

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
GRISES Y LA REUTILIZACIÓN EN UN MODELO DE CULTIVO  
HIDROPÓNICO EN UN DOMICILIO EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA,  
CANTÓN QUITO, PARROQUIA TURUBAMBA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGAS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Cinthy Lisset Morocho Riofrio**

[Cinthy.morocho@epn.edu.ec](mailto:Cinthy.morocho@epn.edu.ec)

**Alexandra Elizabeth Reategui Quinapaxi**

[alexandra.reategui@epn.edu.ec](mailto:alexandra.reategui@epn.edu.ec)

**DIRECTORA: ING. SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA, M.Sc.**

[sandra.panchi@epn.edu.ec](mailto:sandra.panchi@epn.edu.ec)

**CODIRECTOR: ING. CESAR ALFONSO NARVAEZ RIVERA, M.Sc.**

[cesar.narvaez@epn.edu.ec](mailto:cesar.narvaez@epn.edu.ec)

Quito, abril 2021

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por las Srtas. Morocho Riofrio Cinthya Lisset y Reategui Quinapaxi Alexandra Elizabeth como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogas en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:



---

**Ing. Sandra Patricia Panchi  
Jima, Msc**

DIRECTORA DEL  
PROYECTO

---

**Ing. Cesar  
Alfonso Narvaez Rivera, Msc.**

CODIRECTOR DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Nosotras Morocho Riofrio Cinthya Lisset con CI: 1727629238 y Reategui Quinapaxi Alexandra Elizabeth con CI: 1724944952 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

# DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Fernando y Deicy quienes con su amor, trabajo y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más en mi vida.

A mi familia y a todas las personas especiales que me han acompañado en esta etapa con sus oraciones, consejos y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

*Cinthy Lisset Morocho Riofrio*

# AGRADECIMIENTO

A Dios por estar siempre presente en nuestro hogar, a mis padres Fernando y Deicy por estar siempre pendientes de mí y por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, por hacer de mí una mejor persona y gracias a su ejemplo de unión y esfuerzo hemos logrado salir adelante pese a las adversidades e inconvenientes que se han presentado.

A mi hermano David quien siempre ha estado pendiente de mí especialmente esas noches en las cuales salía de clases en la noche, quien me ha ayudado con sus consejos y favores que he necesitado en el transcurso de mi vida.

A mi abuelita Carmen y mi abuelito Vidal quien siempre han estado orando por mí y por mi familia gracias a esas oraciones hemos permanecido unidos pese a las adversidades que se nos han presentado.

A mi Abuelita Luz María quien siempre ha estado pendiente en brindarme un platito de comida, así mismo a mi abuelito Amable quien desde niños a mí y a mis primos nos ha consentido y más que todo nos ha brindado sus sabios y valiosos consejos.

A todas esas personas importantes en mi vida quienes han estado siempre con un consejo y en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos los profesores que he tenido que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, me motivaron a desarrollarme como persona y profesionalmente. En especial a mi directora de tesis Sandra Patricia Panchi quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la realización del proyecto.

A mi amiga y compañera de tesis Alexandra por su compromiso y apoyo con este proyecto, a mis amigas Alexa, Nina, Alejandra y Ambar con quienes en los últimos semestres he logrado tener una gran amistad, a mis demás amigos los cuales han estado presentes con un consejo y con los cuales he vivido los mejores recuerdos de mi vida universitaria.

Finalmente agradezco a mis tres angelitos mi abuelito Vidal, mi tía abuela Luchita quienes me están cuidando desde el cielo, y en especial a mi prima Naty con la que viví tantos momentos de alegría, aunque te nos fuiste muy pronto sé que desde el cielo me cuidas y que estas siempre presente en los momentos más especiales en mi vida.

*Cinthy Lisset Morocho Riofrío*

# DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Mi madre Myriam Quinapaxi, pues sin ella no lo habría logrado. Te dedico mi trabajo madre mía, en gratitud de tu sacrificio, dedicación y paciencia a lo largo de todos estos años, tu apoyo es y será fundamental en este recorrido a lo largo de mi vida.

A mi amado esposo Carlos Pérez, por su entrega a nuestra familia, por su apoyo incondicional desde que empezamos esta aventura.

A mi ángel de la guarda, porque desde el cielo me ilumina y me protege, te llevo siempre en mi mente y corazón.

A mí misma, por no rendirme y superar todos los obstáculos presentados en estos años.

*Alexandra Reategui.*

# AGRADECIMIENTO

A Dios, por cuidarme y bendecirme en todo momento.

A toda mi familia, por creer en mí y darme siempre el empujón que necesitaba para seguir adelante, a mi papito Flavio, gracias por guiarme y darme tu amor, gracias por todo tu apoyo incondicional, tú, mi mamita María y mi mamá, nunca me hicieron sentir que me hizo falta un padre, siempre estuvieron para mí, y espero siempre se sientan orgullosos de mí. Los amo mucho. A mi hermana, por ser mi enfermera en mis días malos, por ser el motivo de superación, por su preocupación y apoyo incondicional. ¡Lo logre, familia!

A mi esposo Carlos Pérez, por su apoyo incondicional en todo momento, por su paciencia y los momentos compartidos, gracias por creer en mí, me inspiras a ser una mejor persona y una mejor profesional.

A mi compañera de tesis Cinthya, gracias por tu paciencia, apoyo y compromiso en este trabajo, sin ti no lo hubiera logrado.

A mis primeras panitas en la universidad Cynthia y Danny, gracias por su apoyo y amistad a lo largo de estos años, ustedes hicieron de la prepo el semestre más bonito en la Poli.

A mi mejor amiga Cynthia, gracias por ser mi pañuelo de lágrimas y mi confidente, estoy segura que nuestra amistad va a durar años. A mis demás amigos y amigas de la carrera Sele, Evelyn, Miguel, Freddy, Amby, Tocaya, Aleja y otros, con quienes he compartido momentos dentro y fuera de la universidad, me llevo los mejores recuerdos de ustedes.

A Charlie y Chester, mis fieles compañeros, ustedes son el motor para salir adelante, los amo.

A todos los profesores de la ESFOT, especialmente mi tutora, Ingeniera Patricia Panchi, por compartir su conocimiento y guiarnos en este trabajo

Finalmente, quiero agradecer a la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, especialmente a la ESFOT, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formarme como una profesional.

*Alexandra Reategui*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1.	Alcance.....	15
1.2.	Objetivo general.....	15
1.3.	Objetivos específicos .....	15
1.4.	Fundamentos teóricos.....	15
1.4.1.	Aguas Grises.....	15
1.4.2	Aguas Negras .....	16
1.4.3	Trampa de grasas .....	16
1.4.4	Filtración .....	17
1.4.5	Almacenamiento .....	18
1.4.6	Hidroponía .....	19
1.4.7	Sistema NFT .....	20
1.4.8	Parámetros Físico – Químicos, y Características físicas,químicas y microbiológicos del agua gris .....	20
1.4.9	Normativa.....	23
2	<b>METODOLOGÍA</b> .....	24
2.1	Ubicación geográfica .....	24
2.2	Red de drenaje para la conducción y almacenamiento del afluente .....	25
2.3	Diseño de un filtro casero para el tratamiento del agua gris. ....	26
2.4	Requerimiento de agua o demanda de caudal para el sistema hidropónico. ...	26
2.5	Componentes del sistema de tratamiento del agua gris y del cultivo hidropónico .....	26
2.6	Elaboración de los planos para la implementación del sistema de tratamiento de agua gris y el modelo hidropónico .....	26
2.7	Muestreo y Análisis .....	27
2.8	Pruebas de operación del sistema de reutilización del agua gris.....	32



2.9	Elaboración de manual de operación y mantenimiento .....	32
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>32</b>
3.1	Cálculo del caudal del efluente de la lavadora de ropa automática .....	32
3.2	Diseño del sistema de tratamiento .....	34
3.2.1	Caudal de Diseño y dimensionamiento de tuberías del sistema .....	34
3.2.2.	Dimensionamiento de la trampa de grasas .....	37
3.2.3.	Diseño del filtro.....	38
3.2.4.	Diseño del tanque de Almacenamiento .....	40
3.2.5.	Bomba sumergible de impulsión.....	40
3.2.6.	Tubería de alimentación al sistema hidropónico.....	40
3.2.7.	Sistema hidropónico.....	41
3.3	Implementación del sistema de tratamiento de agua gris y sistema hidropónico .....	42
3.4	Evaluación de la reutilización del agua gris .....	44
3.5	Análisis de laboratorio del efluente y afluente .....	46
3.6	Análisis comparativo de los resultados.....	47
3.7	Socialización del proyecto.....	50
3.8.	Funcionamiento del sistema hidropónico .....	53
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
4.1	Conclusiones .....	54
4.2	Recomendaciones .....	56
<b>5</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>lxi</b>
	ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO.....	lxi
	ANEXO 4: Pruebas del Filtro .....	68
	ANEXO 6: Memoria fotográfica de la construcción del sistema de tratamiento del agua gris y sistema hidropónico .....	10
	ANEXO 8: Resultados de los análisis de laboratorio .....	26

## INDICE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Trampa de grasa .....	16
<b>Figura 2:</b> Filtro casero .....	17
<b>Figura 3:</b> Tanque de Almacenamiento .....	18
<b>Figura 4:</b> Sistema hidropónico .....	19
<b>Figura 5:</b> Ubicación del proyecto .....	24
<b>Figura 6:</b> Coordenadas y área .....	25
<b>Figura 7:</b> Dimensiones del proyecto .....	25
<b>Figura 8:</b> Ubicación del punto de muestreo .....	27
<b>Figura 9:</b> Toma de muestras del efluente del lavador.....	30
<b>Figura 10:</b> Toma de muestras del efluente de la trampa de grasas.....	31
<b>Figura 11:</b> Toma de muestras del efluente del Tanque de Almacenamiento.....	31
<b>Figura 12:</b> Envío de muestras al laboratorio .....	32
<b>Figura 13:</b> Caudal vs Tiempo .....	34
<b>Figura 14:</b> Diagrama sistema de tratamiento de aguas grises y sistema hidropónico NFT	41
<b>Figura 15:</b> Diseño Trampa de grasas 3D .....	42
<b>Figura 16:</b> Diseño filtro lento casero 3D .....	43
<b>Figura 17:</b> Diseño 3D del Tanque de Almacenamiento y Sistema Hidropónico NFT .....	43
<b>Figura 18:</b> Implementación .....	44
<b>Figura 19:</b> Análisis de aceites y grasas.....	47
<b>Figura 20:</b> Análisis hierro total.....	47
<b>Figura 21:</b> Análisis comparativos de Zinc.....	48
<b>Figura 22:</b> Análisis comparativos coliformes fecales .....	48
<b>Figura 23:</b> Análisis comparativo pH.....	49
<b>Figura 24:</b> Análisis comparativo OD .....	49
<b>Figura 25:</b> Socialización virtual.....	50
<b>Figura 26:</b> Pregunta # 1 .....	51
<b>Figura 27:</b> Pregunta # 2 .....	51
<b>Figura 28:</b> Pregunta # 3 .....	51
<b>Figura 29:</b> Pregunta # 4 .....	52
<b>Figura 30:</b> Pregunta # 5 .....	52
<b>Figura 31:</b> Pregunta # 6 .....	52
<b>Figura 32:</b> Pregunta # 7 .....	53
<b>Figura 33:</b> Mantenimiento de la Trampa de gras .....	16
<b>Figura 34:</b> Filtro casero con sus elementos .....	17
<b>Figura 35:</b> Corte transversal Filtro lento casero .....	17

<b>Figura 36:</b> Procedimiento de limpieza y colocación de elementos.....	19
<b>Figura 37:</b> Mantenimiento del tanque de almacenamiento.....	23
<b>Figura 38:</b> Sistema hidropónico.....	23
<b>Figura 39:</b> Sistema hidropónico NFT.....	24

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Parámetros Físico - Químicos y Microbiológicos .....	16
<b>Tabla 2:</b> Granulometría de la capa soporte (grava) .....	18
<b>Tabla 3:</b> Rangos comunes de nutrientes en la solución hidropónica . .....	19
<b>Tabla 4:</b> Rangos conductividad eléctrica .....	22
<b>Tabla 5:</b> Puntos y número de muestras analizadas .....	27
<b>Tabla 6:</b> Parámetros analizados en el agua gris afluyente y efluente del sistema de tratamiento .....	28
<b>Tabla 7.</b> Parámetros analizados In Situ .....	29
<b>Tabla 8:</b> Conservación para muestras analizadas en laboratorio .....	29
<b>Tabla 9:</b> Resultados de mediciones de caudal.....	33
<b>Tabla 10:</b> Resumen de los valores calculados .....	37
<b>Tabla 11:</b> Resumen de cálculos de la Trampa de grasa.....	38
<b>Tabla 12:</b> Estimación de cantidades de obra y costos .....	44
<b>Tabla 13:</b> Resultados obtenidos por punto de muestreo .....	46
<b>Tabla 14:</b> Comparación de la primera semana del cultivo de cebolla y ajo.....	53
<b>Tabla 15:</b> Comparación de la segunda semana del cultivo de cebolla y ajo.....	54
<b>Tabla 16:</b> Comparación de la tercera semana del cultivo de cebolla y ajo.....	54
<b>Tabla 17:</b> Actividades para poner en marcha un nuevo filtro .....	18
<b>Tabla 18:</b> Procedimiento para recolocar los elementos en el filtro .....	21
<b>Tabla 19:</b> Componentes .....	22

# RESUMEN

En el presente proyecto se detalla el diseño y desarrollo de un sistema de pretratamiento para agua gris proveniente de una lavadora de ropa automática, la cual será reutilizada en un modelo hidropónico NFT, este se encuentra ubicado en un domicilio al sur de Quito, en el Barrio Divino Niño. El proyecto se lo realiza con el fin de aprovechar el agua gris para el crecimiento de plantas comestibles de uso doméstico.

El capítulo uno especifica las generalidades del proyecto, así como los fundamentos teóricos en los que se basa esta tesis.

En el capítulo dos se detalla la metodología, desde la identificación de las coordenadas donde va ubicado el proyecto, los cálculos necesarios para realizar posteriormente el dimensionamiento de cada una de las partes del sistema utilizando el programa Auto CAD, para así finalizar con la implementación de esta tesis.

En el capítulo 3 se muestran los resultados alcanzados a lo largo del proyecto, verificando que estos valores cumplan con las características del agua gris y la normativa para agua de riego.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, análisis, tratamiento, hidroponía, reutilización.

# ABSTRACT

This project details the design and development of a pretreatment system for gray water from an automatic washing machine, which will be reused in a hydroponic model NFT, this is located in a home south of Quito, in the Barrio Divino Niño. The project is carried out with the purpose of using gray water for the growth of edible plants for domestic use.

Chapter one specifies the generalities of the project, as well as the theoretical foundations on which this thesis was based.

In chapter two the methodology is detailed, from the identification of the coordinates where the project will be located, the necessary calculations to carry out the dimensioning of each of the parts of the system using the Auto CAD program, to finish with the implementation of this thesis.

Chapter 3 shows the results achieved throughout the project, verifying that these values comply with the characteristics of gray water and the regulations for irrigation water.

**KEYWORDS:** Design, analysis, treatment, Hydroponics, reuse

# 1. INTRODUCCIÓN

Cada vez el recurso agua va disminuyendo debido al crecimiento demográfico y a la falta de conciencia sobre la importancia de este elemento natural, según la OMS (Organización Mundial de la Salud) “En 2025, cerca de 2000 millones de personas vivirán en países o en regiones donde la escasez de agua será absoluta y los recursos hídricos por persona estarán por debajo de los 500 metros cúbicos anuales recomendados, cantidad de agua que necesita una persona para llevar una vida sana e higiénica.” (ONU, 2015).

Al pasar el tiempo las fuentes de agua se podrían contaminar con las aguas residuales industriales o domésticas, las mismas que se conducen mediante el sistema de alcantarillado y descargan en un cuerpo hídrico generalmente sin un tratamiento previo a su descarga (Alarcón, 2018).

Uno de los principales problemas a nivel mundial es la mala gestión y falta de tratamiento del agua dulce. Conforme aumenta la población, la demanda de agua dulce es mayor para el uso en producción agrícola, ganadera, industrial, y principalmente en consumo doméstico. Además, el agua también es usada para otras actividades como recreación y generación de energía al existir una población con alto número de habitantes el agua impone un límite para ser explotada, puesto que el recurso hídrico no abastecerá a una gran cantidad de habitantes en una comunidad (Calles, 2017).

En zonas residenciales el uso doméstico del agua se emplea tanto para actividades internas de los domicilios (lavabos, duchas y lavadoras), como también externas, por ejemplo, lavado de coches y regadío de jardines. En este caso las lavadoras consumen un 21,2% del 36,4% del porcentaje del caudal medio del uso doméstico (Metcalf & Eddy, 1995).

Además, en la actualidad los suelos han perdido su fertilidad debido a tres factores como son:

- (i) Físicos: refiriéndose a suelos endurecidos o rocosos que impiden el desarrollo de raíces, baja retención de humedad en el caso de los suelos arenosos (Cajo Curay , 2016).
- (ii) Químicos: debido a la presencia de elementos tóxicos para la planta en el suelo como son el aluminio y el níquel que se encuentran presentes en los distintos pesticidas, suelos extremadamente salinos, ácidos y alcalino (Cajo Curay , 2016).
- (iii) Biológicos: relacionado a la presencia de patógenos en el suelo como nematodos, hongos, insectos, y otros que son difíciles de manejar lo cual ha ocasionado que los costos de producción se eleven, por este motivo se ha planteado la utilización de cultivos hidropónicos (Cajo Curay , 2016).

## **1.1. Alcance**

El alcance del presente proyecto es la realización del pretratamiento de agua gris que proviene de una lavadora de ropa automática doméstica, el cual incluirá la recopilación de información de los análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y la construcción del diseño hidráulico para su posterior reutilización como agua de riego en un modelo hidropónico, los cuales incluirán costos de implementación.

## **1.2. Objetivo general**

Desarrollar un sistema para el tratamiento de aguas grises y reutilización en un modelo de cultivo hidropónico en un domicilio de la Provincia de Pichincha, Distrito Metropolitano de Quito, Parroquia Turubamba.

## **1.3. Objetivos específicos**

- Dimensionar la red de drenaje para la conducción y almacenamiento del efluente.
- Diseñar un filtro casero para el tratamiento del agua gris.
- Elaborar los planos para la implementación del sistema de tratamiento de agua gris y el modelo hidropónico.
- Implementar el sistema de tratamiento del agua gris y de cultivo hidropónico casero.
- Desarrollar un manual de operación y mantenimiento del sistema.

## **1.4. Fundamentos teóricos**

### **1.4.1. Aguas Grises**

Son aguas procedentes de la evacuación de lavabos, duchas, bañeras y todos aquellos aparatos sanitarios sin arrastre de materia sólida y con un bajo nivel de contaminación de aguas utilizadas. Estas pueden emplearse principalmente en recarga de cisternas, inodoros, riego de zonas verdes, etc. (Sariano Rull & Pancordo, 2012).

La mayor parte de las aguas grises, son más fáciles de tratar y reciclar que las aguas negras, debido a los niveles más bajos de contaminantes (Asenjo López , 2015). Están compuestas por materia orgánica e inorgánica y macroorganismos. La contaminación de las aguas grises se determina con los siguientes parámetros:



**Tabla 1:** Parámetros Físico - Químicos y Microbiológicos (AQUA ESPAÑA, 2018)

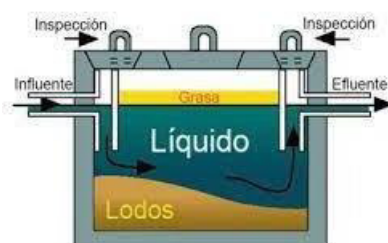
	Parámetros	Valor orientativo aguas grises	Valor típico aguas residuales
Parámetros Físico-Químicos	Sólidos en suspensión	45 – 330 mg/l	450 mg/l
	DBO <sub>5</sub>	90 – 290 mg/l	400 mg/l
	N Kjeldahl	2.1 – 31.5 mg/l	50-60 mg/l
	Turbidez	22 -200 NTU	
Parámetros microbiológicos	Coliformestotales	10 <sup>1</sup> -10 <sup>6</sup> UFC/100ml	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup> UFC/100ml
	Escherichia Coli	10 <sup>1</sup> -10 <sup>5</sup> UFC/100ml	10 <sup>5</sup> -10 <sup>6</sup> UFC/100ml

Las aguas grises, a diferencia de las aguas domésticas, presentan una baja carga orgánica y una contaminación microbiológica sustancialmente menor, por lo que son apropiadas para el reciclaje (AQUA ESPAÑA, 2018).

### 1.4.2 Aguas Negras

Se denominan aguas negras a aquel tipo de agua que se encuentra contaminada con desechos orgánicos de animales y humanos como heces y orina. (Ucha, 2013).

### 1.4.3 Trampa de grasas



**Figura 1:** Trampa de grasa (GSA, s.f.)

Una trampa de grasa es un dispositivo de metal, plástico o concreto, y tiene como función principal, como su nombre lo indica, remover grasas y aceites, antes que sean vertidos al sistema de alcantarillado. Sin el uso de una trampa de grasas, estas se adhieren a las paredes internas de la tubería, la cual restringe el flujo y puede ocasionar desbordamiento (Arellano Luna & Sánchez Campos , 2017).

Las trampas de grasas retardan el flujo del agua generada durante los diferentes procesos, permitiendo la separación de grasas presentes en el agua; Al separarse las grasas flotan en la superficie, mientras que otros sólidos más pesados se depositan en el fondo de la trampa, el resto del agua pasa libremente por la tubería para continuar con el tratamiento (Hidro Playas EP, s.f.).

## 1.4.4 Filtración



**Figura 2:** Filtro casero (*Proyecto Comunitario Gosén, 2013*)

La filtración lenta o filtro lento, consiste en un tanque rectangular o circular en donde se agrega una capa de arena, seguido de una capa de grava. Posteriormente se encuentra un sistema de drenaje que recoge el agua filtrada. Este proceso es mediante la acción de gravedad, donde el agua pasa a través de los poros del material filtrante y los sólidos suspendidos quedan adheridos a los granos de arena y grava (Campos Gómez, 2003).

### Elementos

- Grava. – Sirve para dar soporte al lecho de arena y permitir un drenaje uniforme (requiere una mínima pérdida de carga) en el mismo. El soporte de grava debe ser graduado, con el material más fino en el tope y con el material más grueso en el fondo (Blacio Ordoñez & Palacios Pérez, 2011).
- Arena. – La arena depura el agua impidiendo el paso de los microorganismos, la selección de la arena es a razón de que esta es barata, inerte, duradera y de fácil obtención. Al momento de colocarse en el filtro la arena debe estar libre de arcilla, tierra y materia orgánica. (Blacio Ordoñez & Palacios Pérez, 2011).
- Carbón activado. - Los filtros de carbón activado se utilizan principalmente para la eliminación de cloro, sabores, olores y compuestos orgánicos en el agua. El sistema de funcionamiento es el mismo que el de los filtros de arena, realizándose la retención de contaminantes al pasar al agua por un lecho filtrante compuesto de carbón activado (HUMMA, 2019).

El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio. Se recomienda que el diámetro efectivo de arena debe ser del orden de 0.15 a 0.35 mm. La profundidad del lecho filtrante puede variar entre

0.50 y 1.00 m con un espesor mínimo de 0.30 m. En cuanto a la grava debe considerarse con una altura mínima de 0.30 m, de grava dispuesta en tres capas de diferente granulometría. La grava más fina debe seleccionarse, teniendo en cuenta el tamaño de los granos de arena y a la más gruesa de acuerdo con el tamaño del orificio del drenaje (Blacio Ordoñez & Palacios Pérez, 2011)).

**Tabla 2:** Granulometría de la capa soporte (grava) (Blacio Ordoñez & Palacios Pérez, 2011)

Capas	Diámetros mínimos (mm)	Diámetros máximos (mm)	Altura (cm)
1	0.5 – 2.0	1.5 – 4.0	5
2	2.0 – 2.5	4.0 – 15.0	5
3	5.0 -20.0	10.0 – 40.0	10

El carbón activado puede colocarse aparte o junto a toda la arena o antracita de un filtro, siempre y cuando se mantenga un espesor mínimo de 0.6 m. El filtro así construido deberá diseñarse para una tasa de filtración de  $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ , que corresponde a un tiempo de contacto de lecho vacío de 7.5 min. a 9 min., que es suficiente para remover la mayoría de compuestos orgánicos (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992).

El agua es depositada en el filtro, y por acción de la gravedad, es obligada a pasar por las capas filtrantes, estas capas por lo general están conformadas por arena fina y gravas de distintos tamaños. Otro elemento que forma parte de un filtro es el carbón activado, material altamente poroso, caracterizado por su elevada área superficial y su gran capacidad adsorbente, obtenido artificialmente mediante procesos de carbonización. El carbón activado tiene diferentes usos, por ejemplo, en la minería, en la potabilización del agua, farmacéutica, entre otros. En el caso de la potabilización del agua se utiliza para remoción del olor, color, sabor del agua, en cuanto al tratamiento de aguas residuales, remueve el color, turbidez, y otros (Castillo Lescano , 2015).

### 1.4.5 Almacenamiento



**Figura 3:** Tanque de Almacenamiento (Freepik, 2018)

Los sistemas de tanques de almacenamiento son frecuentemente necesarios para cumplir con una gran variedad de aplicaciones existentes, y esto es especialmente cierto para los tanques de Aguas Residuales Industriales (TFWARREN, s.f). Su diseño y construcción son variados y van a depender de las condiciones del terreno, del material disponible en el área, de la mano de obra existente, etc. (SAGARPA, s.f.). Pueden estar localizados antes o después de la planta de tratamiento, pero,

independientemente de la fuente de agua utilizada, se recomienda aplicar una desinfección directa (Pérez, s.f.).

### 1.4.6 Hidroponía



**Figura 4:** Sistema hidropónico (*Hidroponia Río Grande , 2016*)

La hidroponía es un sistema de producción en el cual las raíces de las plantas no se encuentran establecidas en el suelo, sino en un sustrato o en la misma solución nutritiva (elementos necesarios para el crecimiento de la planta) utilizada. Es un proceso en el que se distribuye el agua, asegurándose de mantener la calidad, y seguir proporcionando los nutrientes que la planta necesita para alcanzar su pleno potencial (Ross, 2016).

El sistema se basa en la reducción de espacio y comprende una serie de diseños, en donde el principio básico es la circulación continua o intermitente de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, que pasa por una serie de canales que pueden ser de PVC, polietileno y poliuretano con una forma rectangular, escalonada, en zigzag o vertical, llamados canales de cultivo (h-e.mx, s.f.).

En cada canal existen aberturas donde se colocan las plantas, éstas, pueden estar dentro de canastillas especiales con un medio de soporte (Tezontle, Fibra de coco, Foamy agrícola), o en pequeños vasos. Estos canales están apoyados sobre mesas o caballetes que pueden tener una ligera pendiente o desnivel (0.51%) que facilita la circulación de la solución nutritiva dependiendo el sistema (h-e.mx, s.f.).

La solución es recolectada y almacenada en un recipiente ya sea cubeta o un tanque a través de una bomba que permite la circulación de la solución nutritiva por los canales de cultivo. La recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para el desarrollo de las plantas (h-e.mx, s.f.).

Esta solución nutritiva se encuentra en los siguientes rangos:

**Tabla 3:** Rangos comunes de nutrientes en la solución hidropónica (*Smart Fertilizer, 2020*).

Elemento	Formas	Rango Común (ppm = mg/l)
Nitrógeno	Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )	100-250
Fósforo	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{HPO}_4^{2-}$	30-50

Hierro	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	1.0-3.0
Zinc	Zinc (Zn <sup>2+</sup> )	0.3-0.6

### 1.4.7 Sistema NFT

El sistema de NFT (*Nutrient Film Technique*) o Técnica de película de nutrientes es el sistema hidropónico con recirculación más popular para la producción de cultivo en el mundo. En la década de los 60 este sistema fue desarrollado por el Dr. Allan Cooper, en Inglaterra, destinado a la producción de hortalizas, especialmente especies de hoja (lechuga, acelga, etc), a gran y a mediana escala con alta calidad de producción en invernaderos. Como ventajas acelera el tiempo de cosecha, también el aprovechamiento del espacio y su instalación es más sencillo. Especies o plantas que se pueden cultivar en NFT pueden ser lechugas, acelga, espinaca, etc (h-e.mx, s.f.).

#### Cultivos en el sistema hidropónico

**Ajo.** - El ajo es un vegetal de la familia *Allium* y es una excelente fuente de vitamina B6, así como otras vitaminas y minerales como manganeso, selenio, vitamina C y alicina (un antioxidante). El cultivo hidropónico de ajo se adapta perfectamente a la luz artificial y a los sustratos. Los ajos necesitan de 8 a 12 horas de luz, pueden resistir hasta una temperatura mínima de 35y 50° F y un crecimiento de 45 a 60 días. Para cultivar el ajo se puede plantar el ajo en un vaso de agua y colocarlo en un lugar fresco y seco, asegurándose de que la mitad de los ajos estén sumergidos en agua hasta que las raíces comiencen a germinar. Después de esto, puede colocarlos en un sistema hidropónico (Cultivo Hidropónico, 2020).

**Cebolla.** - Las cebollas son una de las plantas más fáciles de cultivar con sistemas hidropónicos, pueden cultivarse desde la etapa de semillas o puede plantar bulbos. Primero se los deja crecer hasta cierto punto y luego se los inserta ligeramente en la configuración hidropónica, esto es para que la planta alcance una etapa estable y pueda adaptarse fácilmente a la configuración hidropónica con fuerza y sin problemas. Las semillas de cebolla tardarán entre 6 y 10 días en germinar, necesitan un mínimo de 12 horas de luz para su salud, la cosecha se producirá después de 3 a 4 meses (Cultivo Hidropónico, 2020).

### 1.4.8 Parámetros Físico – Químicos, y Características físicas, químicas y microbiológicas del agua gris

- **Aceites y grasas**

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade, 2010).

Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua,

baja o nula biodegradabilidad. Estas, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido (Toapanta Vera, 2009).

Son todas aquellas sustancias de naturaleza líquida, que, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas que entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que se pueden eliminar en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual (Delgadillo , Camacho , Pérez, & Andrade, 2010).

- **Coliformes fecales**

Los indicadores bacterianos o coliformes fecales en aguas grises exhiben gran variabilidad, las concentraciones detectadas van desde 0 a  $10^7$  unidades formadoras de colonias (Ottoson & Stenström, 2003).

- **Zinc**

El Zinc es uno de los micronutrientes esenciales para las plantas, necesario en pequeñas cantidades. El nivel normal de zinc en el tejido foliar es de 15-60 ppm, y en el sustrato, de 0.10 y 2.0 ppm. Ni la diferencia ni la toxicidad de zinc con frecuencia; sin embargo, las dos repercuten negativamente en el desarrollo y la calidad de los cultivos. Condiciones que deben ser afrontadas antes de que el daño causado a los cultivos sea irreversible (PROMIX, 2021).

El zinc activa las enzimas responsables de la síntesis y ciertas proteínas. Es utilizado en formación de clorofila y algunos carbohidratos, y en la conversión de almidones en azúcares; su presencia en el tejido foliar ayuda a las plantas a resistir las bajas temperaturas. Es fundamental en la formación de auxinas, mismas que coadyuvan a la regulación del desarrollo y a la elongación del tallo (PROMIX, 2021).

- **Hierro**

El hierro se clasifica como un micronutriente, lo que significa que las plantas lo requieren en cantidades menores comparado con los macronutrientes primarios o secundarios. Este elemento es muy importante para la salud y el crecimiento de las plantas. También, es un componente de varias enzimas y algunos pigmentos; ayuda a reducir los nitratos y sulfatos y a la producción de energía dentro de la planta. Aunque el hierro no se usa en la síntesis de la clorofila, es esencial para su formación (Lopez C. J., 2021).

- **Oxígeno Disuelto**

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y es esencial para la vida en los cuerpos de agua (ríos, lagunas, embalses). Es un buen indicador de la contaminación del agua y está relacionado con la capacidad del cuerpo de agua de ser soporte para la biota. Generalmente un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad, a pesar de que niveles altos de oxígeno están asociados a fenómenos de eutrofización donde la presencia de algas genera niveles de oxígeno por

encima de los valores de saturación (Lopez P. , 2016).

- **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es una forma rápida y sencilla de conocer la salinidad general de un agua de riego. Las aguas con más conductividad tienen más sales disueltas y su calidad agronómica es peor (Universidad de Riego, 2019).

Los problemas crecientes de un suelo salino y cómo afecta a las plantas, se recurre a la siguiente clasificación:

**Tabla 4:** Rangos conductividad eléctrica (*Agromática, s.f.*)

CE < 0.7 (mS/cm)	No hay problema
0.7 < CE < 3 (mS/cm)	Problema creciente
CE > 3 (mS/cm)	Problema grave

- **Turbiedad**

La turbiedad es una medida de la carencia de claridad o transparencia del agua. Esta es causada por sustancias suspendidas o coloidales bióticas y abióticas. Mientras mayor sea la concentración de estas sustancias en el agua, mayor será la turbiedad. El tipo y concentración de material suspendido controla la turbiedad y transparencia del agua. El material suspendido consiste en limos, arcillas, partículas finas de materia orgánica e inorgánica (Biblioteca digital, s.f)

- **Demanda Química de oxígeno (DQO)**

El DQO es uno de los parámetros más efectivos en el control de la calidad del agua; constituye la cantidad de oxidante químico que se necesita para poder oxidar los materiales contenidos en el agua y se expresa en mg de O<sub>2</sub>/L. Cuantifica la cantidad de materia orgánica total susceptible de oxidación química (biodegradable y no biodegradable) que hay en una muestra líquida y se utiliza para establecer un nivel de contaminación (Banach, Cordon , & Torrents, 2009).

- **Nitratos**

El nitrato es un contaminante común que se encuentra en el agua subterránea y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable. Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol o compost y pozos sépticos. Cantidades excesivas de nitrato se encuentran en suelos rurales y de actividades agrícolas. El nitrato se mueve fácilmente a través del suelo llevado por el agua de lluvia y de riego hasta las aguas subterráneas (Central Coast Regional Water Quality Control Borad, 2013).

- **Detergentes**

Están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, y que son responsables de la aparición de espuma en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos de agua receptores de los vertidos de agua residual (Metcalf & Eddy, 1995).

Es la adsorción en carbón activado, donde los tensoactivos entran en las aguas limpias y residuales, principalmente por descarga de residuos acuosos del lavado doméstico e industrial de ropa y otras operaciones de limpieza (Ocampo & Perez, 2013).

El uso de tensoactivos en el sector agrícola, promueve buenas prácticas agrícolas, ya que reduce la cantidad de fitosanitarios necesarios y potencia el efecto de los reguladores de crecimiento, bioestimulantes, fertilizantes y correctores de carencias. Principalmente reduce la tensión superficial, para que el líquido pueda penetrar mejor en la superficie. Su inclusión en las formulaciones utilizadas en los cultivos mejora su eficacia y consigue economizar el agua de riego al reducir la pérdida por escorrentía (Agroquímica, 2019).

- **Fosforo**

El fósforo es uno de los nutrientes que contribuyen en mayor grado a la eutrofización de lagos y aguas naturales. Su presencia causa muchos problemas en la calidad del agua (Eddy, 2003).

Las aguas residuales urbanas suelen contener de 5 a 20 mg/L de fósforo total, del cual el 1-5 mg/L es orgánico y el resto es inorgánico. La contribución individual tiende a aumentar ya que el fósforo es uno de los principales constituyentes de los detergentes sintéticos (Eddy, 2003).

### 1.4.9 Normativa

**TULSMA.** - Es el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente donde se reúne todas las leyes relacionadas a la protección de los recursos naturales (Acuerdo Ministerial 097-A). En el libro VI Anexo I de “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: recurso Agua.” se encuentra los límites permisibles de calidad del agua para riego:

**Tabla 2.** Tabla 3 del Libro VI del TULSMA. Criterio de Calidad de Aguas para Riego Agrícola

PARÀMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible	mg/L	Ausencia
Zinc	Zn	mg/L	2.0
Coliformes	NMP	NMP/100mL	1 000
Hierro	Fe	mg/L	5.0
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L	3



pH	pH		6 - 9
----	----	--	-------

**Carga máxima permisible.** - Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.

**Cuerpo receptor o cuerpo de agua.** - Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina o estuarios que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

**Efluente.** - Líquido proveniente de un proceso de tratamiento productivo o de una actividad.

(Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio ambiente, Libro VI, Anexo I, Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua, registro oficial 04-nov- 2015, Estado vigente).

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Ubicación geográfica

El sitio donde se realizó el proyecto se encuentra ubicado según coordenadas geográficas - 0.3341936, -78.5245039, en un domicilio de la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia Turubamba.



**Figura 5:** Ubicación del proyecto (Google Maps)

## 2.2 Red de drenaje para la conducción y almacenamiento del afluente

El proyecto se realizó en el barrio Divino Niño ubicado en el sur de Quito, sector Turubamba alto. Este barrio se caracteriza por ser un barrio residencial donde sus departamentos no disponen de áreas verdes o grandes extensiones de terreno. El sitio del proyecto corresponde a la terraza del departamento 201 manzana 42A bloque #1; cuya área tiene 19 m<sup>2</sup> de los cuales, 3 m<sup>2</sup> (1x3) fueron designados como el área del proyecto (Ver **ANEXO 2**).



Figura 6: Coordenadas y área

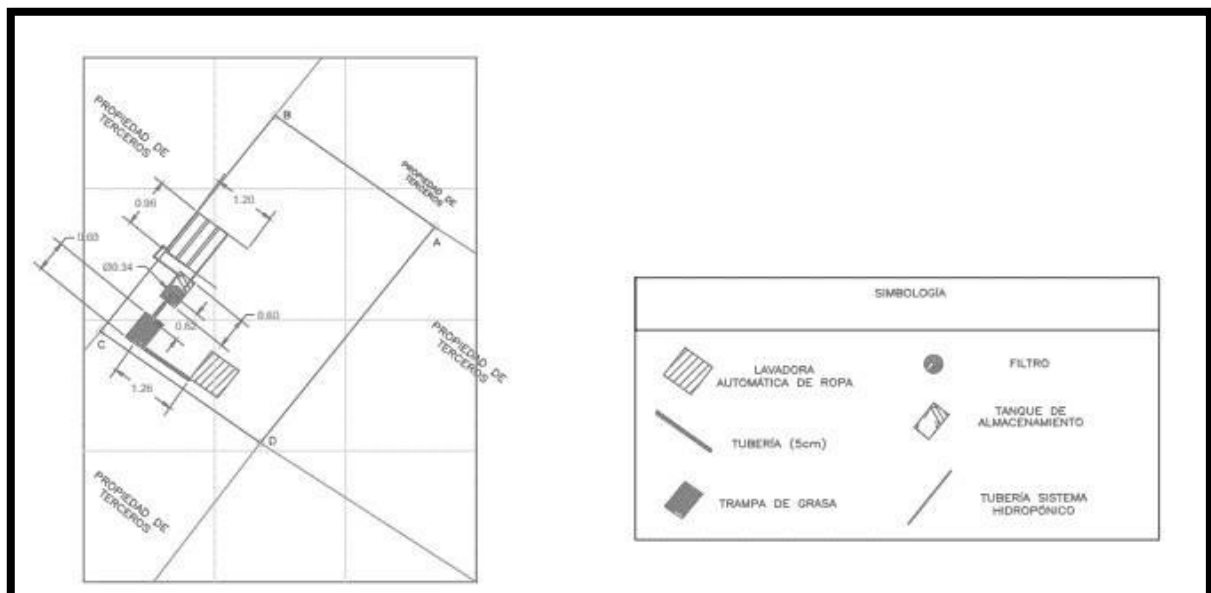


Figura 7: Dimensiones del proyecto

El proyecto se aplicó mediante la reutilización del agua gris de una lavadora automática, la cual antes del proyecto estaba conectada directamente al drenaje del edificio y sus aguas terminaban en el sistema de alcantarillado de la ciudad de Quito.

Se realizó el levantamiento planimétrico del sitio del proyecto, mediante la obtención de puntos georreferenciados a través de la aplicación MGRS UTM GPS. Se obtuvieron los puntos que permitieron definir al área donde se realizó el proyecto, y el respectivo dibujo del plano en AutoCAD.

El caudal a tratar producto de las descargas de la lavadora automática de ropa, se lo determinó mediante el método volumétrico, el cual consistió en la medición directa del tiempo que se demora en llenar un recipiente de volumen conocido (Ver **ANEXO 3**). Para tener exactitud en la medición del tiempo de llenado se usó un cronómetro y se tomaron mediciones durante 4 semanas.

Al definir el valor del caudal medio, el material de la tubería utilizada y una velocidad promedio y con la aplicación del principio de continuidad de la hidráulica, se obtuvo el diámetro de 50 mm de la tubería de drenaje, al igual que los accesorios como codos de 90°, tees, uniones y rejillas. La conducción inicia desde la descarga del agua de la lavadora hasta el reboce ubicado en el tanque de almacenamiento.

### **2.3 Diseño de un filtro casero para el tratamiento del agua gris.**

El diseño del filtro casero para el tratamiento del agua gris tuvo como criterio inicial, las dimensiones del recipiente en el cual se adecuó el filtro. Así mismo para los elementos que se encuentran en el filtro como: grava, arena y carbón activado (fino y grueso), se determinó una altura de 10 cm cada uno.

Previo a la construcción del filtro se realizó una prueba para verificar el tiempo de retención de los elementos en el filtro, utilizando una botella plástica de 1.35 litros en la que se colocó 4 cm de carbón activado, arena y grava. El tiempo de retención fue de 3 minutos para 1 litro de agua, el tiempo de retención del proyecto es de 2.08 minutos. Ver **ANEXO 4**

### **2.4 Requerimiento de agua o demanda de caudal para el sistema hidropónico.**

Según la Guía: NFT y su instalación, recomienda que el volumen requerido para el sistema hidropónico debe ser de 20 litros. Pero entre más grande sea el diámetro de la tubería utilizada en el sistema se necesitará un volumen más grande de agua

### **2.5 Componentes del sistema de tratamiento del agua gris y del cultivo hidropónico**

El sistema de tratamiento de agua gris constó de una trampa de grasas, la cual se unió a un filtro lento casero (de carbón activado, arena y grava) de flujo vertical, seguido el agua tratada se depositó en un tanque de almacenamiento, posteriormente el agua gris almacenada, propulsada por una bomba sumergible, alimentó al sistema hidropónico y sus plantas.

### **2.6 Elaboración de los planos para la implementación del sistema**

## de tratamiento de agua gris y el modelo hidropónico

Para la elaboración de planos del sistema de tratamiento a implementar, se utilizó el programa AutoCAD. En los planos constan las dimensiones de cada uno de los componentes del proyecto como son la trampa de grasa, el filtro, tanque de almacenamiento y el sistema hidropónico NFT, así como los accesorios que permiten las conexiones entre ellos. Los planos se presentan en **ANEXO 5**.

### 2.7 Muestreo y Análisis

#### 2.7.1 Plan de muestreo

El análisis de agua gris tratada permitió verificar las condiciones de calidad establecidas en la Tabla 3 del Libro VI del TULSMA. Criterio de Calidad de Aguas para Riego Agrícola

- **Puntos de muestreo**

Las tomas de muestras se realizaron la primera semana de abril y octubre. En la siguiente Tabla se detallan los puntos de muestreo y el número de muestras de agua gris que se analizaron en cada parte del sistema de tratamiento.

**Tabla 5:** Puntos y número de muestras analizadas

NÚMERO DE MUESTRAS ANALIZADAS		
PUNTO	NÚMERO DE MUESTRA	DETALLES
1	1	Efluente de la lavadora de ropa automática
2	1	Efluente de la trampa de grasas
3	1	Afluente al tanque de almacenamiento
TOTAL	3	



**Figura 8:** Ubicación del punto de muestreo (Google Maps)

- **Parámetros y frecuencias**

**Tabla 6:** Parámetros analizados en el agua gris afluente y efluente del sistema de tratamiento

Parámetros Físico – Químicos:	Parámetros Microbiológicos:
pH	Coliformes Fecales
Conductividad eléctrica	-
Zinc	-
Turbiedad	-
Hierro	-
Oxígeno disuelto	-
Nitratos	-
Tensoactivos	-
Aceites y grasas	-
Demanda Química de Oxígeno	-
Fosforo	-

**NOTA:** El parámetro de aceites y grasas se analizó en el afluente y efluente de la trampa de grasas para observar su eficiencia.

Estos análisis se realizaron una sola vez para identificar posibles contaminantes.

- **Responsables del muestreo**

Las responsables del muestreo fueron las tesisistas del proyecto,

- **Responsables de los análisis**

Las responsables de los análisis realizados fueron las tesisistas del proyecto y AqLab Laboratorio de Análisis y Evaluación Ambiental.

- **Personal y equipos**

El grupo está conformado por las tesisistas tomando en cuenta las condiciones de bioseguridad pertinentes.

### **Protección personal**

El personal indicado para el muestreo en el domicilio ubicado en el barrio Divino Niño, Utilizo protocolos de seguridad e higiene, fueron los siguientes:

- Mascarillas N95
- Guantes de nitrilo
- Zapatos cerrados
- Alcohol antibacterial

## Materiales

- Botellas Ámbar
- Botellas plásticas estériles
- Tapas
- Cooler
- Cadena de custodia, libreta de campo y lapicero

## Rotulado de envases

- Código de muestra
- Tipo de muestra
- Fecha y hora
- Preservación realizada

## Almacenamiento y Transporte

Los envases se almacenaron en el cooler con refrigerante para el traslado al laboratorio. Se llenó la cadena de custodia, con la que ingresaron las muestras al laboratorio. Se trasladó las muestras al laboratorio para el análisis respectivo.

- **Análisis in situ**

**Tabla 7.** Parámetros analizados In Situ

Parámetro	Tipo de envase	Equipo
Oxígeno Disuelto	Frasco estéril	Multiparámetro
pH	Frasco estéril	Multiparámetro
Conductividad eléctrica	Frasco estéril	Multiparámetro
Turbiedad	Frasco estéril	Turbidímetro

- **Toma de muestras, preservaciones y transporte**

Se realizaron conforme a la Tabla 7 y fueron muestras compuestas.

**Tabla 8:** Conservación para muestras analizadas en laboratorio

Parámetro	Tipo de envase	Cantidad mínima de muestra	Conservación	Tiempo de conservación
Zinc	P o A/V	100 mL	Refrigerar 4°C	28 días
Hierro	P o A/V	100 mL	Refrigerar 4°C	28 días
Nitratos	P o A/V	100 mL	Refrigerar 4°C	28 días

Aceites y grasas	A/V	1L	Refrigerar 4°C	28 días
Coliformes fecales	P o A/V	100 mL	Refrigerar 4°C	24 horas
DQO	A/V	250 mL	Refrigerar 4°C	24 horas
Fósforo	P o A/V	100 mL	Refrigerar 4°C	24 horas

Los análisis se realizaron dentro de las 24 horas desde que se tomó la muestra.

P: Plástico estéril

A/V Vidrio ámbar

El volumen de la alícuota se tomó a partir de la siguiente fórmula

$$V_{alícuota} = \frac{Q_i \times V_m}{Q_p \times N_m}$$

### Ecuación 2.1 Volumen para muestras compuestas

Donde:

$V_{alícuota}$ : Corresponde a volumen de la alícuota a tomar cada muestra.

$Q_i$  0.16  $\left(\frac{L}{s}\right)$  caudal instantáneo medido mediante alguna técnica de aforo.

$V_m$ : 1 (L) volumen de muestra a componer.

$Q_p$ : 0.13  $\left(\frac{L}{s}\right)$  Caudal promedio de todo el muestreo.

$N_m$ : 2 número de muestras recolectadas.

Usando la Ecuación 2.1 se obtuvo el volumen de la alícuota de la primera muestra (Antes de la trampa de grasa).

$$V_{alícuota} = \frac{0.16 \frac{L}{s} \times 1 L}{0.13 \frac{L}{s} \times 2} = 0.61 L$$



**Figura 9:** Toma de muestras del efluente del lavador

Usando la Ecuación 2.1 se obtuvo el volumen de la alícuota de la segunda muestra (Después de la trampa de grasa).

$$V_{alícuota} = \frac{0.16 \frac{L}{S} \times 0.5 L}{0.13 \frac{L}{S} \times 2} = 0.31 L$$



**Figura 10:** Toma de muestras del efluente de la trampa de grasas

Usando la Ecuación 1 se obtuvo el volumen de la alícuota de la tercera muestra (Tanque de almacenamiento).

$$V_{alícuota} = \frac{0.16 \frac{L}{S} \times 0.1 L}{0.13 \frac{L}{S} \times 2} = 0.06 L$$



**Figura 11:** Toma de muestras del efluente del Tanque de Almacenamiento

Etiquetado y transporte:





**Figura 12:** Envío de muestras al laboratorio

## 2.8 Pruebas de operación del sistema de reutilización del agua gris

Se realizaron tres pruebas piloto a cada parte del sistema de tratamiento, inicialmente se colocó un reboce en la trampa de grasas, luego se observó que es innecesario el reboce en ese lugar y se procedió a colocarlo en el tanque de almacenamiento.

En cuanto al sistema hidropónico NFT se realizaron tres pruebas antes de poner las plantas a cultivar, donde se pudo percatar que la alimentación del agua al sistema mediante la manguera, necesitaba cierto ajuste ya que se corría el riesgo de que la bomba se pudiese recalentar. Después de colocar las plantas se realizó tres pruebas en las que se observó que las cebollas, al tener las raíces más grandes, ubicadas en el tercer nivel del sistema impedían la circulación normal del agua lo que provocó que esta se derrame.

## 2.9 Elaboración de manual de operación y mantenimiento

El manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas grises y del sistema hidropónico que se presenta en el **ANEXO 7**, es el resultado de la implementación y las pruebas de operación del sistema de tratamiento e hidropónico tales como: análisis de parámetros de la calidad de agua, muestreo y revisión de diferentes manuales pertenecientes a entidades.

En este manual se detalló cada una de las actividades de operación y mantenimiento que deben ser adecuados para el sistema de tratamiento de aguas grises y sistema hidropónico NFT con el objetivo de prevenir daños o deterioros en el sistema.

# 3 RESULTADOS Y DISCUSION

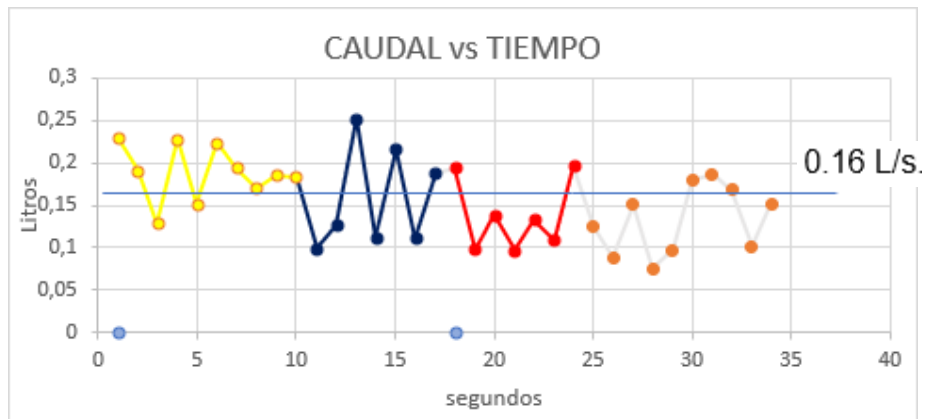
## 3.1 Cálculo del caudal del efluente de la lavadora de ropa automática

En la **Tabla 9** se muestran los valores obtenidos con la medición del caudal utilizando el método volumétrico, estos valores de caudal se los tomaron en el transcurso de cuatro semanas para así llegar

a obtener el valor del caudal de diseño que se utiliza posteriormente para el dimensionamiento del sistema.

**Tabla 9:** Resultados de mediciones de caudal

CAUDAL DE LA LAVADORA DE ROPA AUTOMATICA									
LAVADO							CENTRIFUGADO		
PRIMERA SEMANA									
NIVEL DEL AGUA	LAVADO	ENJUAGUE	DURACION (min)	LITROS	SEGUNDOS	Q (L/s)	NIVEL DEL AGUA	CENTRIFUGADO	VOLUMEN (L)
Bajo	Corto	Eco	46	34	150	0.23	Bajo	Suave	5
				34	178	0.19		Normal	10
				25	194	0.13	Medio	Suave	11
50	219	0.23	Normal	11					
Bajo	Normal	Normal	46	31	204	0.15			
				34	152	0.22			
Medio	Corto	Eco	46	51	263	0.19			
				35	206	0.17			
Medio	Normal	Normal	46	56	302	0.19			
				41	222	0.18			
SEGUNDA SEMANA									
LAVADO							CENTRIFUGADO		
NIVEL DEL AGUA	LAVADO	ENJUAGUE	DURACION (min)	LITROS	SEGUNDOS	Q (L/s)	NIVEL DEL AGUA	CENTRIFUGADO	VOLUMEN (L)
Bajo	Corto	Eco	46	28	148	0.19	Bajo	Suave	8
				32	347	0.09		Normal	5
				30	193	0.16	Medio	Suave	5
35	354	0.10	Normal	5					
Bajo	Normal	Normal	46	25	198	0.13			
				53	210	0.25			
Medio	Corto	Eco	46	56	497	0.11			
				50	231	0.22			
Medio	Normal	Normal	46	55	494	0.11			
				45	239	0.19			
TERCERA SEMANA									
LAVADO							CENTRIFUGADO		
NIVEL DEL AGUA	LAVADO	ENJUAGUE	DURACION (min)	LITROS	SEGUNDOS	Q (L/s)	NIVEL DEL AGUA	CENTRIFUGADO	VOLUMEN (L)
Bajo	Corto	Eco	46	30	154	0.19	Bajo	Suave	10
				36	368	0.10		Normal	5
				28	202	0.14	Medio	Suave	8
37	379	0.10	Normal	5					
Medio	Corto	Eco	46	28	210	0.13			
				55	205	0.27			
				58	500	0.12			
Medio	Normal	Normal	46	50	240	0.21			
				55	502	0.11			
				50	255	0.20			
CUARTA SEMANA									
LAVADO							CENTRIFUGADO		
NIVEL DEL AGUA	LAVADO	ENJUAGUE	DURACION (min)	LITROS	SEGUNDOS	Q (L/s)	NIVEL DEL AGUA	CENTRIFUGADO	VOLUMEN (L)
Bajo	Corto	Eco	46	25	200	0.13	Bajo	Suave	10
				35	398	0.09		Normal	5
				30	199	0.15	Medio	Suave	5
30	400	0.08	Normal	5					
Bajo	Normal	Normal	46	25	256	0.10			
				50	279	0.18			
Medio	Corto	Eco	46	56	300	0.19			
				48	286	0.17			
Medio	Normal	Normal	46	50	493	0.10			
				47	310	0.15			



**Figura 13:** Caudal vs Tiempo

Luego de la medición volumétrica del caudal realizada durante 4 semanas en los diferentes ciclos del lavado que se ocupa con más frecuencia (nivel bajo y nivel medio) se determinó un caudal medio de 0.16 L/s.

## 3.2 Diseño del sistema de tratamiento

### 3.2.1 Caudal de Diseño y dimensionamiento de tuberías del sistema

El resultado arrojado de 0.16 (L/s) como caudal de diseño, el cual es necesario para determinar las dimensiones del diseño hidráulico para flujo en tuberías a sección parcialmente llena, con respecto al tramo entre la descarga de la lavadora y la trampa de grasas.

Datos:

$Qd$  : 0.16  $\left(\frac{L}{s}\right) \rightarrow 0,00016 \left(\frac{m^3}{s}\right)$  caudal de diseño

Material : PVC

$n$  : 0,011 coeficiente de rugosidad Manning

$S$  : 2 (%) Pendiente asumida

$v$  : 0.6 – 2  $\left(\frac{m}{s}\right)$  rango de velocidad

Se aplicó la Ecuación 3.1 2 para determinar el diámetro de la tubería a sección parcialmente llena. Utilizando las siguientes expresiones.

$$Q = \frac{1}{n} A (R_H)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

**Ecuación 3.1** Manning en función del caudal

Donde:

$Q$  :  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$  Caudal

$A$  :  $(m^2)$  Área

$n$  : Coeficiente de rugosidad Manning

$S$  : Pendiente

$R_H$  : (m) Radio hidráulico

$$\text{Área} = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta)$$

**Ecuación 3.2** Área

Donde:

$D$  : (mm) Diámetro  
 $\theta$  (rad) Ángulo central

$$\text{Radio Hidráulico} = \frac{D}{4} \left( \frac{\theta - \sin \theta}{\theta} \right)$$

**Ecuación 3.3** Radio hidráulico

En la Ecuación 3.1 se sustituyó la Ecuación 3.2 y la Ecuación 3.3 para determinar el diámetro de la tubería.

$$D = \frac{2^{\frac{13}{8}} \theta^{\frac{1}{4}}}{(\theta - \sin \theta)^{\frac{5}{8}}} * \left( \frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

**Ecuación 3.4** Fórmula para determinar el diámetro de una tubería

$$\frac{y}{D} = \frac{1}{2} \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right)$$

**Ecuación 3.5** Relación directa entre el tirante de agua y el diámetro

Donde:

$y$ : Tirante de agua o profundidad del agua dentro de la tubería

Con esta ecuación se determinó que el tirante de agua o profundidad del agua sea menor que el diámetro de la tubería, el cual indicó que esta no trabajará a sección completamente llena.

Despejando  $\theta$  de la Ecuación 3.5 se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( 1 - \frac{2y}{D} \right)$$

**Ecuación 3.6** Ángulo central (grado sexagesimal)

En este caso se utilizó el nivel del agua al 70% de capacidad de la tubería. Para trabajar así con una tubería parcialmente llena.

$$\frac{y}{D} = 0.7$$

Utilizando la Ecuación 3.6 **para** determinar el ángulo central.

$$\theta = 2 \cos^{-1}(1 - 2(0.7)) = 3.9646 \text{ rad}$$

Con este valor obtenido se calculó el diámetro usando la Ecuación 5

$$D = \frac{2^{\frac{13}{8}} (3.9646)^{\frac{1}{4}}}{(3.9646 - \sin 3.9646)^{\frac{5}{8}}} * \left( \frac{0.00016 * 0.011}{\sqrt{0.02}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.024 \text{ m}$$

Con el resultado arrojado de 0.024 m o 24 mm se determinó que es necesario una tubería con el menor diámetro. En cuanto al diámetro mínimo de tuberías de desagüe es de 50 mm en tuberías comerciales.

Mediante la Ecuación 3.1 de Manning se calculó el caudal a sección llena (Q S.LI) utilizando como dato el diámetro de 50 mm. Para que este cumpla con la condición de caudal a sección llena tiene que ser mayor al caudal de diseño.

$$Q_{S.LI} = \frac{1}{0.011} * \left(\frac{0.05}{4}\right)^{\frac{2}{3}} (0.02)^{\frac{1}{2}} \left(\pi * \frac{0.05^2}{4}\right) = 0.00136 \frac{m^3}{s} \rightarrow 1.36 \frac{L}{s}$$

$$Q_{S.LI} > Q_d$$

$$1.36 \text{ L/s} > 0.16 \text{ L/s} \text{ (Cumple)}$$

Para determinar la profundidad del agua o tirante hidráulico (y) se lo realizó mediante la siguiente ecuación, ya que se conoce todos los datos.

$$K = \frac{Qd * n}{D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}$$

**Ecuación 3.7** Factor K

$$K = \frac{(1.6 \times 10^{-4} * 0.011)}{0.05^{\frac{8}{3}} * 0.02^{\frac{1}{2}}} = 0,03667845$$

Con el resultado arrojado de  $K = 0,03667845$  con la tabla de coeficientes geométricos, velocidad y caudal para tuberías circulares, se encuentra la relación  $y/D=K$  y se obtuvo los siguientes valores.

$$\frac{y}{D} = 0.23$$

$$y = (0.23)(0.05) = 0.0115m \rightarrow 11.5 \text{ mm}$$

Siendo  $y=11.5$  mm de profundidad del agua se procedió a calcular el ángulo central (Ecuación 3.6) cabe recalcar que estas fórmulas se las utilizó para tubería a sección parcialmente llena.

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 + 11.5mm}{50mm}\right) = 2.001 \text{ rad}$$

Ya que se obtuvo el valor de 2.001 rad del ángulo central se procedió a calcular el área mojada (AM) y el perímetro mojado (PM) con las siguientes expresiones.

$$AM = \frac{\theta * D^2}{8} * \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)$$

**Ecuación 3.8** Área mojada (AM)

Donde:

AM : (m<sup>2</sup>) Área mojada

$$AM = \frac{2.001 * 0.05^2}{8} * \left(1 - \frac{\sin 2.001}{2.001}\right) = 0,00034128 \text{ m}^2$$

$$PM = \frac{\theta * D}{2}$$

**Ecuación 3.9** Perímetro mojado

Donde:

PM : (m) Perímetro mojado

$$PM = \frac{2.001 * 0.05}{2} = 0.05m$$

Finalmente se calcula la velocidad de diseño con la ecuación de Manning.

$$v = \frac{1}{n} * \left(\frac{AM}{PM}\right)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}}$$

**Ecuación 3.10.** Ecuación de Manning para determinar la velocidad

Donde:

$v$  : Velocidad

$$v = \frac{1}{0.011} * \left(\frac{0.00034128}{0.05}\right)^{\frac{2}{3}} (0.02)^{\frac{1}{2}} = 0.46 \frac{m}{s}$$

**Tabla 10:** Resumen de los valores calculados

Cálculos hidráulicos	
Tubería principal	
Longitud	50 cm
Diámetro	50 mm
Caudal	0.16 L/s
Pendiente	2%
Caudal sección llena	1.36 L/s
Y	11.5 mm
Ángulo central ( $\theta$ )	2.001 rad
Área Mojada	0,03667845 m <sup>2</sup>
Perímetro Mojado	0.050 m
Velocidad de diseño	0.46 m/s

### 3.2.2. Dimensionamiento de la trampa de grasas

Para el dimensionamiento de la trampa de grasa se adaptó un recipiente plástico de 80 litros con las siguientes dimensiones: 40 cm de ancho, 60 cm de largo y 40 cm de alto.

$Qd$  :  $0.16 \left(\frac{L}{s}\right)$  Caudal de diseño

$V$  : 80 (L) volumen

$$Qd = \frac{V}{t}$$

### Ecuación 3.11 Caudal

Donde:

$Qd$  :  $\left(\frac{L}{s}\right)$  Caudal de diseño  
 $V$ : (L) Volumen  
 $t$ : (s) Tiempo

Mediante la ecuación del caudal se determinó el tiempo de retención de la trampa de grasas despejándola en función del tiempo.

$$t = \frac{V}{Qd}$$

$$t = \frac{80 L}{0.16 \frac{L}{s}} = 500 \text{ seg} \rightarrow 8.33 \text{ min}$$

Las condiciones de diseño de una trampa de grasa indican la relación L:a (Largo: ancho), es necesario que se encuentre en el rango de 2 a 1.5. L: a 60/40 se encuentra dentro de la relación largo ancho.

Datos

**Tabla 11:** Resumen de cálculos de la Trampa de grasa

Recipiente	
Volumen	80 L
Ancho	40 cm
Largo	60 cm
Alto	40 cm
Condiciones	
Relación L:a	1.5 (cumple)
Tubería interna	
Codo 90°	50 mm
Tee	50 mm
Longitud	30 cm
Diámetro	50 mm

### 3.2.3. Diseño del filtro

Se tomó un recipiente plástico de 20 Litros para la elaboración del filtro casero el cual tiene un diámetro de 35 cm y una altura de 40cm.

Con el valor de 0.16 L/s del caudal de diseño se procede a calcular el tiempo de retención del filtro. Utilizando la ecuación del caudal Ecuación 3.11 la cual se la deja en función del tiempo.

$$t = \frac{V}{Qd}$$

Donde:

$Qd$  : 0.16  $\left(\frac{L}{s}\right)$  Caudal de diseño  
 $V$ : 20 (L) Volumen  
 $t$ : (s) Tiempo

$$t = \frac{20 L}{0.16 \frac{L}{s}} = 125 s \rightarrow 2.08 min$$

El tiempo en que se debe llenar un volumen de 20 L, tomando como dato el caudal de entrada es de 2.08 minutos. Cabe recalcar que el agua tratada en el filtro va a descargar de forma directa al tanque de almacenamiento el cual contendrá el agua para el sistema hidropónico.

### Medio filtrante

Con el valor obtenido de 2.08 minutos del tiempo de retención para el filtro lento casero del sistema de tratamiento de agua gris del proyecto, y, conociendo que el carbón activado tiene un espesor de 0.6 m. El filtro así constituido deberá diseñarse para una tasa de filtración de 120 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> /d, que correspondea un tiempo de contacto de lecho vacío de 7.5 min. a 9 min.

Se procedió a hacer una relación tiempo de retención y espesor del material para determinar la altura de cada uno de los elementos.

$$h_{c/e} = \frac{\text{Tiempo de retención del proyecto} * \text{espesor carbón activado}}{\text{tiempo de retención o tiempo de contacto de lecho vacío de la bibliografía}}$$

### Ecuación 3.12 Determinación de altura de los elementos

Donde:

$h_{c/e}$  : (m) Altura de cada elemento

Para el cálculo de la altura de cada elemento se asume un tiempo de contacto de lecho vacío de 9 minutos.

$$h_{c/e} = \frac{2.08 \text{ minutos} * 0.6 m}{9 \text{ minutos}} = 0.14m \rightarrow 14 cm$$

Según las pruebas realizadas se observó que el filtro necesita borde libre por lo que se disminuyó el espesor de cada elemento de 14 cm a 10 cm, así queda un borde libre de 10 cm.

**Tabla 11.** Resumen de dimensiones del filtro lento casero



RECIPIENTE	
Volumen	20 L
Altura	40 cm
Diámetro	35 cm
ELEMENTOS	
Carbón activado	10 cm
Grava	10 cm
Arena	10 cm

### 3.2.4. Diseño del tanque de Almacenamiento

Para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento se basó en las dimensiones del recipiente de la trampa de grasas las cuales son 40 cm de ancho, 60 cm de largo y 40 cm de alto, lo que nos da la capacidad de almacenar 80 L, dicho volumen nos es suficiente para almacenar el agua tratada y abastecer a la alimentación del modelo hidropónico

### 3.2.5. Bomba sumergible de impulsión

Para determinar las especificaciones de la bomba se utilizó la Guía: NFT y su instalación, que recomienda una bomba de agua de 1 200 litros por hora, así como un timer digital de 8 tiempos, esto para la recirculación del agua en el sistema. Se colocó una bomba sumergible de 30 W ya que esta tiene una impulsión de 2 metros, los cuales cumplen con la altura del sistema hidropónico implementado.

### 3.2.6. Tubería de alimentación al sistema hidropónico

Para la determinación del diámetro de la tubería que alimenta al sistema hidropónico mediante el caudal de la bomba de 1 200 L/h y una velocidad de 0,46 m/s.

$$Q = v * A$$

**Ecuación 3.13** Ecuación caudal

Se despeja la Ecuación 3.13 dejando en función del área:

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

$$A = \frac{3.3 \times 10^{-4} \left( \frac{m^3}{s} \right)}{0,46 \left( \frac{m}{s} \right)} = 7.17 \times 10^{-4} m^2$$

Usando la ecuación para determinar el área de un círculo, se determinó el diámetro de la tubería que alimenta al sistema hidropónico.

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

**Ecuación 3.14** Área de un círculo

Se despeja la Ecuación 3.14 en función del diámetro

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

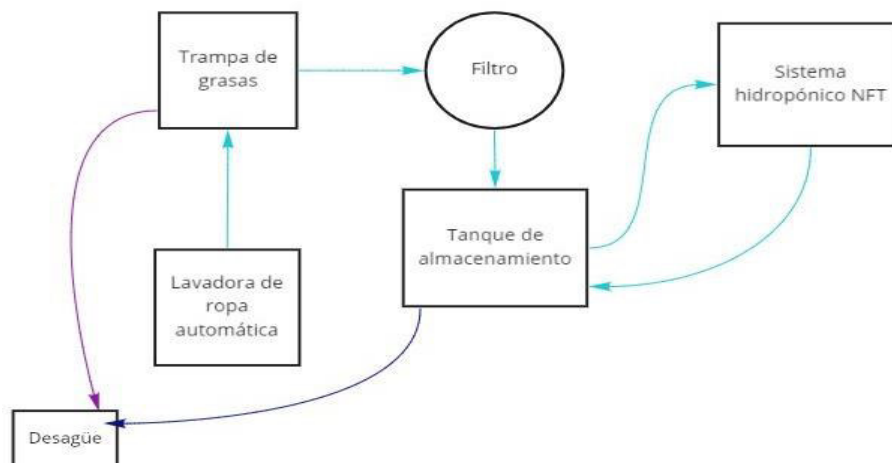
$$D = \sqrt{\frac{4 * (7.17 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,030m \rightarrow 30 \text{ mm}$$

Para la alimentación del sistema hidropónico NFT mediante los cálculos se obtuvo un diámetro de 30 mm, para la implementación se utilizó una manguera con el diámetro de ½ pulgada ya que este es el diámetro de descarga que se menciona en las especificaciones de diseño de la bomba.

**3.2.7. Sistema hidropónico**

Para la determinación del sistema hidropónico NFT se utilizó la Guía: NFT y su instalación, que indicó que sus componentes deben estar colocados horizontalmente con una separación de 20 cm de distancia entre cada uno, así como se debe utilizar tuberías para la conexión de cada componente del sistema con el fin de que esta tenga una recirculación desde que sale el agua del tanque de almacenamiento hasta que regresa al mismo.

En el siguiente esquema se puede observar cada una de las partes del proyecto y las flechas donde señalan la dirección del flujo; la flecha morada señala el agua gris sin tratamiento, esta regresa directamente al desagüe cuando se realiza el mantenimiento de la trampa de grasas, y las flechas celestes indican el agua gris tratada, también podemos observar la flecha azul, la cual nos señala al agua gris tratada que regresa al desagüe del edificio.



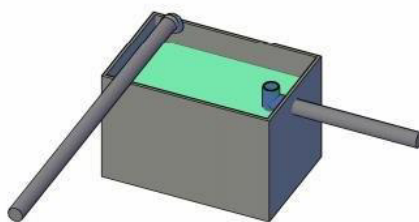
**Figura 14:** Diagrama sistema de tratamiento de aguas grises y sistema hidropónico NFT

### 3.3 Implementación del sistema de tratamiento de agua gris y sistema hidropónico

Con base al dimensionamiento de sistema se procedió a realizar la construcción de cada uno de los elementos del sistema.

- **Trampa de grasas**

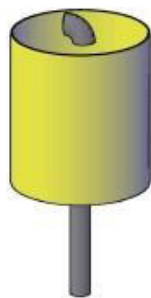
Está ubicada a 1.0 m de la lavadora de ropa con una capacidad del recipiente de 80 litros, a una altura de 1.20 m del suelo de la terraza de la vivienda. Fue realizada con los siguientes materiales como: tubería de desagüe de 50 mm, accesorios (tee y codo 90°), silicona y pega para PVC. Para la entrada del agua a tratar se utilizó el codo de 90° el cual conecta con la manguera de desagüe de la lavadora automática de ropa y una tubería con una longitud de 1 m hasta la entrada a la trampa de grasas. Para la salida del agua al filtro se utilizó una tubería de 50 mm con una longitud de 30 cm unido a una Tee y a una tubería de 50 mm con una longitud de 60 cm que conecta con el filtro. El plano de la trampa de grasa se presenta en el **ANEXO 5** y las imágenes de la construcción de la trampa de grasas se encuentra en el **ANEXO 6**



**Figura 15:** Diseño Trampa de grasas 3D

- **Filtro lento**

Para la construcción del filtro se utilizó los siguientes materiales y elementos: accesorios (codo 90° y rejilla 50 mm), recipiente cilíndrico de 20 L, carbón activado fino y granulado, arena fina y gruesa y grava gruesa y media. Se procedió a colocar en el recipiente en primera instancia y por capas la cantidad de 2 kilos de grava gruesa y 3 kilos de grava fina, luego 2 kilos de arena gruesa y 3 kilos de arena fina, finalmente se colocaron 2 kilos de carbón activado granulado y 3 kilos de carbón activado fino. Los elementos de menor granulometría retienen más contaminantes debido a que su porosidad es menor. El plano del filtro se encuentra en el **ANEXO 5** y las imágenes de construcción del filtro se encuentran en el **ANEXO 6**.



**Figura 16:** Diseño filtro lento casero 3D

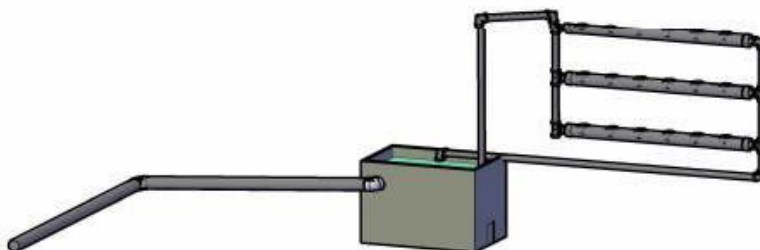
- **Tanque de Almacenamiento**

Este elemento del sistema se ubica en la parte inferior del filtro. Las dimensiones del tanque son de 40 cm de ancho, 40 cm de profundidad y 60 cm de largo, con una capacidad del recipiente de 80 litros. La alimentación del tanque de almacenamiento se realizó mediante una tubería de diámetro de 50 mm y 30 cm de longitud, la cual une al filtro con el tanque de almacenamiento, constó de una tubería de rebose ubicada a 30 cm de altura medidos desde el borde inferior del tanque (ver **ANEXO 5**).

- **Sistema hidropónico**

Se requirió los siguientes materiales y equipos: bomba sumergible de 30 W, temporizador digital, tubería de desagüe de 50 mm, tubería PVC de agua potable de ½ pulgada, accesorios (codo 90°, tee, tapas), madera para el soporte del sistema hidropónico y silicona.

El sistema hidropónico consistió en un conjunto de tuberías dispuestas en paralelo, que conducen y retienen el agua tratada en el sistema, el mismo que es alimentado mediante una manguera de ½ pulgada propulsada por una bomba sumergible adecuada a un temporizador el cual activa a la bomba 10 minutos cada 2 horas. El sistema constó de tres niveles de tuberías, en cada nivel se encuentran 6 orificios separados 10 cm entre sí; para la recirculación del agua en el sistema se utilizó una tubería de ½ pulgada hasta el tanque de almacenamiento (ver **ANEXO 6**).



**Figura 17:** Diseño 3D del Tanque de Almacenamiento y Sistema Hidropónico NFT

En la Figura 18, podemos observar una vista panorámica del proyecto ya en marcha.



**Figura 18:** Implementación

### 3.4 Evaluación de la reutilización del agua gris

Se realizó un muestreo enfocado a las aguas grises con la finalidad de determinar la calidad del efluente y la factibilidad de su reciclaje para aguas de riego, de esta manera se observó que el volumen del efluente descargado puede abastecer la necesidad hídrica que requiere el sistema hidropónico NFT.

Este proyecto es viable debido a que la inversión para la implementación del sistema no genera muchos gastos como se puede ver en la **tabla 12**, ya que la estructura es de fácil construcción y al agua tratada se le da otro uso como agua de riego, y el resultado de este sistema, el cual genera vegetales para consumo diario de las personas, ocasiona un ahorro económico al momento de abastecerse de alimentos para sus hogares.

**Tabla 12:** Estimación de cantidades de obra y costos

MATERIALES Y EQUIPOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	SUB TOTAL (\$)
Tubo PVC desagüe 2" 3MT	m	3	4.86	14.58
Adaptador Flex 1/2"	u	1	0.55	0.55

Codo 45° PVC desagüe 2"	u	1	1.38	1.38
Unión PVC desagüe 2"	u	1	0.76	0.76
Te PVC desagüe 2"	u	1	1.01	1.01
Pega Tubos PVC	u	1	2.65	2.65
Codo 90° PVC desagüe 2"	u	2	0.93	1.86
Organizador móvil transparente	u	2	13.51	27.02
Tubo PVC roscable 1/2" 6MT	m	1	7.62	7.62
Codo 90° PVC roscable 1/2"	u	4	0.40	1.60
Tapón PVC desagüe 2"	u	6	1.28	7.68
Te roscable 1/2"	u	6	0.53	3.18
Unión roscable 1/2"	u	4	0.52	2.08
Cinta teflón 3/4	u	1	0.43	0.43
Bomba 30W	W	1	24.31	24.31
Temporizador digital	u	1	14.39	14.39
Rejilla 2"	u	1	1.00	1.00
Codo 90° x2	u	1	1.15	1.15
Vasos plásticos	u	1	0.87	0.87
Recipiente 20 L	u	1	8.00	8.00
Manguera 1/2" 2MT	m	2	0.83	1.66
			<b>Subtotal</b>	123.78
			<b>I.V. A</b>	14.85
			<b>Total 1</b>	<b>138.63</b>

ELEMENTOS				
Carbón activado granulado	kilos	2	10.00	20.00
Arena fina	kilos	3	3.00	9.00
Arena gruesa	kilos	2	3.00	6.00
Grava fina	kilos	3	3.00	9.00
Grava gruesa	kilos	2	3.00	6.00
			<b>Sub total</b>	50.00
			<b>IVA</b>	6.00
			<b>Total 2</b>	<b>56.00</b>

ANÁLISIS DE LABORATORIO				
Aceites y grasas (mg/L)	u	1.0	30.00	30.00
Coliformes fecales (Col/100 ml)	u	1.0	12.00	12.00
Fosforo total (mg/L)	u	1.0	10.00	10.00
Tensoactivos MBAS (mg/L)	u	1.0	13.00	13.00
Zinc (mg/L)	u	2	12.00	24.00
Hierro (mg/L)	u	2	12.00	24.00
			<b>Sub total</b>	113.00
			<b>Descuento</b>	33.90
			<b>I.V. A</b>	13.56
			<b>Total 3</b>	<b>92.66</b>
			<b>TOTAL (1+2+3)</b>	<b>287.29</b>

Este valor es la inversión de un sistema que trata un caudal de 0.16 L/s para recircular en tres hileras de tuberías fluyendo parcialmente llenas.

### 3.5 Análisis de laboratorio del efluente y afluente

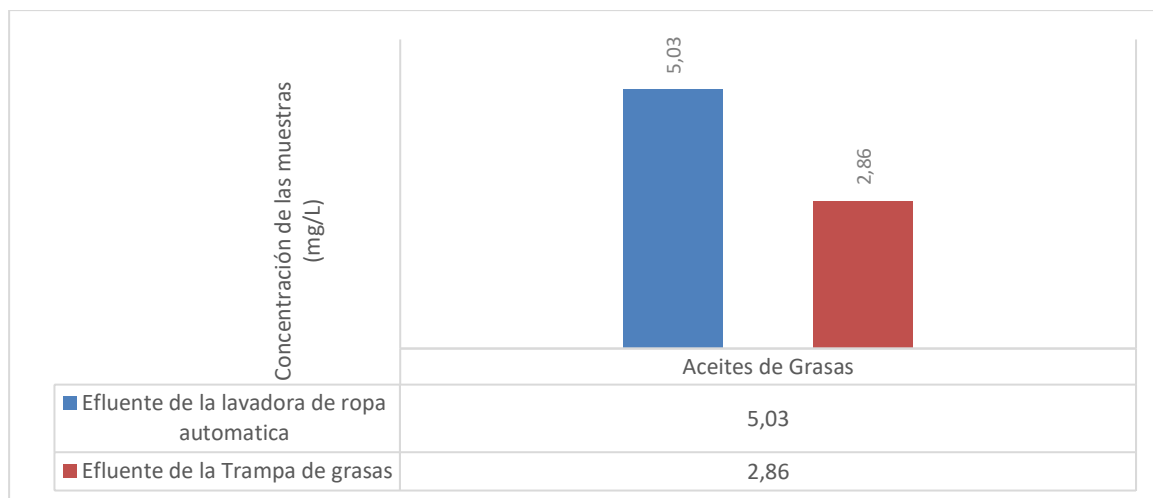
**Tabla 13:** Resultados obtenidos por punto de muestreo

Resultados Obtenidos en el Laboratorio					
Parámetro	Unidad	LMP (Tabla 3)	Punto 1 (Efluente lavadora)	Punto 2 (Efluente trampa de grasa)	Punto 3 (Afluente tanque de almacenamiento)
Aceites y grasas	Película visible	Ausencia	5.03	2.86	-
Hierro Total	mg/L	5	< 0.20	-	< 0.20
Zinc	mg/L	2	< 0.10	-	< 0.10
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000	-	-	510
Fosforo	mg/L	-	-	-	< 1.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	-	-	-	350
Nitratos	mg/L	-	-	-	< 0.3
Resultados Obtenidos In Situ					
pH	-	6-9	6.75	6.59	6.68
Oxígeno Disuelto	mg/L	3	4.95	4.57	4.08
Conductividad eléctrica	mS/cm	-	0.842	0.413	0,335
Turbidez	NTU	-	429	83.8	72.8

### 3.6 Análisis comparativo de los resultados

- **Aceites y grasas**

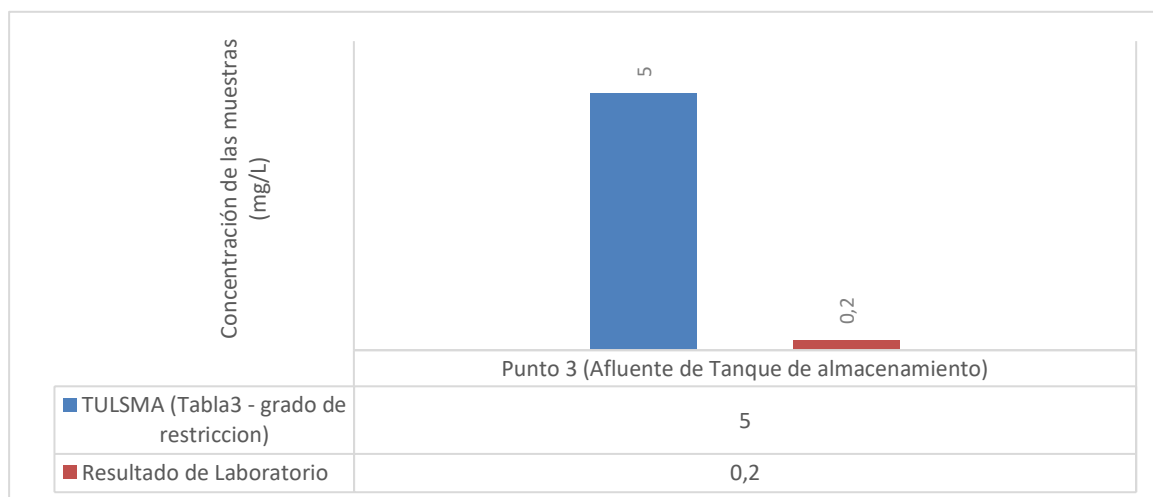
En la Figura 17, se observa que en el punto 1 existe una película visible de grasas, y en el punto 2, aún existe una película visible, pero esta disminuye en un 56%, por lo que se entiende que la eficacia de la trampa de grasas no es el 100%, sin embargo, este contaminante no influye en el crecimiento de las plantas en el modelo hidropónico.



**Figura 19:** Análisis de aceites y grasas

- **Hierro Total**

En la Figura 18, se muestran los datos comparativos de los valores de hierro total presente en la muestra analizada frente al límite máximo permisible en la Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA. Lo cual indica que el grado de hierro total en el afluente al tanque de almacenamiento no representa ningún riesgo en el agua de riego para el cultivo hidropónico.

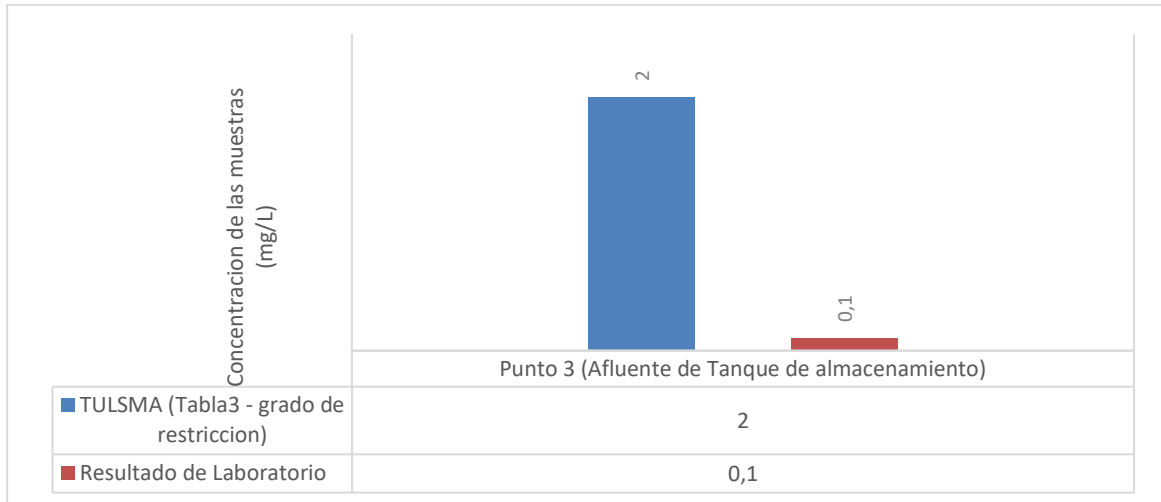


**Figura 20:** Análisis hierro total.



- **Zinc**

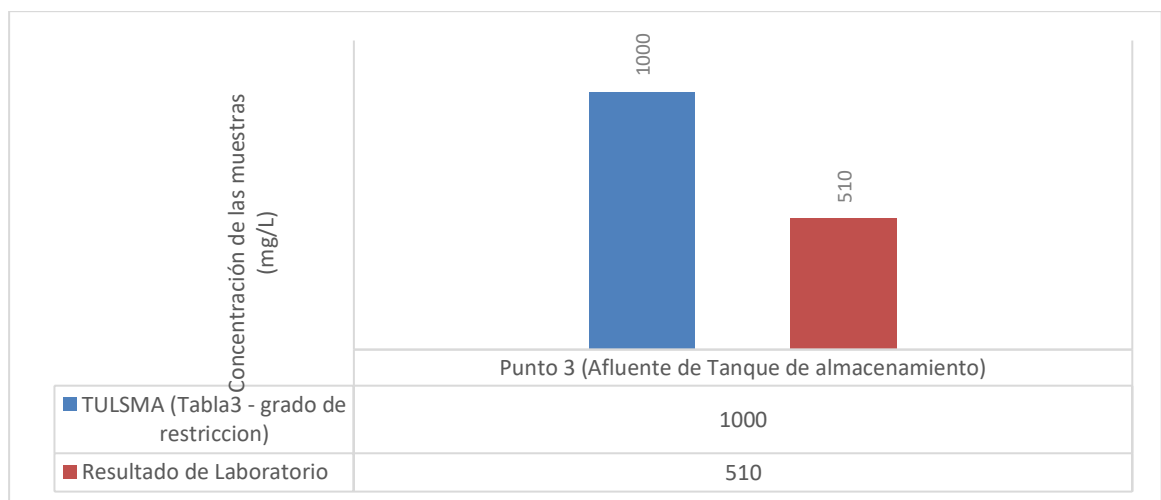
La Figura 19, muestra los datos comparativos de los valores de zinc presente en la muestra analizada frente al límite máximo permisible en la Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA. Lo cual indica que el grado de zinc en el afluente al tanque de almacenamiento no representa ningún riesgo en el agua de riego para el cultivo hidropónico.



**Figura 21:** Análisis comparativos de Zinc

- **Coliformes Fecales**

En la Figura 20, se muestran los datos comparativos de los valores de coliformes fecales presente en la muestra analizada frente al límite máximo permisible en la Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA. Lo cual indica que el grado de coliformes fecales en el afluente al tanque de almacenamiento no representa ningún riesgo en el agua de riego para el cultivo hidropónico.

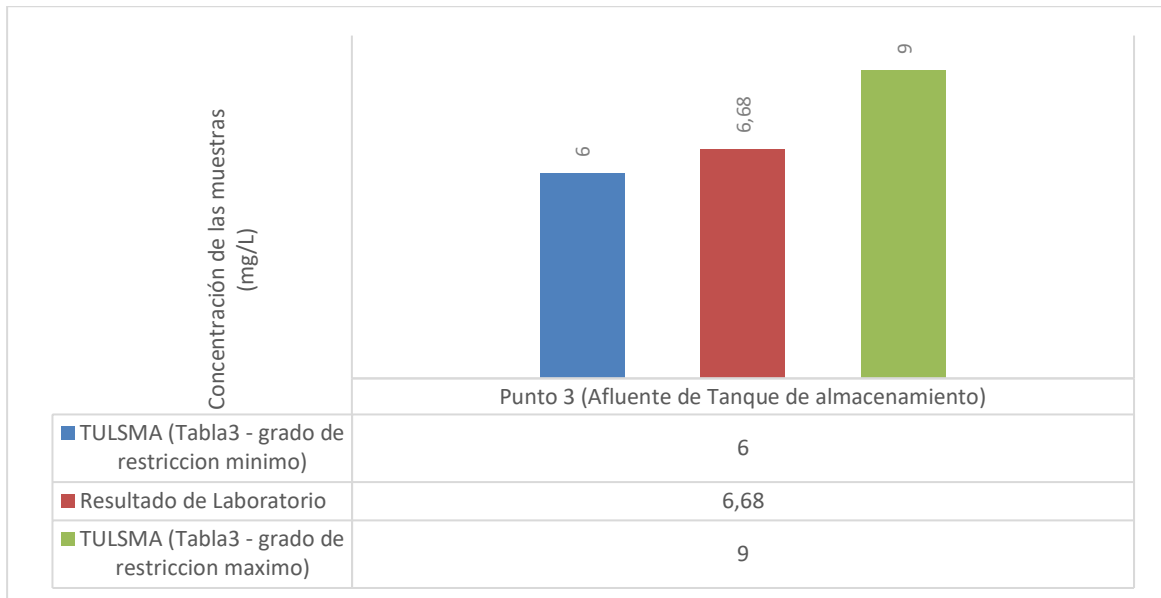


**Figura 22:** Análisis comparativos coliformes fecales

- **pH**

En la Figura 21, se muestran los datos comparativos de los valores de pH presente en la muestra

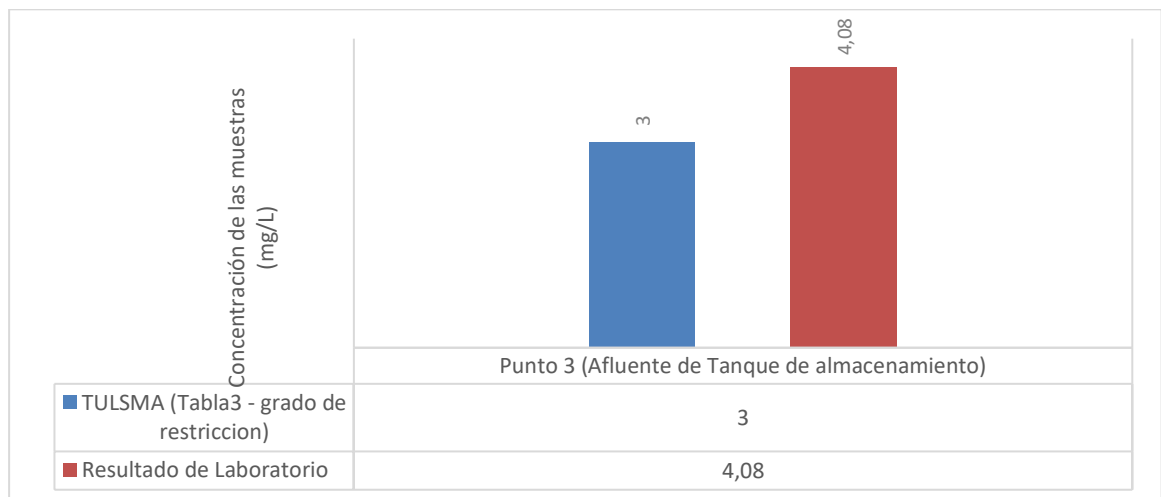
analizada frente al límite máximo permisible en la Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA. Lo cual indica que el grado de pH en el afluente al tanque de almacenamiento no representa ningún riesgo en el agua de riego para el cultivo hidropónico.



**Figura 23:** Análisis comparativo pH

- **Oxígeno Disuelto**

En la Figura 22, se muestran los datos comparativos de los valores de oxígeno disuelto presente en la muestra analizada frente al límite máximo permisible en la Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA. Lo cual indica que el grado de oxígeno disuelto en el afluente al tanque de almacenamiento no representa ningún riesgo en el agua de riego para el cultivo hidropónico.



**Figura 24:** Análisis comparativo OD

El valor de DQO que se obtuvo utilizando viales de DQO de rango alto, indica que la materia orgánica no demanda tanto oxígeno, así como se observa en los resultados del OD donde se encuentra valores elevados con respecto al límite máximo permisible en la Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA. Y como resultado se observa que el

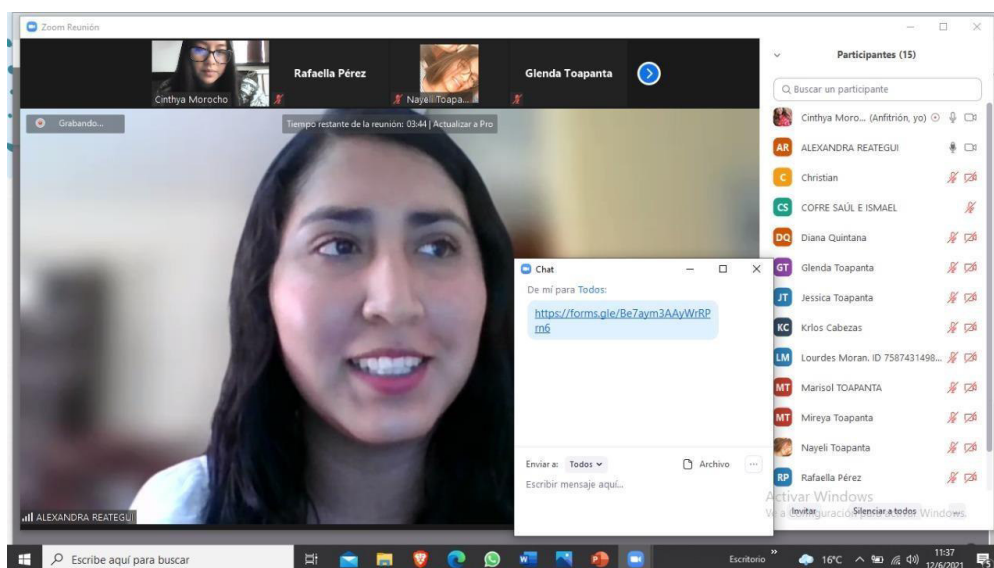
crecimiento de las plantas en el modelo hidropónico no se ve afectado, pese a existir un contaminante como los detergentes, ya que según menciona Agroquímica, 2019, el uso de tensoactivos promueve buenas prácticas agrícolas. De igual forma que la conductividad eléctrica no implica ningún problema en el sistema de riego hidropónico debido a que sus resultados obtenidos se encuentran en el rango de la Tabla 4.

Los resultados de fósforo y nitratos indican que sus valores están por debajo del rango según la tabla de Smart Fertilizer, 2020, lejos de causar un daño al sistema de riego, sería necesario aumentar la cantidad de estos nutrientes y así exista una mejor nutrición para las plantas del modelo hidropónico.

Los valores arrojados en los análisis in situ de la turbidez desde la salida del agua al tanque hasta el tanque de almacenamiento indican que hay una disminución de la misma y vemos que el resultado arrojado en el tanque de almacenamiento se encuentra dentro del rango para agua gris según la Tabla 1.

### 3.8 Socialización del proyecto

Adicionalmente una vez implantado el sistema se realizó una socialización del proyecto mediante zoom (<https://zoom.us/j/96837467623?pwd=a2s5eE5jOWorY1cxU0FpcjBLaHVUZz09>) con los moradores del Barrio Divino Niño y se conoció la expectativa que causa este proyecto en la población.



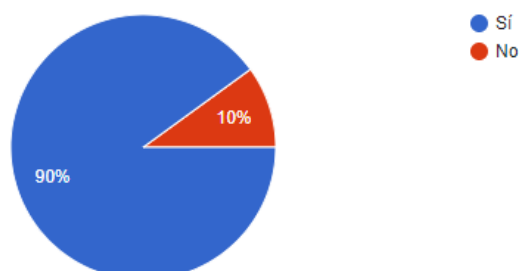
**Figura 25:** Socialización virtual

A lo que se obtuvo los siguientes resultados de la encuesta que se realizó al finalizar la socialización que duró 45 minutos.

Encuesta realizada mediante el formulario de Google.

¿Conoce usted que es un agua gris?

10 respuestas

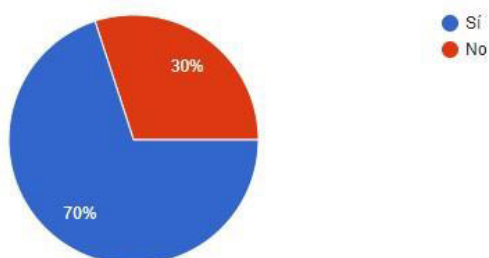


**Figura 26:** Pregunta # 1

El 90 % de los participantes conoce la definición del agua gris.

¿Conoce el impacto que ocasionan las aguas negras y grises al medio ambiente?

10 respuestas

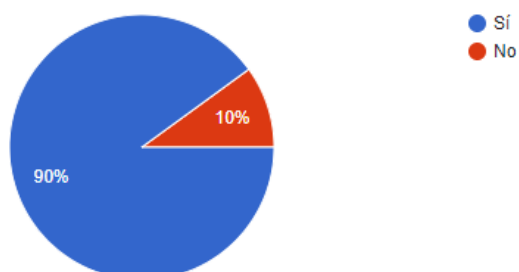


**Figura 27:** Pregunta # 2

El 70% de los participantes conoce el impacto ambiental que ocasionan las aguas negras y grises al medio ambiente.

¿Dispone de una lavadora automática en su hogar ?

10 respuestas

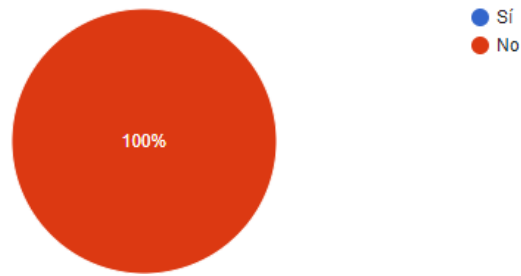


**Figura 28:** Pregunta # 3

El 90% de los participantes posee una lavadora de ropa en su hogar.

¿En su hogar reutiliza el agua gris?

10 respuestas

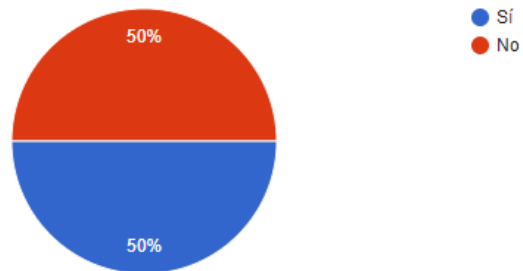


**Figura 29:** Pregunta # 4

Aquí se observó que el 100% de participantes no reutiliza el agua gris.

¿Conoce el cultivo hidropónico y su funcionamiento ?

10 respuestas

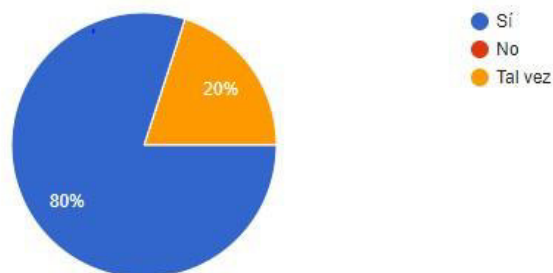


**Figura 30:** Pregunta # 5

El 50% participantes conocen y desconocen del cultivo hidropónico y su funcionamiento.

¿Estaría usted de acuerdo en utilizar un cultivo hidropónico a partir del agua gris tratada?

10 respuestas

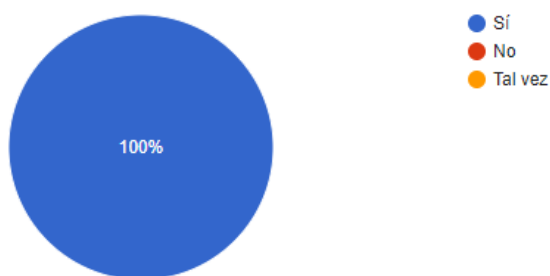


**Figura 31:** Pregunta # 6

El 80 % de los participantes está de acuerdo en implementar este proyecto en sus hogares, mientras que el 20% aun presenta dudas en implementar o no este proyecto en sus hogares.

¿Piensa usted que este proyecto ayudaría al medio ambiente ?

10 respuestas



**Figura 32:** Pregunta # 7

El 100% de los participantes está de acuerdo que la implementación de este proyecto en sus hogares ayudaría al medio ambiente.

### 3.7. Funcionamiento del sistema hidropónico

Se realizó una comparación de 3 semanas entre el Cultivo Hidropónico NFT y el Cultivo tradicional en el cual se obtuvo los siguientes resultados.

#### Primera Semana (29/03/2021)

En el transcurso de la primera semana de siembra se logró ver el ligero crecimiento de las raíces tanto en el cultivo hidropónico como en el cultivo tradicional





**Tabla 14:** Comparación de la primera semana del cultivo de cebolla y ajo

Cultivo Hidropónico NFT	Cultivo Tradicional
	
	

#### Segunda Semana (05/04/2021)

A lo largo de la segunda semana se logró observar un aumento de las raíces en los dos tipos de siembras.

**Tabla 15:** Comparación de la segunda semana del cultivo de cebolla y ajo

Cultivo Hidropónico NFT	Cultivo Tradicional
	
	

Tercera **Semana** (12/04/2021)

En la tercera semana se logró evidenciar el crecimiento de raíces y tallos con más desarrollo en el modelo hidropónico, mientras que en el cultivo tradicional su crecimiento es menor.

**Tabla 16:** Comparación de la tercera semana del cultivo de cebolla y ajo

Cultivo Hidropónico NFT	Cultivo Tradicional
	
	

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se desarrolló un sistema para el tratamiento de aguas grises y reutilización del agua en un modelo hidropónico en la terraza del departamento 201 manzana 42A bloque #1 del barrio Divino Niño ubicado en el sur de Quito, sector Turubamba alto.
- Se calculó la red de drenaje del sistema de pretratamiento de aguas grises producidas por una lavadora automática de ropa, almacenamiento de aguas grises tratadas y el sistema hidropónico. Mediante los cálculos realizados a tubería parcialmente llena se conoció las dimensiones y materiales que se necesitó para cada parte del sistema en general.

- Se diseñó un filtro casero para el tratamiento de agua gris. Con la implementación del filtro se observó que la primera capa del filtro retiene sólidos como: pelusas, lanas y cabellos provenientes de cada lavado el cual impide que llegue al tanque de almacenamiento evitando que cause algún daño en la bombade agua sumergible la cual dirige el agua al cultivo hidropónico.
- El agua gris después del tratamiento realizado es apta para agua de riego, con la implementación de la trampa de grasas y los análisis realizados en el laboratorio dan como resultado la disminución de aceites y grasas en un aproximado del 56 %; también los resultados de laboratorio indican que esta agua es rica en nutrientes como zinc, hierro y fósforo por lo que las plantas que se nutren con dicha agua, pueden ser comestibles para el ser humano; y, en efecto, podemos observar pese a que existen contaminantes en el agua, estos no afectan al crecimiento de las plantas.
- Se elaboraron los planos para la implementación del sistema de pretratamiento de aguas grises producidas por una lavadora automática de ropa, almacenamiento de aguas grises tratadas y el sistema hidropónico, utilizando el programa AutoCAD con el que se obtuvo la planimetría donde está ubicado el proyecto y los planos del sistema engeneral.
- Con la ayuda de los datos obtenidos en el cálculo a tubería parcialmente llena y el diseño de planos realizados en AutoCAD, se implementó el sistema de tratamiento de aguas grises y cultivo hidropónico casero. Al realizar las pruebas de operación del sistema se identificaron pequeñas fallas las cuales fueron corregidas y, posterior a ello se verificó el correcto funcionamiento.
- Se estableció que los costos totales de la construcción del proyecto fueron de \$ 194,63 (sin contar la realización de análisis de los parámetros en laboratorio) lo que a nuestra perspectiva es considerado accesible para la economía actual de las familias, a más que ayudan a preservar el planeta reutilizando los recursos existentes.
- Se desarrolló un manual de operación y mantenimiento del sistema estableciendo períodos de mantenimiento preventivos con el fin de que el sistema no presente problemas en su funcionamiento.
- Se realizó una socialización del proyecto con los habitantes del conjunto, donde se llegó a la conclusión que el 90% tenía conocimiento lo que es un agua gris, el 90% dispone de una lavadora automática de ropa, y el 80% de ellos están de acuerdo con implementar este proyecto.



## 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda complementar el crecimiento de las plantas agregando solución nutritiva que contenga más nutrientes.
- Se recomienda implementar un tratamiento Químico para la eliminación de ciertos contaminantes como detergentes y sólidos disueltos.
- Se recomienda hacer un análisis de bio indicadores a las plantas para saber si estas tienen algún efecto tóxico por el uso de detergentes.
- Se recomienda aumentar la pendiente en sistema de tratamiento para así obtener una velocidad de auto limpieza.
- Se recomienda aumentar el volumen de la trampa de grasa para que de esta forma aumente el tiempo de retención y obtener una mejor eficacia de la misma.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agromática. (s.f.). *La conductividad eléctrica del agua de riego*. Obtenido de agromática:  
<https://www.agromatic.es/conductividad-electrica-del-agua/>
- Agroquímica. (29 de Julio de 2019). *¿Tensioactivos para la agricultura ?* Obtenido de Grupo barcelonesa: <https://www.grupbarcelonesa.com/es/blog/tensioactivos-para-la-agricultura>
- Agüero , R. (2004). *Procedimientos para la operación y mantenimiento de captaciones y reservorios de almacenamiento* . Lima: Organización Panamericana de la Salud .
- Anónimo. (30 de septiembre de 2010). *Definición de vanadio*. Obtenido de definiciones-de:  
<https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/vanadio.php>
- AQUA ESPAÑA. (8 de julio de 2018). *AGUAS GRISAS: ORIGEN, COMPOSICIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA SU RECICLAJE*. Obtenido de AQUA ESPAÑA:  
[https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora\\_08-Grisas\\_origen.pdf](https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grisas_origen.pdf)
- Arellano Luna, A. Y., & Sánchez Campos , E. r. (2017). *Propuesta de mejora de diseño de una trampa de grasa para restaurantes* . México: Universidad Nacional Autónoma de México .
- Arévalo Cuical, A. F. (2017). *Análisis del reciclaje de aguas residuales domésticas para utilización en riesgo de plantas ornamentales del conjunto residencial balcones de Ponciano mediante un tratamiento fisicoquímico*. Quito: UTE.
- Asenjo López , C. (09 de 11 de 2015). *Tratamiento de aguas grises* . Obtenido de iagua.es:  
<https://www.iagua.es/blogs/cristina-asenjo-lopez/tratamiento-aguas-grises>

- ATSDR. (s.f.). *ToxFAQs- Nitrato y Nitrito (Nitrate/Nitrite)*. Obtenido de atsdr:  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts204.html#:~:text=Nitrato%20y%20nitrito%20son%20dos,nitrato%20como%20elemento%20nutritivo%20esencial.](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts204.html#:~:text=Nitrato%20y%20nitrito%20son%20dos,nitrato%20como%20elemento%20nutritivo%20esencial.)
- Banach, E. G., Cordon , C. S., & Torrents, G. A. (2009). *Estudio de la calidad ambiental de la Bahía de Cardenas para un futuro Manejo Integrado de Zonas Costeras*. Obtenido de Universidad de Girona: <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v8-n1-3-evaluacion-de-la-demanda-quimica-de-oxigeno-en-aguas-de-la-provincia-de-granma-cuba.pdf>
- Biblioteca digital. (s.f). *Criterios de calidad de suelos y de aguas o elfuentes tratados para uso en riego*. Obtenido de [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_aguas/anexo\\_A/SS\\_Turbiedad.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/SS_Turbiedad.pdf)
- Blacio Ordoñez , D. A., & Palacios Pérez, J. L. (2011). *Filtros Biologicos para la potabilización de agua, posibilidades de uso de FLA (filtro lentos de arena) con agua superficial de nuestra región*. Obtenido de [dspace.ucuenca.edu.ec](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf):  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf>
- Cajo Curay , A. M. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Latacunga sativa L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Campos Gómez, I. (2003). *Saneamiento Ambiental*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia .
- Castillo Lescano , J. A. (2015). *FILTRO DOMICILIARIO DE ARENA Y CARBÓN ACTIVADO PARA LA PEREIRA PARROQUIA LA AVANZADA CANTÓN SANTA ROSA PROVINCIA DE EL ORO*. Machala: Unidad Académica de Ingeniería Civil.
- Central Coast Regional Water Quality Control Borad. (29 de octubre de 2013). *Programa Regulatorio Agrícola* . Obtenido de Recursos para Agricultores :  
[https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water\\_issues/programs/ag\\_waivers/docs/spanish\\_forms/nitratos\\_en\\_el\\_agua.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water_issues/programs/ag_waivers/docs/spanish_forms/nitratos_en_el_agua.pdf)
- Cultivo Hidropónico. (2 de noviembre de 2020). *Cultivo de Cebollas Hidropónicas*. Obtenido de [cultivohidroponico.info](https://cultivohidroponico.info): <https://cultivohidroponico.info/cebollas-hidroponicas/>
- Definición . (2015). *Definición de Manganeso*. Obtenido de [definicion.mx](https://definicion.mx):  
<https://definicion.mx/manganeso/>
- Delgadillo , O., Camacho , A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba - Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (centro AGUA).
- Dianelys Ondarse Álvarez. (15 de julio de 2021). *Cobre*. Obtenido de [concepto](https://concepto.de/cobre/):  
<https://concepto.de/cobre/>
- Dianelys Ondarse Álvarez. (15 de julio de 2021). *Plomo*. Obtenido de [concepto](https://concepto.de/plomo/):  
<https://concepto.de/plomo/>

- Eddy, M. (2003). *Ingeniería de aguas residuales*. Edición internacional.
- Freepik. (2018). Obtenido de Freepik: [https://www.freepik.es/vector-premium/conjunto-tanque-almacenamiento-agua\\_3189569.htm](https://www.freepik.es/vector-premium/conjunto-tanque-almacenamiento-agua_3189569.htm)
- GIZ. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Lima: Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit(GIZ) GmbH.
- GSA. (s.f.). *Trampas de grasa*. Obtenido de Gestión Preventiva y Saneamiento Ambiental : <https://saneamientoambiental.co/trampasdegrasa/>
- h-e.mx. (s.f.). *¿Qué es el sistema NFT?* Obtenido de hydroenv: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=101](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101)
- Hernández Baranda , Y., Rodríguez Hernández, P., Peña Icart, M., Meriño Hernández , Y., & Cartaya Rubio, O. (1 de septiembre de 2019). *Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate*. Obtenido de scielo.sld.cu: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362019000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000300010)
- Hidro Playas EP. (s.f.). *Trampa de grasas*. Obtenido de Hidro Playas EP: <http://hidroplayas.gob.ec/leydetransparencia/trampasdegrasa.pdf>
- Hidroponia Río Grande . (2 de abril de 2016). *Construye tu propio invernadero para el jardín paso a paso* . Obtenido de Hidroponia Río Grande : <https://hidroponiariogrande.wordpress.com/>
- HUMMA. (10 de julio de 2019). *Cómo funciona el carbón activado*. Obtenido de HUMMA SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE AGUA : <https://humma.com.ar/como-funciona-el-carbon-activado/#:~:text=El%20carb%C3%B3n%20activado%20act%C3%BAa%20atrapando,agua%20potable%20sea%20m%C3%A1s%20sabrosa.&text=Sin%20embargo%2C%20no%20atrapa%20virus,los%20minerales%20en%20el%20agua>.
- iagua. (21 de 05 de 2018). *Eliminación del nitrógeno en las aguas residuales*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/noticias/aema/eliminacion-nitrogeno-aguas-residuales>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y distribución de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. En *Código Ecuatoriano de la constitución C.E.C* (pág. 291). Quito: Primera edición Código de práctica Ecuatoriano CPE INEN 5 parte 9-11:1992.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). Código Ecuatoriano de la continuación. C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes Primera Edición. Quito: Código de práctica Ecuatoriano CPE INEN 5 parte 9-1 .
- Lopez, C. J. (4 de Febrero de 2021). *PROMIX*. Obtenido de Rol del hierro en el cultivo de plantas: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-hierro-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Lopez, P. (2016). *Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales*. [https://books.google.com.ec/books?id=InnqaK9UCZAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=InnqaK9UCZAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false): IICA.

- Matcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería en aguas residuales*. Madrid: Free Libros.
- Moreno , R. H., Ibáñez, A. S., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Sulfatos*. Obtenido de riunet: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13682/sulfatos%20revisado%20definitivo.pdf?sequence=3#:~:text=Los%20sulfatos%20son%20minerales%20cuya,la%20anhidrita%20y%20el%20yeso.>
- Ocampo, M. A., & Perez, O. M. (2013). *Operacion y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados*. Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.
- ONU. (2015). *La escasez de agua* . El agua, Fuente de vida.
- Ottoson, J., & Stenström, T. A. (febrero de 2003). *Fecal contamination of greywater and associated microbial risks*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135402003524>
- Pérez, L. R. (s.f.). *Tanque de almacenamiento*. Obtenido de sswm: [https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento#:~:text=El%20tanque%20de%20almacenamiento%20es,GIZ%202017%3B%20USAID%202016\).](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento#:~:text=El%20tanque%20de%20almacenamiento%20es,GIZ%202017%3B%20USAID%202016).)
- PROMIX. (28 de abril de 2021). *La función del zinc en el cultivo de plantas*. Obtenido de pthorticulture.com: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-zinc-en-el-cultivo-de-plantas/#:~:text=El%20zinc%20o%20cinc%20activa,a%20resistir%20las%20bajas%20temperaturas.>
- PROMIX. (4 de febrero de 2021). *Rol del hierro en el cultivo de plantas*. Obtenido de pthorticulture: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-hierro-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Proyecto Comunitario Gosén. (29 de Mayo de 2013). *Filtro Casero - Otra Alternativa*. Obtenido de imoralesm: <https://imoralesm.wordpress.com/2013/05/29/filtro-casero-otra-alternativa/>
- Ross, N. (30 de septiembre de 2016). *Hidroponía: La Guía Completa de Hidroponía para Principiantes*. Obtenido de es.scribd: <https://es.scribd.com/book/325947998/Hidroponia-La-Guia-Completa-de-Hidroponia-Para-Principiantes>
- SAGARPA. (s.f.). *Tanques de almacenamiento en concreto y mampostería*. México D.F.: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Sariano Rull, A., & Pancordo, F. J. (2012). *Suministro, distribución y evacuación interior de agua sanitaria* . Barcelona : MARCOMBO, S.A.
- Significados. (29 de noviembre de 2018). *Significado de Boro (B)*. Obtenido de significados: <https://www.significados.com/boro/>
- Smart Fertilizer. (12 de Febrero de 2020). *Soluciones nutritivas en hidroponía*. Obtenido de smart fertilizer: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/hydroponic-nutrient-solutions/>
- TFWARREN. (s.f). *WARREN GROUP*. Obtenido de <https://www.tfwarren.com/sp/tarsco-sp/aplicaciones/tanques-almacenamiento-aguas-residuales>

Toapanta Vera, M. I. (2009). *GRASAS y ACEITES*. Quito: ESPOL.

Ucha, F. (Marzo de 2013). *Aguas Negras*. Obtenido de Definición ABC:

<https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/aguas-negras.php>

Universidad de Riego. (25 de abril de 2019). *Universidad Internacional de Riego*. Obtenido de

[https://www.universidadderiego.com/la-conductividad-del-agua-de-](https://www.universidadderiego.com/la-conductividad-del-agua-de-riego/#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20es%20una,calidad%20del%20agua%20de%20riego)

[riego/#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20es%20una,calidad%20del%20agua%20de%20riego](https://www.universidadderiego.com/la-conductividad-del-agua-de-riego/#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20es%20una,calidad%20del%20agua%20de%20riego).

USAID. (2016). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad*.

Tegucigalpa (Honduras): United states agency international development (USAID).