratos y DBQ<sub>5</sub>.

Adicionalmente a la contribución significativa de la reutilización del agua para regadío, la presente investigación permitió proveer de un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras que será de utilidad para una familia de la parroquia Facundo Vela, y el diseño puede ser replicado a todo el sector como estrategia emergente que puede compensar el difícil acceso al alcantarillado y servicios higiénicos. Contribuyendo elocuentemente a la reducción de enfermedades que ocasiona en humanos y animales las aguas no tratadas directamente enviadas a cultivos; causantes de malos olores, moscas y otras plagas.

### 3.5 Presupuesto del proyecto

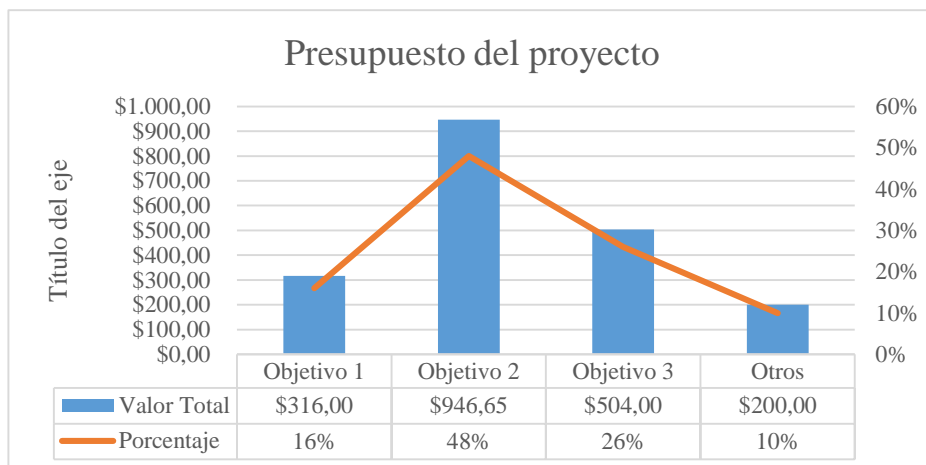
Según Delgado (2015, p. 14) el presupuesto de un proyecto es la adición total de dinero determinado con el propósito de resguardar todos los gastos del proyecto durante un periodo de tiempo específico. Bajo este concepto a continuación se presenta a continuación el detalle del mismo, en función de cumplir los grandes objetivos de la investigación (Tabla 24-3).

**Tabla 24-3:** Presupuesto del proyecto

Objetivos	Detalle de Actividades	Cantidad Unitaria	Unidad	Presupuesto	
				Valor Unitario	Valor Total
Objetivo 1					
Caracterizar el agua residual de la finca seleccionada	Cálculo de caudal	4	Semanas	\$ -	\$ -
	Cronómetro	1	Aparato	\$ 10,00	\$ 10,00
	Viáticos	4	Viajes	\$ 50,00	\$ 200,00
	Toma de muestras	1	Muestra	\$ -	\$ -
	Envases de recolección	2	Botellas Esterilizadas	\$ 3,00	\$ 6,00
	Mascarillas	1	Caja	\$ 5,00	\$ 5,00
	Cooler	1	Envase	\$ 20,00	\$ 20,00
	Guantes	1	Caja	\$ 5,00	\$ 5,00
	Análisis de laboratorio	1	Análisis de una muestra de agua	\$ 70,00	\$ 70,00
<b>Subtotal OBI</b>					<b>\$ 316,00</b>
Objetivo 2					
Diseñar e implementar un sistema de biofiltro con bagazo de caña.	Bagazo de caña	5	kg	\$ -	\$ -
	Carbón activado	5	kg	\$ 8,00	\$ 40,00
	Arena	5	kg	\$ 8,00	\$ 40,00
	Piedra	5	kg	\$ -	\$ -
	Pipa plástica 200 L	1	Pipa	\$ 25,00	\$ 25,00
	Pipa plástica 500 L	1	Pipa	\$ 120,00	\$ 120,00
	Accesorios para instalación de tubería y filtro	20	Accesorios		\$ 50,00
	rejillas	4	Rejillas	\$ 20,00	\$ 80,00

Diseñar e implementar un sanitario ecológico	Inodoro marca Edesa	1	Inodoro	\$ 49,75	\$ 49,75
	Lavamanos marca Edesa	1	Lavamanos	\$ 20,90	\$ 20,90
	Tuberías	6	Tubería	\$ 8,00	\$ 48,00
	Plomería	20	Accesorios		\$ 110,00
	Cemento	2	Quintales	\$ 8,00	\$ 16,00
	Arena y ripio	3	m <sup>3</sup>		\$ 35,00
	Madera	4	m <sup>2</sup>		\$ 150,00
	Mano de obra 2 personas	3	Días	\$ 20,00	\$ 120,00
	Techo traga luz	2	Planchas	\$ 22,00	\$ 42,00
	<b>Subtotal OB2</b>				
Objetivo 3					
Evaluar los resultados del proceso de tratamiento biológico.	Toma de muestras	4	Muestras	\$ -	\$ -
	Viáticos	4	Viajes	\$ 50,00	\$ 200,00
	Envases de recolección	8	Botellas Esterilizadas	\$ 3,00	\$ 24,00
	Análisis de laboratorio	4	Análisis de una muestra de agua	\$ 70,00	\$ 280,00
	<b>Subtotal OB3</b>				
Otros	Imprevistos	1	Reajustes	\$ 200,00	\$ 200,00
	<b>Subtotal Otros</b>				
<b><u>TOTAL</u></b>					<b><u>\$1.966,65</u></b>

Fuente: Vanessa Fernández.



**Gráfico 15-3:** Presupuesto del proyecto

Fuente: Tabla 24-3.

### **Análisis:**

El presupuesto asignado para el proyecto que tuvo como objetivo principal “diseñar un sanitario ecológico a través de un biofiltro con bagazo de caña para aguas negras aplicado en la parroquia Facundo Vela”, ascendió a \$1.966,65 y fue distribuido en cuatro frentes. El primer valor más significativo representado por un 48% mismo que corresponde a \$ 946,65 y pertenece al *Objetivo 2*: Implementar un baño ecológico y un sistema de biofiltro con bagazo de caña, y este a su vez se subdivide en dos apartados (i) diseñar e implementar un sistema de biofiltro con bagazo de caña y (ii) diseñar e implementar un sanitario ecológico. El segundo valor, más relevante pertenece al *Objetivo 3*: Evaluar los resultados del proceso de tratamiento biológico, con un 26% que corresponde en unidades monetarias a \$ 504,00. El tercer lugar pertenece al *Objetivo 1*: Caracterizar el agua residual de la finca seleccionada, con un 16% mismo que corresponde a \$ 316,00. Finalmente el cuarto valor que corresponde a *Otros*: Imprevistos, le correspondió el restante 10%, lo que incumbió a \$ 200,00.

## CONCLUSIONES

Para caracterizar el agua residual de la finca seleccionada, se realizó el análisis químico y microbiológico de la muestra tomada del agua residual proveniente de una familia residente en la Finca Ovina San Pablo de la Parroquia Rural Facundo Vela, del cantón Guaranda, provincia de Bolívar. Asíéndose necesario el levantamiento topográfico del lugar exacto donde se va a construir un sanitario ecológico a través de un biofiltro de bagazo de caña para el tratamiento de las aguas negras, se emplazan en coordenadas UTM 17M 0715288; 9866415. Posteriormente se procedió a enviar una muestra tomada al laboratorio AQMIC. Donde se analizó trece (13) parámetros de evolución, mismos que mostraron un significativo crecimiento de contaminantes a excepción del pH.

Para lograr la implementación de un baño ecológico y un sistema de biofiltro con bagazo de caña se ha diseñado un trabajo sistematizado en dos frases: el primero constituyó el diseño y el segundo se situó en la construcción e implementación del prototipo. El mencionado prototipo tiene como fin, a corto, mediano y largo plazo replicar la idea y dotar a la comunidad condiciones adecuadas para vivir, dado que con esto se puede evitar enfermedades en los habitantes consiguiendo higiene en los hogares. Adicionalmente se concluyó la necesidad de descargar los lodos de la fosa al sistema de tratamiento cuatrimestralmente.

Mediante los análisis realizados al agua residual filtrada se pudo observar que se puede gestionar la reutilización del agua con ideas innovadoras y de bajo costo. Su aplicación es muy valiosa para la agricultura, dado que garantiza el recurso de forma continua. Los exámenes físico-químicos y microbiológicos del agua realizados a tres concentraciones: (i) concentración blanca, (ii) concentración residual y (iii) concentración residual filtrada; exteriorizaron una eficiencia del biofiltro en un 77%. El restante 23% es resultado de no alcanzar a reducir hasta los límites referenciales y permisibles que la normativa establece. Los parámetros que no se lograron reducir fueron Color, Nitratos y DBO<sub>5</sub>.

## **RECOMENDACIONES**

Debido al impacto ambiental que presenta las aguas residuales se recomienda dar importancia a los estudios ambientales referentes a este ámbito. Tomando en cuenta que para la realización de análisis de los distintos parámetros que nos permiten conocer las características del agua es necesario que se los realice en un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), para garantizar que los resultados sean lo más cercanos a la realidad.

Se recomienda a corto, mediano y largo plazo replicar la idea y dotar a la comunidad condiciones adecuadas para vivir, dado que con esto se puede evitar enfermedades en los habitantes consiguiendo higiene en los hogares. Adicionalmente se invita para futuros estudios experimentar con lechos filtrantes y biofiltrantes de diferentes características para observar los cambios de las características físico-químicas que presentará el agua residual. Si el biofiltro se lo realiza a una escala mayor se recomienda colocar un temporizador para que el agua baje cada determinado tiempo del recipiente de almacenamiento y también para que el biofiltro se llene hasta una altura adecuada.

Dentro de este proyecto se analizó el biofiltro en conjunto, pero se recomienda profundizar el estudio de cada material por separado y evaluar la eficacia de cada uno. Adicionalmente se recomienda seguir la normativa para toma y transportación de muestras para evitar alteraciones en los resultados obtenidos de los análisis químico y microbiológico de la muestra tomada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Algeciras, N., et al.** Desarrollo de un sistema de biofiltración con bacterias proteolíticas y amilolíticas inmovilizadas utilizando subproductos del beneficio de café. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 46 (3), 2002, pp. 271-276.

**Álvarez, M. A., Benítez, J. J. & Camargo, C. Y.** Biofiltración para la remoción de sulfuro de hidrógeno en la Estación de Bombeo Norte de Aguas Residuales. *INGE CUC*, 7(1), 2011, pp. 113–126.

**Arango, R. Á.** La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Revista Lasallista de Investigación*, 1 (2), 2004, pp. 61-66.

**Camacho, F. D., Caviedes, R. D. & Delgado, D.** Tratamientos para la remoción de antibacteriales y agentes antimicrobiales presentes en aguas residuales. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 9 (1), 2017, pp. 43-62.

**Chernicharo de Lemos, C. A.** *Anaerobic Reactors en Biological Wastewater Treatment Series*, Londres: IWA Publishing, 2007. pp 32-39.

**CINCAE . Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador.** Informe Anual 2016, El Triunfo: Publicación CINCAE. 2017. pp 12-27.

**Constantino, C. et.al.** Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta FOSEP. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(3), 2015, pp. 757-765.

**Corrales, R. R. et.al.** Structural evaluation of sugar cane bagasse steam pretreated in the presence of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>. *Biotechnol. Biofuels*, 5(1), 2012, p. 36.

**Delgado, M. W.** Gestión y valor económico del recurso hídrico. *Revista Finanzas y Política Económica*, 7 (2), 2015, pp. 279-298.

**Escobar, H., et al.** Efecto de la disponibilidad de agua de riego en el intercambio gaseoso, rendimiento de semillas, biomasa y eficiencia del uso del agua en dos fenotipos de chíca establecidos en el Valle de Azapa, Arica, Chile. *Interciencia*, 43(1), 2018, pp. 55-61.

**Fernández, H. T., et.al.** Remoción de sulfuro de dimetilo mediante biofiltración con bagazo de caña inoculado con *Hyphomicrobium* VS. *Afinidad LXVIII*, 2011. pp. 221–225.

**Garzón, Z. M., Buelna, G. & Moeller, C. G.** La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y Ciencias del Agua*, III (3), 2012, pp. 153-161.

- Gastón, C., et al.** Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. 3 ed. La Habana: ICIDCA, 2000, pp. 3-26.
- González, F. J., et.al.** Algoritmo para optimizar y diseñar un filtro adaptativo de correlación. e-Gnosis, 2009, pp. 1-8.
- Guerrero, H. M., et.al.** Diseño y construcción de sanitarios ecológicos secos en áreas rurales. Revista Cubana de Salud Pública, 32 (3), 2006, pp. 2-11.
- Guerrero, J. G., et.al.** Monitoreo de una planta tratadora de aguas residuales mediante pruebas de toxicidad aguda con el cladóceros *Daphnia magna* y el rotífero de agua dulce *Lecane quadridentata*. Hidrobiológica, 27(1), 2017, pp. 87-92.
- Hernández, G. C.** Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña. Temas Cienc. Y Tecnol., 5(3), 2001, pp. 14-24.
- Hernández, R. J. & Gómez del Pino, P. Z.** *Mecánica de Fluidos. Problemas y soluciones*. Madrid: Editorial UNED, 2016, pp. 4-19.
- Hussein, M. A., Amer, A. & Sawsan, I.** Oil spill sorption using carbonized pith bagasse: trial for practical application. Int. J. Environ. Sci. Tech. 5(2), 2008, pp. 233-242.
- Jiménez, E. & Villegas, A.** Diseño de un sistema de biofiltración para la remoción de estireno. Revista EIA, 3(1), 2005, pp. 9-20.
- Jiménez, M. N.** El agua como derecho. Andamios, 15(37), 2018, pp. 327-330.
- Jiménez, N. M.** Evaluación de un filtro artesanal del efluente de una lavadora de autos a base de bagazo de caña de maíz, aserrín, ceniza de carbon vegetal y grava, [en línea]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2016. [Consulta: 05 febrero 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24179>.
- Karnitz, O. J., et al.,** Adsorption of heavy metal ion from aqueous single metal solution by chemically modified sugarcane bagasse. Bioresour. Technol, 28, 2007, pp. 1291–1297.
- Martínez, N. P. d. I. C., et.al.** Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. Afinidad, LXXI(565), 2014, pp. 57-62.
- Moreno, M. J., Pozo, G. C. P. & Nájera, F.** Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana. Perfiles, 8, 2011, pp. 16-22.



**Muyulema, A. J.** La ecología industrial y la economía circular. Retos actuales al desarrollo de industrias básicas en el Ecuador. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, 5(2), 2018, pp. 1-15.

**NTE INEN 293-1977.** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 293-1977. Ladrillos cerámicos. Definiciones. Clasificación y condiciones generales, Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014. pp 13-37.

**Pérez, V. A., Díaz, G. J. & Salamanca, R. K.** Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y Olla Cerámica. Revista de Salud Pública, 18 (2), 2016, pp. 275-289.

**Pinzón, L. A.** Pensar en el material: diseño y construcción de un pabellón en guadua. Dearq, 1(10), 2012, pp. 60-71.

**Ramón, J.** Tratamiento de aguas residuales urbanas utilizando la depuración simbiótica. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 3 (2), 2005, pp. 26-33.

**Rodríguez, M. J., García, U. & Pardo, P. J.** Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Tecnura, 19(46), 2015, pp. 149-164.

**Schneider, W.** Manual de Disposición de Aguas Residuales, Origen, Descarga, Tratamiento y Análisis de las Aguas Residuales. Manuscrito Inédito. Lima: CEPIS/ OPS/OMS. 1991.pp. 3-19.

**Tangerino, E. P., et.al.** Evaluación del desempeño de filtración en múltiples etapas usando carbón activado granular y mantas sintéticas no tejidas. Interciencia, 38(10), 2013, pp. 726-732.

**Toapanta, M. Á.** Análisis del bagazo de la caña de azúcar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la Industria de Lácteos “Lácteos Valenzuela Divino Niño” de la provincia de cotopaxi, cantón Saquisilí, [en línea]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2017. [Consulta: 20 febrero 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27019>

**Treto, F. H., et.al.** Remoción de sulfuro de dimetilo mediante biofiltración con bagazo de caña inoculado con Hyphomicrobium VS. Afinidad LXVIII, 553, 2011, pp. 221-225.

**TULSMA, L. M.** Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Anexo 2, Libro VI, Quito: Ministerio del Ambiente, 2015. pp 3-16.

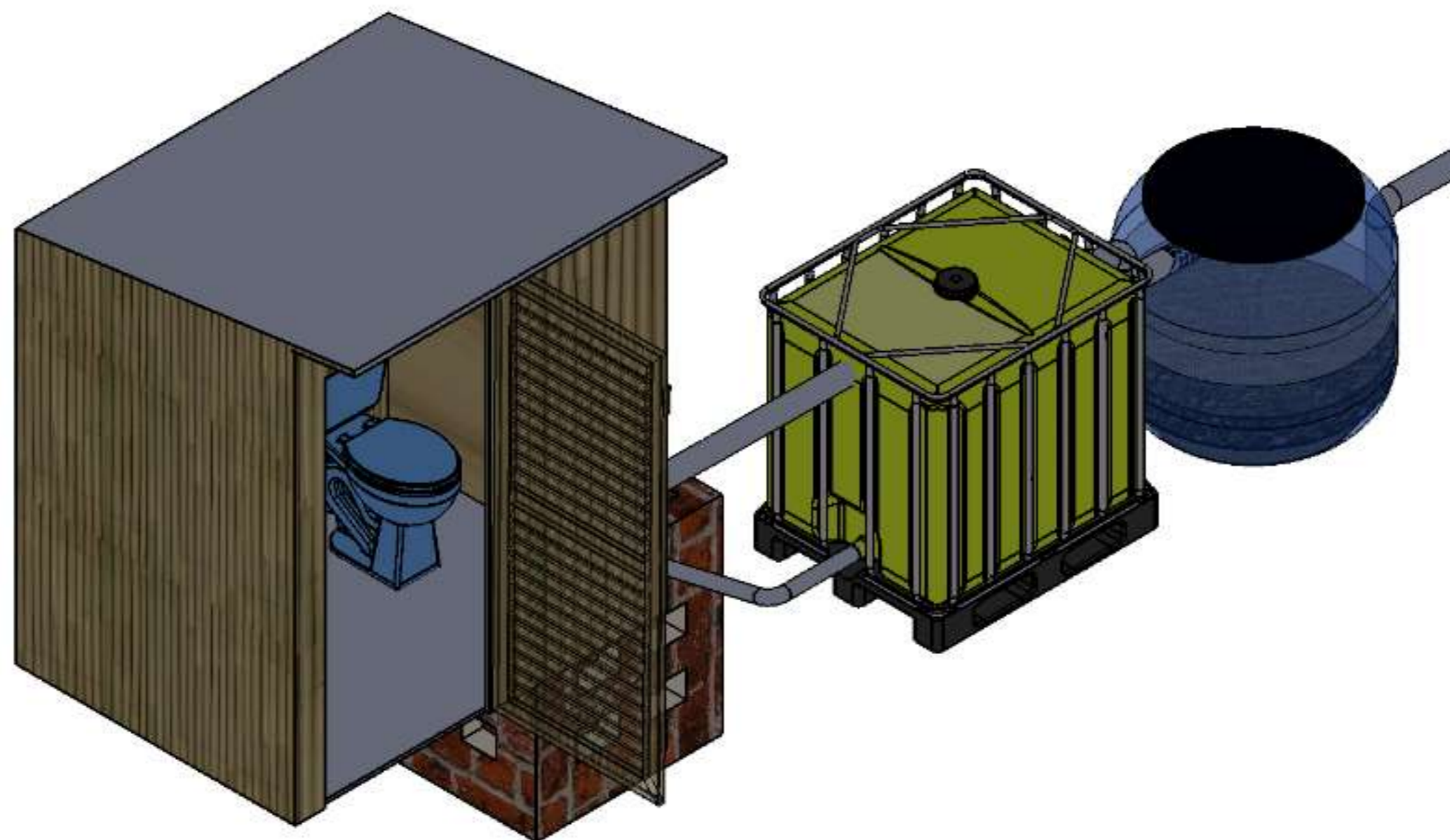
**Valiño, E., et.al.** Estudio de la carga microbiana en el bagazo de caña de azúcar fresco como sustrato para la alimentación animal, mediante fermentaciones en estado sólido. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 36(4), 2002, pp. 372-378.

**Veliz, L. E., et.al.** Reúso de aguas residuales domesticas para riego agrícola. Valoración crítica. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 40 (1), 2009, pp. 35-44.

**Yáñez, C. J., et.al.** Diseño y construcción de un escáner bifocal para la obtención de una nube de puntos a través de filtrado y adquisición de imágenes. Revista de Ciencia y Tecnología, 11(1), 2014, pp. 18-24.

# **ANEXOS**

Anexo A: Plano – Montaje



**NOTAS**

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA**

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACIÓN

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**REALIZADO POR:**  
VANESSA PAOLA FERNÁNDEZ MOREANO

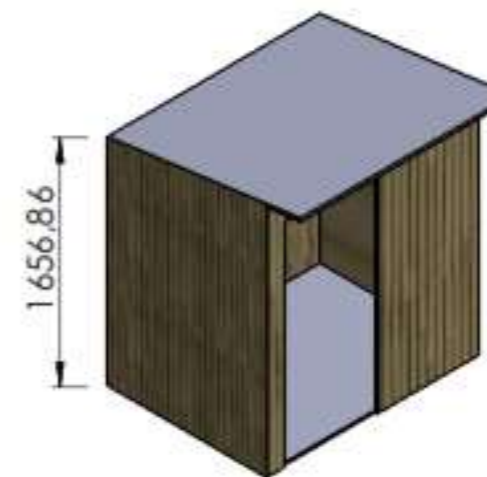
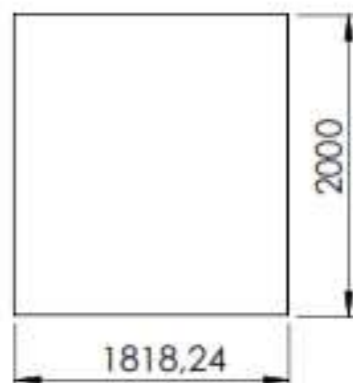
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SANITARIO  
ECOLÓGICO A TRAVÉS DE UN BIOFILTRO DE  
BAGAZO DE CAÑA PARA AGUAS NEGRAS EN LA  
FINCA OVINA SAN PABLO DE LA PARROQUIA  
RURAL FACUNDO VELA.

**TUTOR:**  
MSC. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA

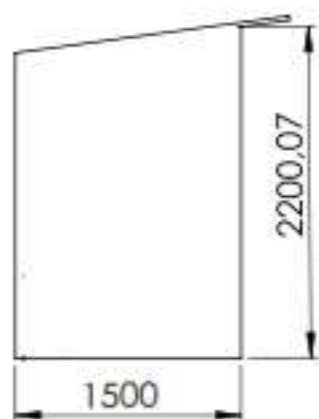
ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:20	21/12/2018	1/5

Anexo B: Plano – Diseño del sanitario ecológico

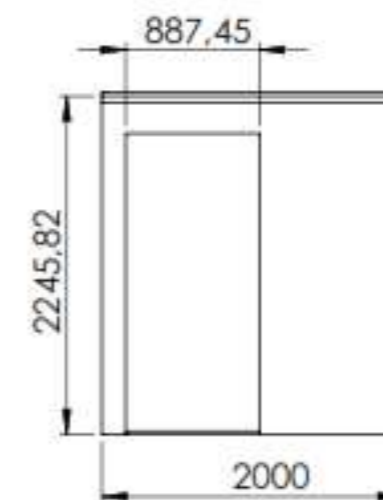
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



NOTAS

TUTOR:  
MSC. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACIÓN

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL  
**REALIZADO POR:**  
VANESSA PAOLA FERNÁNDEZ MOREANO

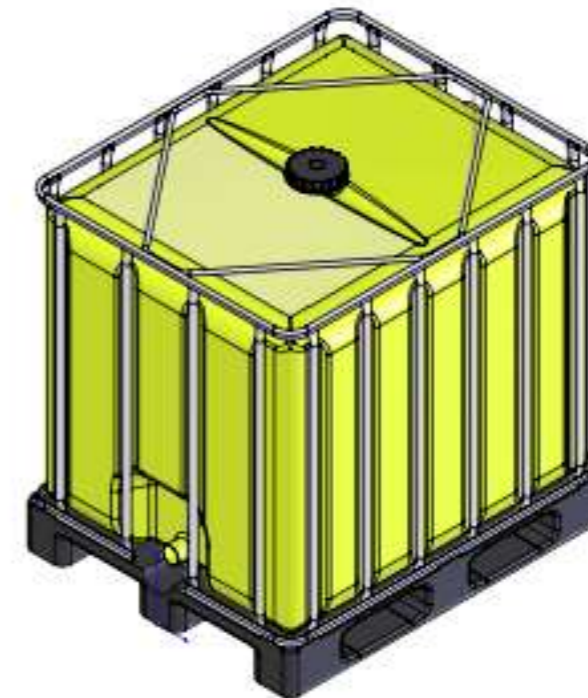
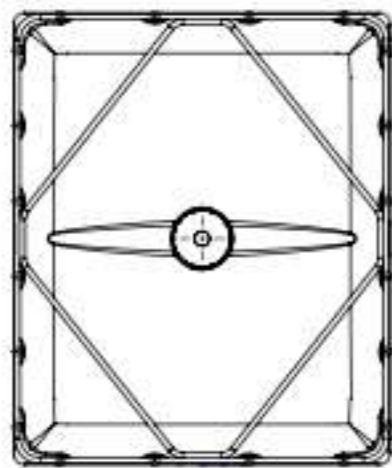
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SANITARIO  
ECOLÓGICO A TRAVÉS DE UN BIOFILTRO DE  
BAGAZO DE CAÑA PARA AGUAS NEGRAS EN LA  
FINCA OVINA SAN PABLO DE LA PARROQUIA  
RURAL FACUNDO VELA.

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:50	21/12/2018	3/5

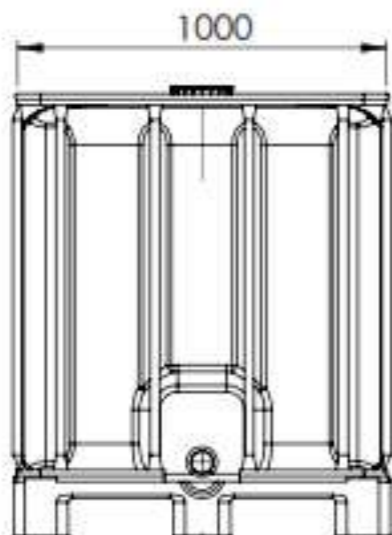


Anexo C: Plano – Diseño del contenedor

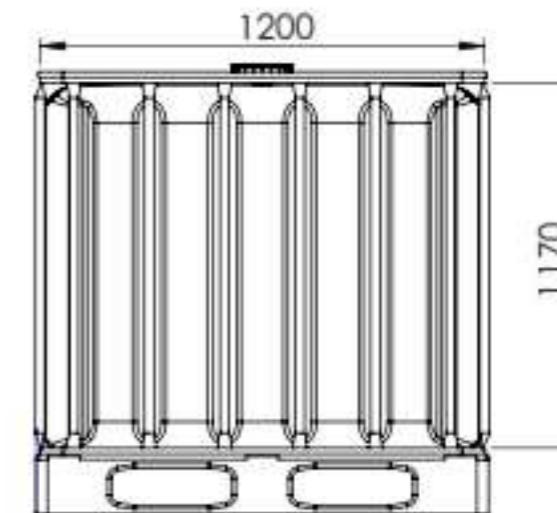
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



**NOTAS**

**TUTOR:**  
MSC. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA**

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACIÓN

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

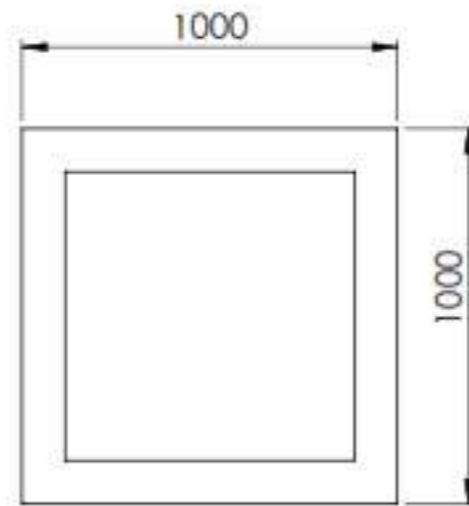
**REALIZADO POR:**  
VANESSA PAOLA FERNÁNDEZ MOREANO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SANITARIO  
ECOLÓGICO A TRAVÉS DE UN BIOFILTRO DE  
BAGAZO DE CAÑA PARA AGUAS NEGRAS EN LA  
FINCA OVINA SAN PABLO DE LA PARROQUIA  
RURAL FACUNDO VELA.

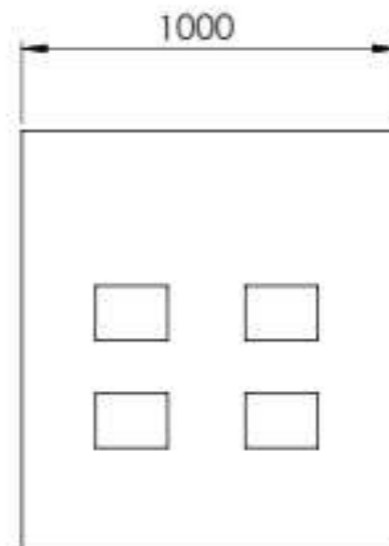
ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:20	21/12/2018	2/5

Anexo D: Plano – Diseño del depósito de lodos

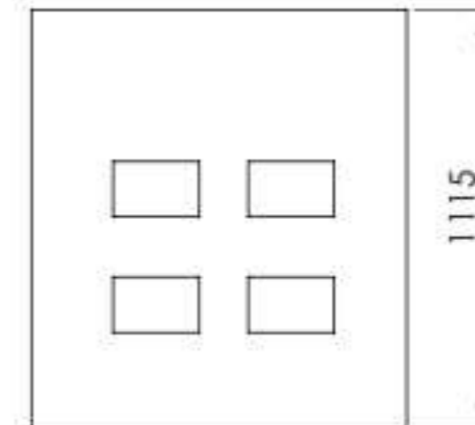
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



NOTAS

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACIÓN

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

REALIZADO POR:  
VANESSA PAOLA FERNÁNDEZ MOREANO

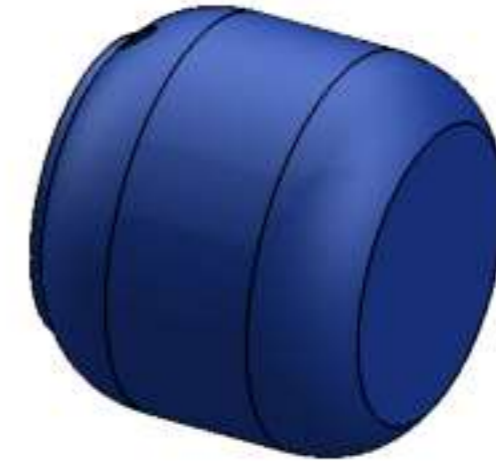
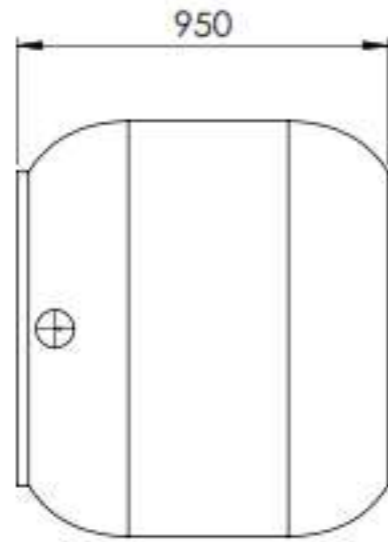
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SANITARIO  
ECOLÓGICO A TRAVÉS DE UN BIOFILTRO DE  
BAGAZO DE CAÑA PARA AGUAS NEGRAS EN LA  
FINCA OVINA SAN PABLO DE LA PARROQUIA  
RURAL FACUNDO VELA.

TUTOR:  
MSC. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA

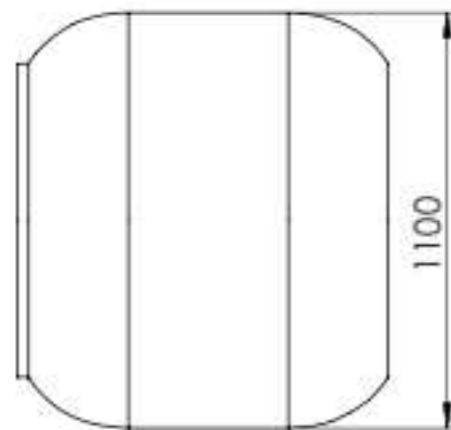
	FECHA	LÁMINA
1:20	21/12/2018	5/5

Anexo E: Plano – Diseño Biofiltro

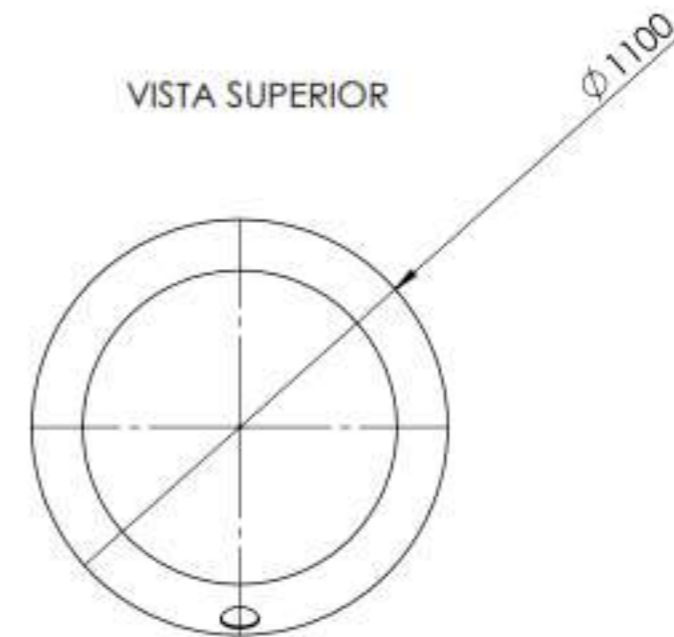
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



NOTAS

TUTOR:  
MSC. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACIÓN

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

REALIZADO POR:  
VANESSA PAOLA FERNÁNDEZ MOREANO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SANITARIO  
ECOLÓGICO A TRAVÉS DE UN BIOFILTRO DE  
BAGAZO DE CAÑA PARA AGUAS NEGRAS EN LA  
FINCA OVINA SAN PABLO DE LA PARROQUIA  
RURAL FACUNDO VELA.

ESCALA

1:20

FECHA

21/12/2018

LÁMINA

4/5



## Anexo F: Examen químico y microbiológico del agua – blanca



### EXAMEN QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 316-18

CLIENTE: Vanessa Fernández

TIPO DE MUESTRA: Agua blanca

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de diciembre del 2018

LOCALIDAD: Parroquia Facundo Vela- Cantón Guaranda

Determinaciones	Unidades	Resultados
Color	und Co/Pt	11.0
pH	Unid	7.60
Conductividad	µSiems/cm	84.0
Turbiedad	UNT	1.70
Cloruros	mg/L	5.90
Nitratos	mg/L	1.60
Fosfatos	mg/L	0.76
Sólidos Suspendidos	mg/L	2.0
Sólidos Disueltos	mg/L	45.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	14.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	7.40
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	17
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	6

Atentamente:

Dra. Gina Álvarez R.



## Anexo G: Examen químico y microbiológico del agua – residual



### EXAMEN QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 317-18

CLIENTE: Vanessa Fernández

TIPO DE MUESTRA: Agua residual

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de diciembre del 2018

LOCALIDAD: Parroquia Facundo Vela- Cantón Guaranda

Determinaciones	Unidades	Resultados
Color	und Co/Pt	608
pH	Unid	7.19
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	630
Turbiedad	UNT	52
Cloruros	mg/L	54.3
Nitratos	mg/L	4.9
Fosfatos	mg/L	1.77
Sólidos Suspendedos	mg/L	103
Sólidos Disueltos	mg/L	254
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	190
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	175.7
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	$1.6 \times 10^5$
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	$2.3 \times 10^4$

Atentamente:

Dra. Gina Álvarez R.

## Anexo H: Examen químico y microbiológico del agua – filtrada



### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

Fecha. 06 de Marzo del 2019.

Análisis solicitado por: Srta. Vanessa Fernández

Tipo de muestras: Agua residual doméstica

#### Análisis Químico

Código 065-10

Determinaciones	Unidades	Valores referenciales	Resultados
Color	Pt/Co	< dilución 1/20	210
pH	Und	6-9	6.9
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	-	232
Turbiedad	UNT	-	26
Cloruros	mg/L	1000	50.8
Nitratos	mg/L	-	6.6
Fosfatos	mg/L	10	7.22
Sólidos Suspendidos	mg/L	130	98.7
Sólidos disueltos Totales	mg/L	-	201
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	105
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100	132
Coliformes Totales	UFC/100mL	-	$1.4 \times 10^3$
Coliformes Fecales	UFC/100mL	2000	$2.25 \times 10^2$

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Observaciones:

Atentamente:



Dra. Gina Alvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota. El presente informe afecta solo a muestra analizada

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Contactanos: 0998580374 - 032 942 322  
Riobamba - Ecuador

## Anexo I: Evidencia fotográfica de la toma de coordenadas





## Anexo J: Evidencia fotográfica de la toma de muestras



## Anexo K: Evidencias fotográficas de la implementación





