



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL
LAVABO DE LA COCINA CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN
VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA,
CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

AUTORA: Estefanía Gabriela Peñaloza Mera

TUTOR: Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

AMBATO – ECUADOR
Marzo - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL LAVABO DE LA COCINA CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**, elaborado por la Srta. **Estefanía Gabriela Peñaloza Mera**, portadora de la cedula de ciudadanía: C.I. 1804693537, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Estefanía Gabriela Peñaloza Mera, con C.I. 1804693537 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL LAVABO DE LA COCINA CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



Estefanía Gabriela Peñaloza Mera

C.I: 1804693537

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



Estefanía Gabriela Peñaloza Mera

C.I: 1804693537

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Estefanía Gabriela Peñaloza Mera de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL LAVABO DE LA COCINA CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

Miembro Calificador

Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico los éxitos de este trabajo principalmente a Dios por darme la vida, las fuerzas y la fe para realizarlo, a mis amados padres Luis Peñaloza y María Mera que han sido mi apoyo fundamental en cada paso de mi vida, con su amor me han inculcado valores morales y me han heredado el bien más importante, la fe en Cristo, para poder amar la vida y la educación para poder defenderme cada día.

Dedico de todo corazón este trabajo a mi amado esposo, colega, mejor amigo, compañero de vida Francisco Espinosa que siempre ha estado y está a mi lado dándome su apoyo, ayudándome en mis debilidades y especialmente regalándome su alegría y amor incondicional, ese mismo amor que juntos compartimos hacia nuestro Padre amado Dios.

De manera muy especial debo mencionar que en este tiempo que Dios me ha regalado una hermosa hija, ella me ha regalado muchas alegrías y me ha enseñado a amar de una manera sobrenatural, motivo por el cual dedico los éxitos de este trabajo a mí Danna Isabella; de la misma manera dedico este esfuerzo a mis pequeñas hermanas María José y Paula que me han visto como su ejemplo a seguir y nunca han dudado de mí; a mis amados abuelitos, que con su ternura inspiran recuerdos amables que me ayudan a ser una mejor persona; y como no dedicar este triunfo a mis queridos maestros de la facultad, mismos que me han ayudado a escalar semestre a semestre brindándonos a cada uno de sus estudiantes el amor hacia la carrera e impulsándonos a ser excelentes profesionales; a mis amigos, colegas de la FICM con los cuales hemos vivido gratos momentos, pues la universidad se convirtió en nuestro segundo hogar.

Estefanía Peñaloza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato que ha sido el campo que me ha brindado los conocimientos necesarios para formarme tanto profesional como éticamente, el apoyo profesional de mi tutor, Ing. Mg. Diego Chérrez que me ha brindado sus conocimientos en el transcurso de este proyecto.

Agradezco de manera especial a todos los ingenieros que conforman mi querida Carrera de Ingeniería Civil, cada uno con su manera de enseñar me han ayudado a escalar como alumna para ayudarme a ser una profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACION	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	6
1.1.3 Fundamentación Teórica	8
1.1.3.1 Demanda total en los hogares	8
1.1.3.2 Aguas residuales	9
1.1.3.3 Criterios de Calidad de Agua	9
1.1.3.4 Principales Contaminantes del agua.	10
1.1.3.5 Tratamiento de aguas residuales	13
1.1.3.6 Tipos de sistema de tratamiento de aguas residuales	13
1.1.3.7 Procesos de remoción de contaminantes que se presentan al pasar el agua por los diferentes sistemas de tratamiento	14
1.1.3.8 Reúso de aguas residuales y su influencia en la salud humana	14
1.1.3.9 Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola	14

1.1.3.10 Tecnologías de tratamiento recomendadas para reusar las aguas en riego agrícola	15
1.1.3.11 Normativas Internacionales de calidad sanitaria, agronómica y ambiental	16
1.1.3.12 Normativas Nacionales de calidad sanitaria, agronómica y ambiental	18
1.1.3.13 Sistemas de tratamiento de agua residual	21
1.1.3.13.1 Trampa de grasas	21
1.1.3.13.2 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)	23
1.1.3.14 Materiales utilizados como medios filtrantes	25
1.1.3.14.1 Semilla de Moringa Oleífera	25
1.1.3.14.2 Roca de lava triturada	26
1.1.3.14.3 Roca o arena de Sílice (Diatomita)	30
1.1.4 Hipótesis	33
1.2 Objetivos:	33
1.2.1 Objetivo General	33
1.2.2 Objetivos Específicos	33
CAPÍTULO II	34
METODOLOGÍA	34
2.1 Materiales	34
2.1.1 Características constructivas	36
2.1.1.1 Alternativa 1 (Almacenamiento + T. grasas + FAFA)	36
2.1.1.2 Alternativa 2 (Almacenamiento 1 + Sistema en serie + Almacenamiento 2)	41
2.2 Métodos	42
2.2.1 Campo	42
2.2.2 Oficina	54
2.2.2.1 Dotación	54
2.2.2.2 Alternativa 1	56
2.2.2.3 Alternativa 2	64
2.2.3 Análisis de agua y toma de muestras	67
CAPÍTULO III	71
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
3.1 Análisis y discusión de los resultados.	71
3.1.1 Análisis de la muestra de aguas grises procedentes del lavabo de la cocina	71

3.1.2 Análisis de la muestra – Alternativa 1 _____	73
3.1.3 Análisis de la muestra – Alternativa 2 _____	76
3.1.4 Análisis comparativo: muestra de agua sin tratar vs. alternativas 1 y 2 _____	79
3.1.5 Análisis comparativo: muestra de agua sin tratar vs. alternativa 1 _____	80
3.1.6 Análisis comparativo: muestra de agua sin tratar vs. ALTERNATIVA 2 _____	82
3.1.7 Análisis comparativo de la muestra de agua procedente de la Alternativa Vs Alternativa 2 (Porcentaje de remoción) _____	84
3.1.8 Análisis de los resultados obtenidos de la alternativa 1 y 2, con la tabla 3. TULSMA 2015 _____	86
3.1.9 Análisis de los resultados obtenidos de la alternativa 1 y 2, con la tabla 8. TULSMA 2015 _____	88
3.1.10 Análisis de los resultados obtenidos de la alternativa 1 y 2, con la tabla 9. TULSMA 2015 _____	90
3.2 Verificación de hipótesis _____	92
CAPITULO IV. _____	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	93
4.1 Conclusiones _____	93
4.2 Recomendaciones _____	97
BIBLIOGRAFÍA _____	98
ANEXOS _____	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Demanda total de agua en los hogares según el MINVU	8
Figura 2. Consumo de agua diario por persona según actividad - Ecuador	8
Figura 3. Trampa de grasas simple.....	21
Figura 4. Trampa de grasas con depósito de acumulación de grasas	22
Figura 5. Detalles constructivos de un FAFA –Vista en planta de superficie y fondo .	23
Figura 6. Detalles constructivos de un FAFA –Vista longitudinal y transversal	24
Figura 7. Eficiencia de eliminación de DQO, DBO5, COT, COD y TSS durante el tratamiento de aguas grises por un filtro de roca de lava triturada después del período de maduración con una carga hidráulica que varía de (HLR = 0.5- 1.1 m d-1)	28
Figura 8. Eficiencia de eliminación de DQO, DBO5, COT, COD y TSS durante el tratamiento de aguas grises por un filtro de roca de lava triturada después del período de maduración con una carga hidráulica constante de 0.39 m d-1.....	28
Figura 9. Eficiencia de eliminación de nutrientes durante el tratamiento de aguas grises después del período de maduración con una carga hidráulica que varía (HLR = 0.5- 1.1 m d-1).....	29
Figura 10. Eficiencia de eliminación de nutrientes durante el tratamiento de aguas grises después del período de maduración con una carga hidráulica constante (HLR = 0.39 m d-1).	29
Figura 11. Vista transversal - Esquema de Alternativa 1 (Accesorios, materiales y medidas) OPS.....	40
Fuente: Estefanía Peñaloza	40
Figura 12. Vista en planta – Esquema de Alternativa 1 (Accesorios, materiales y medidas) OPS.....	40
Figura 13. Ubicación geográfica de la Comunidad Santa Fe de la Parroquia Atahualpa (Chisalata) 43	
Figura 14. Resultados obtenidos en la pregunta 9.	45
Figura 15. Resultados obtenidos en la pregunta 9, acerca de la utilización del agua de regadío 46	
Figura 16. Resultados obtenidos en la pregunta 11, acerca de los usos del lavabo de la cocina. 47	
Figura 17. Resultados obtenidos en la pregunta 12, acerca del horario de uso del lavabo de la cocina	48

Figura 18.	Resultados obtenidos en la pregunta 13 acerca del tiempo que se utiliza el lavabo de la cocina.	49
Figura 19.	Sistema de tratamiento Alternativa 1	56
Figura 20.	Sistema de tratamiento – Alternativa 2	64
Figura 21.	Vista transversal – Volumen tanque de almacenamiento	57
Figura 22.	Vista en planta – Volumen.....	57
Figura 23.	Vista transversal – Trampa de grasas (OPS).....	60
Figura 24.	Vista en planta – Trampa de grasas (OPS).....	60
Figura 25.	Vista transversal y en planta – filtro FAFA	63
Figura 26.	Vista Transveral – volumen tanque de almacenamiento.....	65
Figura 27.	Vista en Planta – Volumen tanque de almacenamiento	65
Figura 28.	Diseño de planta de tratamietno – Alternativa 2 (Katukiza).....	66
Figura 29.	Lecho filtrante – Katukiza.....	66
Figura 30.	Comparación de los parámetros del agua gris sin tratar con el TULSMA 2015	72
Figura 31.	Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la alternativa 1 (T. Grasas + filtro FAFA) con el TULSMA 2015	74
Figura 32.	Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la con la alternativa 2 (Filtro en serie - Katukiza) con el TULSMA 2015	77
Figura 33.	Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. ALTERNATIVA 1.....	81
Figura 34.	Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. alternativa 2.	83
Figura 35.	Porcentajes de comparación Alternativa 1 vs. Alternativa 2.	84
Figura 36.	Porcentajes de comparación Alternativa 1 vs. Alternativa 2.	85
Figura 37.	Análisis de las plantas de tratamiento 1 y 2, y su eficacia para poder ser reutilizada como agua de riego	86
Figura 38.	Análisis de las plantas de tratamiento 1 y 2, y su eficacia para poder ser descargada al sistema de alcantarillado, ayudando al medio ambiente	88
Figura 39.	Análisis de las plantas de tratamiento 1 y 2, y su eficacia para poder ser descargada al sistema de alcantarillado, ayudando al medio ambiente	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Compuestos químicos importantes en el reúso de agua residual en la agricultura	11
Tabla 2.	Clasificación del agua según su composición por Benefield y Randall	12
Tabla 3.	Contaminantes biológicos del agua residual	12
Tabla 4.	Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura	16
Tabla 5.	Recomendaciones para la reutilización de aguas residuales en riego agrícola	16
Tabla 6.	Reutilización de aguas residuales para uso agrícola	17
Tabla 7.	Criterios de calidad de agua de uso agrícola o de riego	18
Tabla 8.	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	19
Tabla 9.	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	20
Tabla 10.	Resultados promedios después de la aplicación de la semilla Moringa oleífera	25
Tabla 11.	Características de la roca de lava triturada	26
Tabla 12.	Composición elemental y química de la roca de lava triturada	26
Tabla 13.	Características de arena de sílice utilizado en el tratamiento de aguas grises	31
Tabla 14.	Eficiencia de eliminación de varios parámetros después del período de maduración durante el tratamiento de aguas grises por columnas de filtro idénticas en paralelo.	32
Tabla 15.	Materiales planta de tratamiento piloto 1	34
Tabla 16.	Materiales planta de tratamiento piloto 2	35
Tabla 17.	Equipo	35
Tabla 18.	Distribución normal	43
Tabla 19.	Dotación de agua obtenida de la vivienda 1	50
Tabla 20.	Dotación de agua obtenida de la vivienda 2	51
Tabla 21.	Dotación de agua obtenida de la vivienda 3	52
Tabla 22.	Dotación de agua obtenida de la vivienda 4	53
Tabla 23.	Resumen de la toma de datos de la dotación	54

Tabla 24. Actividades para las cuales se utiliza el lavabo de cocina.....	55
Tabla 25. Unidades de gasto (p) de los aparatos sanitarios que descargan a la trampa de grasa.	58
Tabla 26. Comparación de los parámetros del agua gris sin tratar con el TULSMA 2015	71
Tabla 27. Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la alternativa 1 (T. Grasas + filtro FAFA) con el TULSMA 2015	73
Tabla 28. Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la alternativa 2 (Filtro en serie - Katukiza) con el TULSMA 2015	76
Tabla 29. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. la alternativa 1 y 2.....	79
Tabla 30. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar con la alternativa 1	80
Tabla 31. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. alternativa 2.....	82
Tabla 32. Porcentajes de comparación Alternativa 1 vs. Alternativa 2.....	84

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación[1].	Tamaño de muestra	42
Ecuación[2].	Tamaño de muestra aproximado	42
Ecuación[3].	Dotación	54
Ecuación[4].	Dotación media actual	54
Ecuación[5].	Volumen útil.....	57
Ecuación[6].	Caudal máximo OPS	58
Ecuación[7].	Volumen trampa de grasas	59
Ecuación[8].	Largo trampa de grasas.....	59
Ecuación[9].	Relación largo ancho – trampa de grasas	59
Ecuación[10].	Volumen útil del FAFA.....	61
Ecuación[11].	Área transversal FAFA.....	62
Ecuación[12].	Volumen útil - almacenamiento	65

RESUMEN

Se procedió con la realización de una encuesta, para los habitantes de las viviendas unifamiliares (MIDUVI) del sector elegido, cuyas preguntas fueron útiles para la eficacia del diseño de las alternativas propuestas.

Se incluyó un tanque de almacenamiento para el agua gris sin tratar, y otro para el agua tratada en las dos alternativas.

La primera se basa en un sistema de tratamiento de aguas residuales compuesto principalmente por una trampa de grasas y un filtro FAFA (Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente), cuyos diseños, construcción y funcionamiento han sido determinados en base a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA); para la parte experimental se ha utilizado como lecho filtrante los siguientes materiales: semilla de moringa y roca de lava triturada (diámetro: 5 cm), y roca redondeada (diámetro: 5 a 10 cm – OPS).

La segunda consiste en un sistema de tratamiento propuesto por Katukiza, se trata de un filtro en serie de arena de sílice (diatomeas) y roca de lava triturada (diámetro: 0.5 – 1 cm), con bases de grava (diámetro: 1 cm); su diseño y construcción es más sencillo y menos costoso.

Las muestras de agua sin tratar y tratada por las alternativas, fueron analizados en el laboratorio de control de calidad de EMAPA (comparando con el TULSMA), los cuales demostraron que tanto la alternativa 1 y 2 han sido capaces de remover cantidades apreciables de (aceites y grasas, DBO5, DQO, material flotante, nitritos, pH y sulfatos), sin embargo, la alternativa 2 mostró un mejor desempeño.

Palabras clave: trampa de grasas, filtro, roca de lava, agua gris, riego.

ABSTRACT

The present project aims to implement two alternative techniques capable of purifying and removing pollutants present in the gray water coming from the kitchen sink of a single-family home, in order to analyze whether the water treated by these systems is capable of being reused.

First, the sector to work was chosen: Area of Santa Fe, Atahualpa Parish, Ambato district, Tungurahua Province. Consequently, a survey was carried out for the inhabitants of the single-family dwellings (MIDUVI) in the chosen sector, where questions were useful for the effectiveness of the design of the proposed alternatives.

The first technique is based on a wastewater treatment system composed mainly of a grease trap and a FAFA filter (Up flow Anaerobic Filter); whose designs, construction and operation have been determined based on the Pan-American Health Organization. (OPS) and the Salvadoran Association of Engineers and Architects (ASIA); as an experimental part we used materials such as: crushed lava rock (diameter: 5 cm), rounded rock (diameter: 5 to 10 cm - regulated in the OPS) and crushed moringa seed. This treatment system will include a storage tank for raw gray water, and a storage tank for treated water when leaving the system.

The second alternative consists of a treatment system proposed by Katukiza, it is a series filter of silica sand (diatoms) and crushed lava rock (diameter: 0.5 - 1 cm), with gravel bases under each material (diameter: 1 cm); Its design and construction is easier and less expensive, this treatment system will include a storage tank for raw gray water, and a storage tank for treated water leaving the system.

The results of the raw water sampling, together with the results of the water treated by alternative 1 and 2, were analysed in the EMAPA quality control laboratory (SAE accreditation), which showed that both alternative 1 and 2 have been able to remove appreciable amounts of oils and fats, BOD5, COD, floating material, nitrites, pH and sulphates; however, alternative 2 showed a better performance.

Keywords: grease trap, filter, lava rock, gray water, irrigation.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

Siendo el agua el principal recurso vital que se encuentra en la Tierra, conformando aproximadamente un 70% del volumen total del planeta. De este porcentaje el 97.39% es agua salada perteneciente a los mares y océanos; el 2.01% es agua dulce en estado sólido formando grandes capas de hielo, que cada vez se reducen por el calentamiento global y tan solo el 0.003% se encuentra aprovechable para el consumo humano. [1]

Teniendo en cuenta el porcentaje disponible para su consumo y sumándole su inadecuada distribución y desperdicio, se considera al agua como un producto vital escaso, con el fin de cumplir con los objetivos planteados, se ha investigado información útil en artículos científicos, tesis doctorales y normas recopilando información clave para el diseño de un buen sistema filtrante:

Según la ONU, cerca de 1.2 billones de personas no tienen acceso al agua potable, aunque existen lugares con disponibilidad de agua, esta se encuentra con un alto nivel de contaminación, aumentando la vulnerabilidad de los seres humanos, a las enfermedades que se pueden contraer debido al agua no potabilizada.[1]

Pochat menciona que los métodos de urbanización, industrialización y agricultura, utilizan una gran cantidad de agua, reduciendo significativamente los caudales de los ríos y las recargas de acuíferos. La falta de políticas para tratamiento de aguas residuales en Sur América ha generado una gran cantidad de residuos líquidos que son vertidos en cuerpos de agua receptores y en el suelo, creando contaminación ambiental, alto costo social y afectaciones a la salud pública.

Balletero Arrollo y Mejía indican que en América Latina tan solo el 20% de las aguas residuales son tratadas, algunas ciudades de la región cuentan con programas de inversión para el tratamiento de aguas residuales, siendo Ciudad de México, Caracas, Bogotá, Lima, Buenos Aires y Santiago lugares donde se ha tomado como iniciativa el control de la contaminación en afluentes superficiales y subterráneos. Mientras que en Ecuador el tratamiento de aguas residuales es casi nulo, apenas un 7% a nivel nacional.

Ramalho considera que el origen de las aguas residuales ocurre cuando el agua atraviesa procesos antrópicos, cambiando su composición física, química y biológica.

De acuerdo a su origen las aguas residuales contienen altas cargas de materia orgánica e inorgánica de distinta composición que parten desde nutrientes hasta sustancias tóxicas y peligrosas. Siendo esta la razón por la cual las aguas residuales necesitan de un tratamiento físico, químico o biológico para su reutilización y aprovechamiento en actividades económicas y sociales, y a su vez brindando un gran ahorro del recurso hídrico, un sistema ecológicamente sustentable y el cumplimiento de los parámetros de calidad para mantener la salud pública. [2]

Las aguas residuales se clasifican en aguas negras y grises, el presente proyecto se concentrará en la segunda, en las aguas grises se encuentran contaminantes orgánicos difícil de eliminar, o que su remoción resulte muy costosa, pero para el caso del presente proyecto como es el de una vivienda unifamiliar autosustentable, que busca incorporarse en el estilo de vida de la población no resultaría conveniente este tipo de procesos; planteando la implementación de un sistema de reutilización de agua, a base de un filtro que contenga materia prima que pueda ser encontrada en la misma zona, asequibles, de buena calidad y con propiedades absorbentes, que permitan la limpieza, purificación y la reutilización de esta agua.

Entre los materiales que pueden ser utilizados para la filtración en el tratamiento de aguas residuales se ha estudiado la roca de lava triturada, elemento extraído de las colinas volcánicas del distrito de Kisoro (suroeste de Uganda África), es decir está disponible en la zona de estudio, tiene una mayor superficie específica en comparación con la arena y grava, con características químicas que mejoran su idoneidad como medio en los sistemas de filtro. La eliminación de contaminantes con roca de lava triturada se consiguió con una eficiencia constante de eliminación de DQO y DOC, correspondientemente, 90% y 70% después de 35 días de operación del filtro, después del período de maduración se obtuvo una eficiencia de eliminación de DQO y SST de, respectivamente 85.9 % y 87.5 %; en cuanto a la eliminación de nutrientes, se ha eliminado TKN (concentración total de nitrógeno orgánico y amoníaco) en un 65%, las mayores eficiencias de eliminación de nitratos, fueron, respectivamente, 68 % y 87

%, TP (total de fósforo) con una remoción total de 83 %, por último este material procedente del volcán también es capaz de eliminar microorganismos como el E. coli, Salmonela y coliformes totales. Otros minerales y rocas utilizados para la depuración del agua residual y fluentes industriales son las diatomitas (roca de sílice o dióxido de sílice), pumita, perlita, zeolitas y arcillas especiales; las diatomitas son rocas poco consolidadas, porosas (hasta un 90%) y ligeras (0.5 – 1 de densidad) son utilizados tanto para la filtración de partículas en suspensión, a nivel molecular y atómico, así como para la decoloración de aguas turbias y purificación de productos químicos y farmacéuticos

Las virutas de madera y fibras orgánicas cuya fórmula es determinada por las características del efluente a tratar, del mismo modo con propiedades capaces de absorber y adsorber diferentes sustancias contaminantes y de favorecer la implantación de microorganismos que puedan degradarlas, al ser incorporado en un sistema filtrante puede tener aproximadamente una vida útil de 5 años y posteriormente puede ser utilizado como mejorador de suelos agrícolas.

La turbidez es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua, una de las técnicas más usadas para la desestabilización de impurezas coloidales y disueltas es la coagulación, produciendo de esta manera flóculos de gran tamaño que pueden ser removidos por filtración. Entre los coagulantes químicos utilizados se tiene el sulfato de aluminio, sulfato férrico y polielectrolitos sintéticos para eliminar la turbidez al máximo, pero estudios indican que los residuos del primero pueden producir enfermedades neurodegenerativas, según investigaciones el aluminio absorbido por el cuerpo se acumula en varios tejidos como el hígado, huesos, cerebro, además interfiere en el transporte del hierro provocando anemia, también disminuye la absorción de calcio produciendo dolores, deformaciones y fracturas en los huesos, razón por la que todos estos compuestos químicos pueden ser reemplazados por coagulantes naturales como es el caso de la corteza de cactus, la semilla de moringa. La semilla de moringa presenta actividad antimicrobiana frente a hongos y bacterias, su gestión bactericida asegura su uso en la potabilización del agua, contribuyendo eficazmente con la purificación de la misma, además debido a su origen natural es una excelente alternativa para la eliminación de la turbidez y color del agua.[1]

Ecuador siendo un país rico en minerales, rocas, vegetación, todos estos necesarios para la elaboración de esta nueva tendencia de adaptación de filtros en las viviendas, facilitando de esta manera la selección de los materiales que cumplan con las mejores características (medios porosos, baja densidad, absorbentes, adsorbentes,) capaces de devolver un efluente con buena calidad físico – química y bacteriológica.

Uno de los factores que influye significativamente para la limpieza del agua no es solo la utilización de materiales filtrantes, sino que es muy necesario tomar en cuenta los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales como trampa de grasa, tanque séptico, filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), pozos de absorción, zanjas de infiltración, entre otros. En el presente proyecto se hará énfasis en el diseño y construcción de trampa de grasas y filtro FAFA, los cuales brindan procesos importantes como la sedimentación, que ayuda a reducir en porcentajes representativos la concentración de DQO 51 %, DBO5 26.5 % y concentración de TSS 59.5 %, además en el proceso de sedimentación, también por flotación se puede reducir óptimamente la concentración de aceites y grasas en 71 %, mientras que para el control de parámetros químicos y bacteriológicos no se obtuvieron cambios importantes, pero estos son controlados por los materiales filtrante [3] y [4].

De la implantación de un buen sistema de filtración depende la calidad del efluente que produzca, siendo así se podrá determinar si este deberá o no ser reusado posteriormente en regadío (jardines), agricultura, lavado, recarga de mantos freáticos o si es posible el efluente obtenido puede ser descargado en lagos y ríos, evitando afectar la calidad de agua del cuerpo receptor. [5]

El primer sistema filtrante diseñado consta de una trampa de grasas (pretratamiento), cuya función es atrapar los flotantes, natas compuestas por aceites provenientes del lavado de platos, su utilización no es necesaria para viviendas individuales, pero en este caso se incluirá en el sistema, así mismo se incluirá un filtro FAFA (tratamiento avanzado) basados en la Norma ASIA-OPS.[6]

La segunda alternativa filtrante propuesta en el siguiente proyecto, es de Katukiza, quien propone un filtro con una filosofía de diseño en serie para servir a un promedio de 7 personas, hecho de material plástico para evitar la oxidación, este diseño es de dos pasos, es decir de dos filtros consecutivos, tiene la finalidad de proporcionar en el

filtro número uno, un tratamiento primario del agua gris asentada y el filtro número dos, puede proporcionar un tratamiento secundario, estipulando a través de muestreo que dos filtros separados proporcionan una zona aeróbica más larga. [3] y [7].

1.1.2 Justificación

En el mundo, la dotación de agua potable no ha dejado de ser un problema, que va desde las zonas urbanas hasta las zonas rurales. Desde la antigüedad ya se sufría con la poca disponibilidad de este bien natural, ya sea por falta de sistemas de captación o potabilización, o porque lamentablemente no todos los países del Mundo han tenido la disponibilidad de brindar suficiente agua para mantener una calidad de vida digna. A mediados del presente siglo, un aproximado de 7000 millones de personas en 60 países sufrían escasez de agua, y en el mejor de los casos 2000 millones de personas en 48 países. Hoy en día se estima que el cambio climático será responsable de alrededor del 20% de la escasez global de agua, razón por la cual se está creando conciencia en la población a nivel mundial en los últimos años [8].

Las aguas residuales domésticas no tratadas con el fin de ser optimizadas, han sido utilizadas durante más de 200 años en varios países para riego agrícola, esta práctica ha aumentado notablemente la productividad del terreno debido a los elevados contenidos de nutrientes orgánicos para las plantas, pero a su vez, ha ido incrementando notablemente las enfermedades gastrointestinales como resultado de los patógenos contenidos en este tipo de aguas, causando verdaderos problemas a la salud pública especialmente, en la población infantil. El riego con estas aguas constituye una importante fuente de agentes patógenos como bacterias, virus, protozoarios y helmintos (lombrices) causantes de enfermedades gastrointestinales en humanos.[9]

Por lo tanto para preservar, tratar y cuidar el agua, una de las alternativas impulsada es el enfoque del derecho humano al agua, así en la resolución a/64/292 de la Asamblea General de la ONU, se declara claramente “el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos” [8] y [10], por lo que el ser humano y la naturaleza en sí se verán beneficiados en la medida que se disminuya el consumo de agua y exista un compromiso por parte de la ciudadanía de conservar este líquido, en base a esta problemática se busca implementar técnicas de reutilización de agua. Definiendo de este modo, el consumo sustentable del agua: “el uso de agua que permite sostener a una sociedad para que perdure y se desarrolle en un futuro indefinido sin alterar la integridad del ciclo hidrológico y de los sistemas que dependan de él ” [8]

Buscando el bien común, se añaden varios indicadores sustentables, tales como: acceso al agua segura, acceso a instalaciones sanitarias adecuadas, conexiones domiciliarias, precio del agua, consumo del agua, y aguas residuales tratadas, este último compete a la siguiente investigación, contempla una infraestructura de calidad, amigable con el ambiente y también aportará al sistema económico del país.[11]

A nivel local una de las mejores opciones es la instalación de un sistema de tratamiento de agua residual, diseñado para garantizar la calidad de agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad sanitaria estará determinada por las concentraciones de parásitos, constituidos por huevos de helmintos y los coliformes fecales como indicador de los niveles de bacterias, así como virus causantes de enfermedades. La calidad agronómica debe tener en cuenta las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, potasio, fósforo y oligoelementos), así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad, cantidades excesivas de boro y metales pesados. La calidad ambiental abarca los indicadores antes mencionados y otros. En la práctica, estará más relacionada con las concentraciones de sólidos, materia orgánica, nutrientes y elementos tóxicos que pueden generar impactos negativos al efluente.

Un tratamiento eficiente de las aguas residuales (grises), depende de un estricto cumplimiento de las normas establecidas por los organismos nacionales e internacionales para su reúso en riego agrícola (TULSMA), en esta normativa se establecen los parámetros físico – químicos y bacteriológicos que debe cumplir el agua que acaba de ser tratada para poder ser usada para riego. [6] A su vez es importante tener un adecuado nivel de información técnico sanitaria de todos los factores que intervienen en el proceso constructivo de los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales para zonas rurales, teniendo en cuenta el correcto dimensionamiento y la utilización correcta de los accesorios sanitarios propuestos en la normativa (OPS, para el diseño del sistema de la planta de tratamiento). [6] y [9]

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Demanda total en los hogares

Se conoce que, en la demanda total de los hogares, el consumo directo de agua potable representa únicamente el 2 por ciento, mientras que un 60 a 64 por ciento de agua está destinada para funciones como baños y servicios, y un porcentaje de 30 a 35 para el uso en la cocina (GEA, 2015). [12]

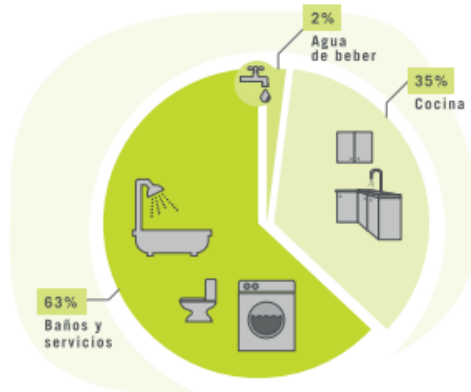


Figura 1. Demanda total de agua en los hogares según el MINVU

Fuente: [12]

%	Ocupación
2.7	Beber y cocinar
2.7	Otros
4.1	Limpieza
4.8	Jardín
6.2	Higiene personal
6.2	Lavado platos
12.3	Lavado ropa
29.5	Ducha
31.5	Baño

Figura 2. Consumo de agua diario por persona según actividad - Ecuador

Fuente [13]

A través de estos antecedentes se puede apreciar la importancia en que los habitantes tengan un uso y manejo responsable del agua, proponiendo soluciones sencillas y tecnologías innovadoras que garanticen el uso eficiente de la misma.

1.1.3.2 Aguas residuales

Aguas que han recibido un uso y cuya calidad ha sido afectada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor. Son de dos tipos: Ordinario y Especial.

Agua residual de tipo Ordinario: Generada por actividades las domésticas de los seres humanos, siendo estas: uso de servicio sanitario (aguas negras), lavatorios, lavabo de ropa, fregaderos y duchas (aguas grises). [6]

Aguas grises. Pueden definirse como efluentes residuales domiciliarios que provienen de duchas, lavabo de manos, de lavado de ropa, alimentos y vajilla (lavabo de cocina). De acuerdo a su origen este líquido acarrea una significativa carga microbiana cuyas características dependerán de las actividades domésticas desarrolladas en la comunidad. En estas aguas la carga contaminante es menor que en los líquidos cloacales, pero aun así se ha detectado microorganismos de contaminación fecal que indica la presencia de enteropatógenos. El agua gris de igual manera puede contener patógenos introducidos por la manipulación de alimentos como Salmonella y bacterias resistentes a antibióticos, de origen humano o animal [14]

Agua residual de tipo Especial: Generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias.[6]

Medidas de concentración en aguas residuales (AR).

Alrededor del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de una muestra de agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica (Metcalf & Eddy, 1995). Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como las actividades humanas relacionadas con las síntesis de compuestos orgánicos.

1.1.3.3 Criterios de Calidad de Agua

Existen diferentes tipos de agua y su calidad ha sido evaluada a partir de variables físicas, químicas y biológicas, valoradas de forma local y global.

Según Orozco et all., los parámetros *físico-químicos* proporcionan una información amplia de la naturaleza de las especies químicas presentes en el agua y sus propiedades físicas, sin contribuir con información de su influencia en la vida acuática; los *métodos biológicos* aportan esta información, pero no indican evidencia alguna del contaminante o los contaminantes responsables. [15]

1.1.3.4 Principales Contaminantes del agua.

Los contaminantes del agua en función a la calidad o las características del agua se clasifican en físicos, químicos y biológicos.

Contaminantes de características químicas: Deben su origen a contaminantes orgánicos e inorgánicos

Contaminantes Orgánicos: Dan como resultado la disminución de oxígeno, producto de la degradación biológica de los compuestos

Contaminantes Orgánicos Biodegradables: Son sustancias químicas que pueden ser utilizadas como sustrato por microorganismos que las emplean para producir energía (por respiración celular), creando otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. Entre los compuestos biodegradables están: desechos orgánicos urbanos, papel, hidrocarburos totales del petróleo, solventes, explosivos, clorofenoles, plasticidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos, residuos de plantas industriales.

Contaminantes Inorgánicos Biodegradables: Es el resultado de un posible efecto tóxico. La degradación biológica de sustancias orgánicas produce ácidos grasos, carbohidratos, aminoácidos e hidrocarburos; las sustancias inorgánicas en el caso de metales tóxicos, de material particulado como arcillas, sedimentados, y de microorganismos como bacterias y protozoos.

Principales características químicas a analizar

pH. Es una escala que revela la calidad del agua, midiendo su acidez o alcalinidad. La medición de pH va en una escala de 0 a 14 siendo 7.0 neutro. Las soluciones con un pH menor a 7 se consideran ácidas. Las soluciones cuyo pH supera el 7.0 son llamadas alcalinas. El agua superficial en estado natural tiene un pH que oscila entre 6 y 8.

Demanda química de oxígeno (DQO). Es uno de los parámetros más efectivos en el control de la calidad del agua; forma la cantidad de oxidante químico que se necesita para poder oxidar los materiales contenidos en el agua y se expresa en mg de O_2/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 et al. 20009) [16]

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Se usa para determinar la cantidad de oxígeno solicitado para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua, siendo el resultado de la acción de la oxidación aerobia (Ramalho, 2003). En condiciones normales de laboratorio la DBO se determina a una temperatura de 20°C en un tiempo de 5 días, sus resultados son expresados en mg de O_2/l , y es conocido como DBO_5 . Este procedimiento fue acogido en 1936 por la Asociación Americana de la Salud Pública, y hasta la actualidad ha permanecido como un indicador de la contaminación. La DBO es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (negras y grises), como también en el control del agua potable. [17]

Tabla 1. Compuestos químicos importantes en el reúso de agua residual en la agricultura

<i>Compuesto</i>	<i>Parámetros que se mide</i>	<i>Efecto</i>
Sólidos suspendidos	SST, SSV y SSF	Los contaminantes orgánicos, metales pesados se adsorben sobre las partículas. La materia suspendida protege a los microorganismos de los agentes desinfectantes. Cantidades excesivas de SS taponan los sistemas de irrigación
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO, COT	Problemas estéticos y negativos. La materia orgánica es alimento para los microorganismos, afecta negativamente los procesos de desinfección.
Nutrientes	Nitrógeno, fósforo y potasio	Cuando el agua que contiene estos nutrientes se descarga a cuerpos receptores favorece el indeseable crecimiento de vida acuática. Cuando se aplica en exceso al suelo, el nitrógeno puede generar concentraciones elevadas como nitratos en el agua subterránea.
Orgánicos tóxicos	Compuestos específicos (pesticidas, hidrocarburos clorados)	Muchos de estos compuestos son difícilmente biodegradables y tóxicos al ambiente Su presencia en aguas tratadas puede limitar el uso de estas en riego.
Concentración de iones (hidrógeno)	Ph	El Ph del agua afecta los procesos de desinfección, coagulación, solubilidad de los metales y la alcalinidad de los suelos.
Metales Pesados	Elementos específicos (Cd, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb y Hg)	Algunos metales pesados se acumulan en el ambiente y son tóxicos para plantas y animales
Inorgánicos disueltos	Sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, elementos específicos (Na, Ca, Cl, B)	La salinidad excesiva puede dañar a las cosechas. Iones específicos como el sodio, cloruros y el boro son tóxicos a algunas cosechas. El sodio puede afectar la permeabilidad de los suelos.
Compuestos orgánicos	Hormonas naturales, alquifenoles, productos de cuidado personal, medicamentos, entre otros	Algunos son tóxicos en el medio ambiente y pueden generar resistencia bacteriana.
Cloro residual	Cloro libre o combinado	Concentraciones excesivas de cloro disponible pueden afectar las hojas y dañar ciertos cultivos

Fuente: [18]

Contaminantes de características físicas

Contaminación térmica. Al aumentar la temperatura, disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta la solubilidad de las sales, a su vez se amplifica la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción, por lo que se considera como temperatura óptima del agua para **beber** entre 10°C y 14°C.

La temperatura de las aguas residuales tiende a ser mayor en comparación al agua potable, como consecuencia de la mezcla con agua caliente proveniente de uso doméstico. [19]

Sólidos disueltos totales. Son la suma de minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H₂O) molécula de agua pura y sólidos en suspensión.

Sólidos. El agua residual contiene sólidos disueltos, sólidos sedimentables (partículas grandes que por gravedad se trasladan al fondo de tanques receptores) y sólidos en suspensión (basura, residuos vegetales, etcétera, que flotan en el agua).[20]

Tabla 2. Clasificación del agua según su composición por Benefield y Randall

Criterio (mg/L)	Clasificación		
	Excelente	Aceptable	Fuertemente contaminado
Demanda bioquímica de oxígeno	3	6 DBO5 30	120
Demanda química de oxígeno	10	20 DQO 40	200
Sólidos suspendidos totales	25	75 STT 150	400

Fuente: [21]

Contaminantes de características biológicas

Tabla 3. Contaminantes biológicos del agua residual

Biológicos	Bacterias	Salmonella typhi, leptospira, escherichia coli, yersinia, Vibrio cholerae, Shigella
	Virus	Adenovirus, rotavirus
	Hongos	Aspergillus fumigatus, candida albanicans.
	Helmitos	Ascaris lumbricoides, fasciola hepática, Taenia saginata, trichuris trichura.

Fuente: [21]

1.1.3.5 Tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento son diseñados con el propósito de eliminar residuos sólidos, materia orgánica, microorganismos patógenos, entre otros elementos. Los métodos de tratamiento en los que predomina la aplicación de fuerzas físicas, son conocidos como operaciones unitarias, y aquellos que eliminan contaminantes mediante acciones químicas-biológicas se los denomina procesos unitarios. Las operaciones y procesos unitarios se agrupan para conformar lo que se conoce como tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario.

1.1.3.6 Tipos de sistema de tratamiento de aguas residuales

Propio de viviendas o establecimientos que generen caudales de aguas residuales menores a 54.882 (*lt/día*)

Tratamiento Preliminar o Pretratamiento

- Trampa de grasas

Su función es atrapar tanto sólidos flotantes, como natas compuestas por aceites y grasas provenientes de los lavabos, se utiliza exclusivamente para establecimientos donde se prepara grandes cantidades de comida, su uso en viviendas unifamiliares tiende a ser opcional, tiene como objetivo acondicionar el agua residual para ser tratada en las etapas consecutivas.

Se considera como la forma más simple y económica para la eliminación de aceites y grasas, basándose en el principio del sifón, aprovechar su flotabilidad (flotantes retenidos en la superficie del líquido).

Tratamiento primario y secundario

Los tanques sépticos, tiene su ocupación en la clarificación de las aguas residuales, a través de la retención de flotantes, natas formadas por aceites y grasas, es decir están destinados a remover los sólidos de menor tamaño de los que se retiene en el tratamiento preliminar, como de la retención de sólidos sedimentables, para su estabilización o digestión anaeróbica. [6]

Tratamiento secundario (avanzado)

Engloba a los reactores o biodigestores anaerobios, en este paso debido al caudal pequeño a tratar (menor de 54.882 *lt/día*), se utiliza o recomienda la utilización de un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), complementando los tratamientos anteriores.

- Flujos Anaerobios de Flujo Ascendente

Utilizado como sistema de tratamiento secundario complementario a los producidos por una fosa séptica, se requiere su uso para sistemas en los que no exista posibilidad de instalar un sistema de adsorción.

Su principio es abastecer un sustrato mediante rocas u otro material; en el cual crece una capa que realiza un tratamiento biológico al paso del agua en forma ascendente (el agua se suministra por la parte baja del tanque), su principio consiste que a medida que asciende el agua, ocurre la degradación biológica y se crea un efluente con menor cantidad de carga orgánica, con remociones de hasta 70% a 80% de DBO_5 .

Tratamiento terciario

Se pretende que el agua salga lo más pura posible antes de ser descargada al medio ambiente, siendo su propósito eliminar cualquier constituyente del agua que no haya sido eliminado en los pasos anteriores, constituido por los sistemas de adsorción, los cuales comprenden franjas y pozos de adsorción; en caso de no existir condiciones de adsorción, se utilizan como sistemas complementarios a filtros intermitentes de arena y humedales.[6]

1.1.3.7 Procesos de remoción de contaminantes que se presentan al pasar el agua por los diferentes sistemas de tratamiento

Sedimentación

Cuando las partículas sólidas por tener mayor densidad que el agua, se trasladan al fondo del recipiente.

Flotación

Cuando el sólido posee menor densidad flotará en la superficie del agua y podrá ser removido con facilidad.

Filtración

El agua deberá atravesar un medio filtrante, que le permita retirar los contaminantes sólidos.

Lodos: Residuos sólidos que se producen en los procesos de sedimentación, flotación, descomposición y tratamiento de las aguas residuales

1.1.3.8 Reúso de aguas residuales y su influencia en la salud humana

La implementación del reúso de aguas residuales para usos residenciales, ornamentales y de riego principalmente, pueden traer efectos negativos sobre la salud. Las actividades de reúso pueden permitir el contacto directo inhalación o ingestión de las aguas tratadas, por esta vía pueden adquirirse patógenos y químicos que ponen en peligro la salud humana. Sin embargo, la magnitud del riesgo también depende de la naturaleza de las aguas residuales; las *aguas negras*, por ejemplo, representan un mayor riesgo por la presencia de materia orgánica y, por ende, de microorganismos perjudiciales para la salud; las *aguas grises* domésticas pueden contener sustancias derivadas del cloro, detergentes y grasas que pueden ocasionar daños en el organismo.

1.1.3.9 Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola

Entre las actividades que más utilizan aguas residuales, internacionalmente destacan:

- Riego agrícola y de áreas verdes de parques, cementerios, campos deportivos y jardines.
- Actividades industriales, fundamentalmente para torres de enfriamiento, alimentación de calderas y necesidades de los procesos
- Recarga de acuíferos subterráneos
- Alimentación de lagos recreativos, acuicultura, descarga de inodoros, sistemas contra incendios, aire acondicionado.

1.1.3.10 Tecnologías de tratamiento recomendadas para reusar las aguas en riego agrícola

- Tipo de cultivo (pueden asimilar diferentes calidades de agua)
- Técnicas y sistemas de riego (contenido de partículas que pudieran bloquear o tapar las boquillas u orificios de salida)
- Contenido de nutrientes exigidos (para eliminar o reducir el uso de productos agroquímicos)
- Manejo laboral de las aguas residuales y de riego para la protección de los agricultores (contenido de patógenos)
- Criterio de Salud Pública para la protección de los consumidores (contenidos patógenos). [9]

1.1.3.11 Normativas Internacionales de calidad sanitaria, agronómica y ambiental

Tabla 4. Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura

Categoría	Condiciones de Aprovechamiento	Grupo Expuesto	Nemátodos intestinales (2) (media aritmética Huevos/L)	Coliformes fecales (3) (media geométrica/1000 mL)	Tratamiento necesario para lograr la calidad microbiológica exigida
A	Riego de cultivos que se consumen crudos, campos de deporte o parques públicos	Trabajadores Consumidores publico	< 1	< 1000	Serie de estanques de estabilización o tratamiento equivalente
B	Riego cultivos de cereales, industriales, forrajeros, praderas (4) y árboles (5)	Trabajadores	< 1	No se recomienda ninguna norma	Serie de estanques de estabilización por 8 o 10 d o eliminación equivalente de helmintos
C	Riego localizado de cultivos de la categoría B cuando los trabajadores ni el público están expuestos	Ninguno	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego, no menos que sedimentación primaria

2. Especies áscaris y trichuris y anquilostomas.
3. Durante el período de riego
4. Conviene establecer una directriz más estricta (<200 coliformes por 100MI) para prados públicos, como en los hoteles donde el público puede entrar en contacto directo)
5. En el caso de los árboles frutales, el riego debe cesar 2 semanas antes de cosechar la fruta y esta no se debe recoger del suelo. No es conveniente regar por aspersión

Fuente: [9]

Tabla 5. Recomendaciones para la reutilización de aguas residuales en riego agrícola

Indicadores microbiológicos	Hortalizas y frutas crudas	Cereales y cultivos para conservas
Nemátodos intestinales (media aritmética huevos/L)	<1	<
Coliformes fecales (media geométrica/100MI)	<1000	
Tratamiento orientativo	Estanques de estabilización(1) o equivalente	Estanques de estabilización(1) o equivalente
grupo expuesto	Trabajador, consumidor	Trabajador
1. Cuatro o seis estanques de estabilización con tiempo mínimo de retención de 20 d a temperatura >20°C.		

Fuente: OMS [9]

Tabla 6. Reutilización de aguas residuales para uso agrícola

Tipo de reutilización	Tratamiento	Calidad	Distancia de seguridad
Riegos de cultivos comestibles no procesados comerciales	Secundario Filtración Desinfección	pH=6-9 <10mg/L DBO <2 UNT 0 CF/100 mL 1mg/L. CLO2	15 m a fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público
Riego de cultivos que se consumen procesados	Secundario Desinfección	pH=6-9 <300mg/L DBO <30UNT 200 CF/100 mL 1mg/L. CLO2	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público
Riego de pastos de animales productores de leche y cultivos industriales	Secundario Desinfección	pH=6-9 <300mg/L DBO <30UNT 200 CF/100 mL 1mg/L. CLO2	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público
DBO Demanda bioquímica de oxígeno UNT Unidades nefelométricas de turbiedad SS Solidos suspendidos CF Coliformes fecales			

Fuente: Normativa de la Agencia de protección ambiental (EEUU) [9]

1.1.3.12 Normativas Nacionales de calidad sanitaria, agronómica y ambiental

Tabla 7. Criterios de calidad de agua de uso agrícola o de riego

Tabla 3. Criterios de calidad de riego agrícola			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/L	5
Arsénico	As	mg/L	0.1
Berilio	Be	mg/L	0.1
Boro	B	mg/L	0.75
Cadmio	Cd	mg/L	0.05
Cinc	Zn	mg/L	2
Cobalto	Co	mg/L	0.01
Cobre	Cu	mg/L	0.2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Cromo	Cr	mg/L	0.1
Flúor	F	mg/L	1
Hierro	Fe	mg/L	5
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/L	2.5
Materia flotante	Visible		0.001
Mercurio	Hg	mg/L	
Manganeso	Mn	mg/L	0.2
Molibdeno	Mb	mg/L	0.01
Niquel	Ni	mg/L	0.2
Nitritos	NO_2	mg/L	0.5
Oxígeno disuelto	OD	mg/L	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/L	5
Selenio	Se	mg/L	0.02
Sulfatos	SO_4	mg/L	250
Vanadio	V	mg/L	0.1

Fuente. TULSMA [22]

Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Tabla 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/L	70
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/L	cero
Alkil Mercurio		mg/L	No detectable
Aluminio	Al		5
Arsénico total	As	mg/L	0.1
Cadmio	Cd	mg/L	0.02
Cianuro total	CN	mg/L	1
Cinc	Zn	mg/L	10
Cloro activo	Cl	mg/L	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/L	0.1
Cobalto total	Co	mg/L	0.5
Cobre	Cu	mg/L	1
Compuestps fenólicos	fenol	mg/L	0.2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/L	0.05
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	NPM/100 ml	0.5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/L	250
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1
Fosforo total	P	mg/L	15
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/L	20
Hierro total	Fe	mg/L	25
Manganeso total	Mn	mg/L	10
Mercurio total	Hg	mg/L	0.01
Niquel	Ni	mg/L	2
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg		0.001
Manganeso	Mn	mg/L	0.2
Molibdeno	Mb	mg/L	0.01
Niquel	Ni	mg/L	2
Nitrógeno total	N	mg/L	60
Organofosforados	Especies totales	mg/L	0.1
Plata	Ag	mg/L	0.5
Plomo	Pb		0.5
Potencial de hidrógeno	pH	mg/L	6-sep
Selenio	Se	mg/L	0.5
Sólidos sedimentables	SD	mg/L	1600
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	400
Sulfuros	S	mg/L	1
Temperatura	Sustancias activas al azul de metileno	°C	<40
Tensoactivos		mg/L	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1
Tricloroetileno	tricloroetileno	mg/L	1

Fuente: TULSMA [22]

Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Tabla 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/L	30
Alkil Mercurio		mg/L	No detectable
Aluminio	Al	mg/L	5
Arsénico total	As	mg/L	0.1
Bario	Ba	mg/L	2
Boro total	B	mg/L	2
Cadmio	Cd	mg/L	0.02
Cianuro total	CN	mg/L	1
Cinc	Zn	mg/L	5
Cloro activo	Cl	mg/L	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/L	0.1
Cloruros	Cl	mg/L	1000
Cobre	Cu	mg/L	1
Cobalto	Co	mg/L	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	U de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólico	fenol	mg/L	0.2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	NMP/1000mL	0.5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	200
Estaño	Sn	mg/L	5
Fluoruros	F	mg/L	5
Fósforo total	P	mg/L	10
Hierro total	Fe	mg/L	10
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/L	20
Manganeso total	Mn	mg/L	2
Materia flotante	Visible		Ausente
Mercurio total	Hg	mg/L	0.01
Niquel	Ni	mg/L	2
Mercurio total	Hg	mg/L	0.005
Niquel	Ni	mg/L	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/L	30
Nitrógeno total	N	mg/L	50
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/L	0.05
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	mg/L	0.1
Plata	Ag	mg/L	0.1
Plomo	Pb	mg/L	0.2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/L	0.1
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	130
Sólidos totales	ST	mg/L	1600
Sulfatos	S	mg/L	1000
Sulfuros		mg/L	0.5
Temperatura	°C		±3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1

Autor. TULSMA [22]

1.1.3.13 Sistemas de tratamiento de agua residual

1.1.3.13.1 Trampa de grasas

La forma más simple y económica para la eliminación de las grasas y aceites se basa en aprovechar su flotabilidad, por lo que, bajo el principio del sifón, los flotantes quedan retenidas en la superficie del líquido.

La utilización de trampas de grasa no es requerida para viviendas y estas se utilizan en instalaciones que contemplen centros de preparación de alimentos como hoteles, cafeterías con atención para más de 50 personas.[23]

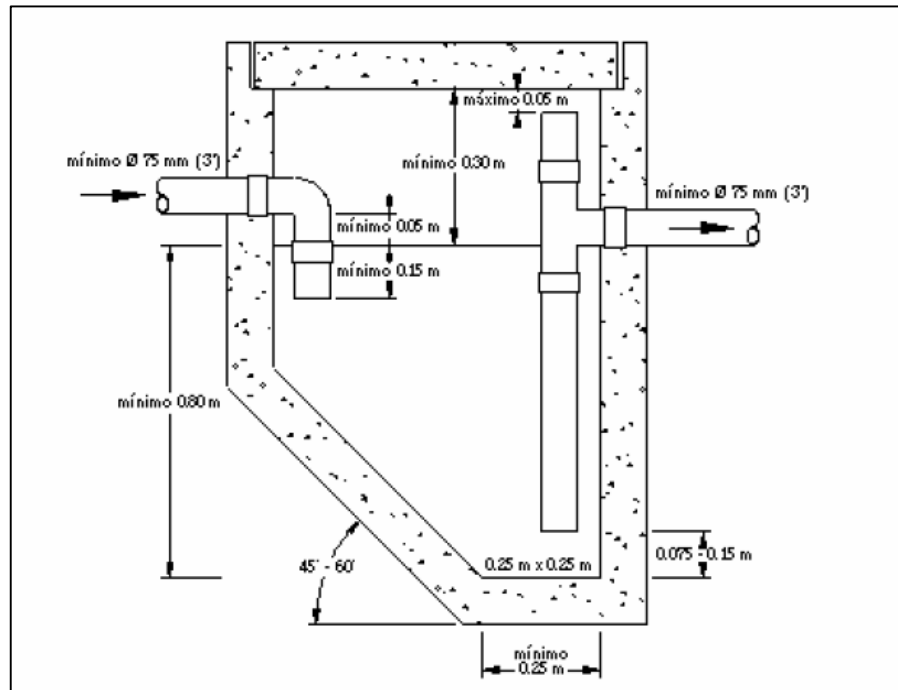


Figura 3. Trampa de grasas simple

Fuente: OPS [6]

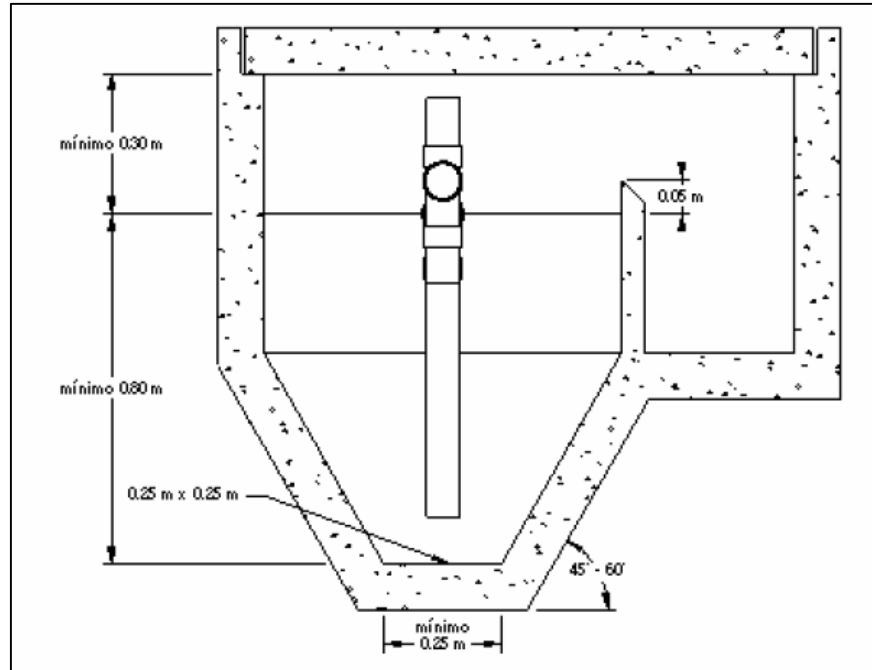


Figura 4. Trampa de grasas con depósito de acumulación de grasas
Fuente: OPS [6]

1.1.3.13.2 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Estos serán utilizados como sistema de tratamiento secundario y su principio de uso es requerido para sistemas en los que no exista posibilidad de instalar sistema de adsorción.

El principio de este filtro es proporcionar un sustrato mediante rocas u otro material diseñado para ello, en el cual crece una capa biológica que realiza un tratamiento biológico al paso del agua en forma ascendente (el agua se suministra por la parte baja del tanque). Por lo anterior su nombre de filtro no es correcto, es un reactor de contacto biológico que a medida que asciende el agua por el medio, ocurre la degradación biológica y surge un efluente con menos carga orgánica, con remociones del 70% y 80% de DBO.

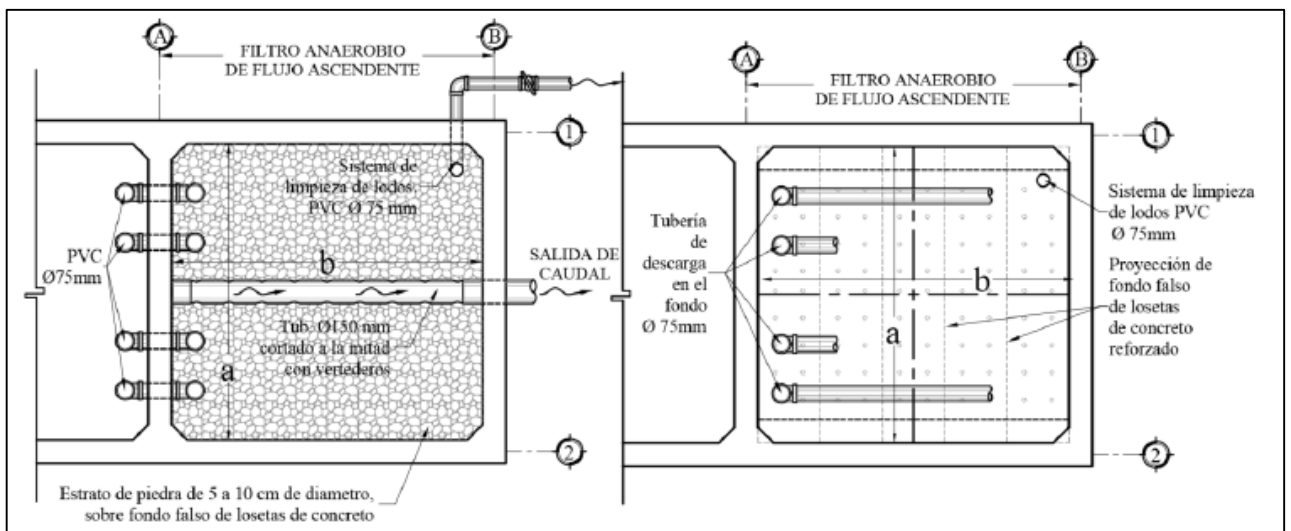


Figura 5. Detalles constructivos de un FAFA –Vista en planta de superficie y fondo

Fuente. OPS [6]

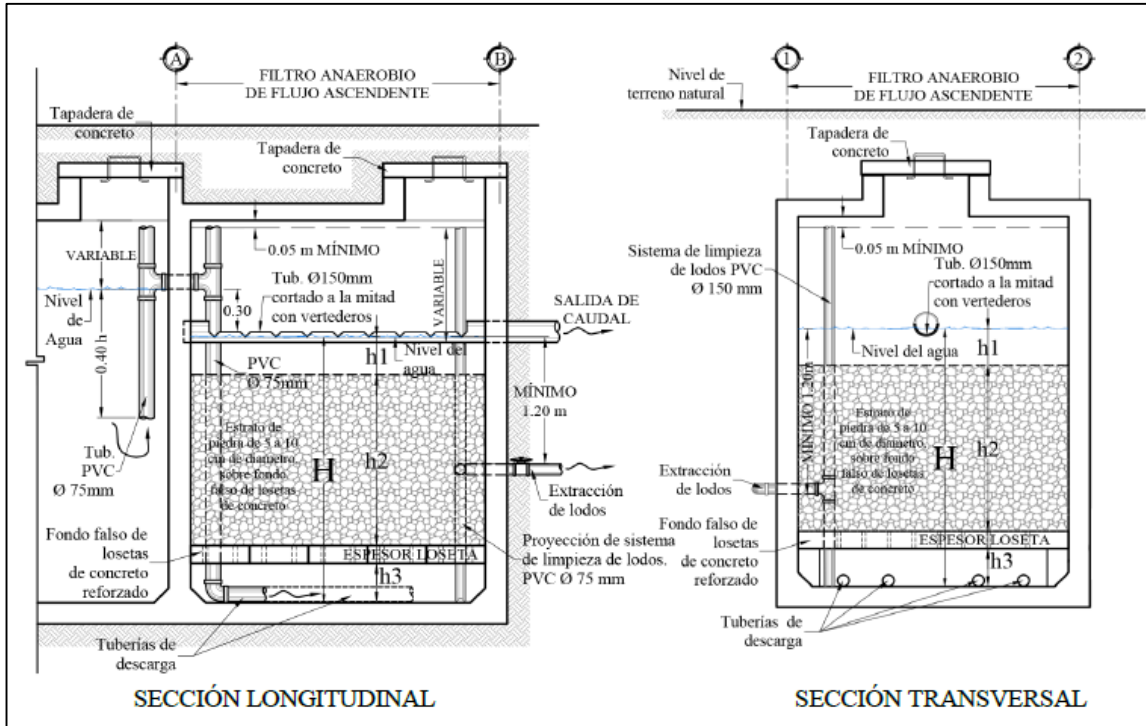


Figura 6. Detalles constructivos de un FAFA –Vista longitudinal y transversal

Fuente: OPS [6]

1.1.3.14 Materiales utilizados como medios filtrantes

1.1.3.14.1 Semilla de Moringa Oleífera

Debido a su origen natural se convierte en la mejor alternativa para la eliminación de la turbidez y bacterias que se encuentran suspendidas en agua superficial, experimentos realizados con esta semilla demuestran que remueve en un porcentaje alto los niveles de color y turbiedad. Un estudio realizado por Angélica Marquetotti et al., demostró que la remoción de la turbidez, con un tiempo de agitación de 60 minutos, alcanzó una eficiencia del 99%.

Un estudio realizado en Brasil, concluyó que el efecto de la semilla moringa oleífera es similar al de sulfato de aluminio, pero de manera natural en la coagulación de aguas. La acción coagulante es realizada por determinadas proteínas floculantes que han sido extraídas de la semilla de Moringa oleífera. Se trata de proteínas catiónicas divalentes con una masa molar de 13 *kDa* y puntos isoeléctricos entre 10 y 11. El mecanismo de coagulación está vinculado a la adsorción y neutralización de las cargas coloidales.

Investigadores brasileños han registrado que para concentraciones de 0.4 *g /l* en un tiempo de 2 horas, la remoción de la turbidez es de un 98 % y la eliminación de coliformes fecales es del 100 % [1]

En el análisis de remoción de parámetros en un río de Eloy Alfaro – Esmeraldas, se utilizó un filtro lento ascendente al cual se le añadió semilla Moringa oleífera para obtener mejores resultados.

Tabla 10. Resultados promedios después de la aplicación de la semilla Moringa oleífera

Tiempo de experimento	Turbidez	Eficacia	Caudal (l/min)	Caudal (l/seg)
24h	5.76	87.63%	0.05964	0.0009936

Fuente: Senagua (2011)- Normativa Ambiental [1]

1.1.3.14.2 Roca de lava triturada

A sido elegido como material filtrante por su alta disponibilidad en lugares ricos en volcanes, tiene una mayor superficie específica y porosidad en comparación con la arena y la grava, y sus características químicas mejoran su idoneidad como medio en los sistemas de filtro, para el tratamiento de aguas residuales.

El filtro analizado funcionó durante 41 días para permitir un estado estable del filtro. [3]

Tabla 11. Características de la roca de lava triturada

Parámetros	Unidad	Valores de los parámetros de roca de lava triturada	
		R1	R2
Rango de tamaño de partícula	mm	2.56-5	1.18-2.56
Tamaño efectivo	mm	2.85	1.25
Densidad de partículas	Kg/m ³	3985	3560
Porosidad	%	65.6	62

Fuente: [3]

Tabla 12. Composición elemental y química de la roca de lava triturada

Elementos y composición química de la roca de lava (medio filtrante)			
Elemento	Composición (mg/g)	Compuesto químico	Composición (%)
Al	14.27	SiO ₂	43.24
Ba	0.31	Al ₂ O ₃	16.65
Ca	15.82	Fe ₂ O ₃	14.15
Cu	0.86	CaO	10.95
Co	<0.05	MgO	4.29
Fe	36.52	TiO ₂	3.57
K	6.52	Na ₂ O	2.44
Mg	13.25	K ₂ O	2.35
Mn	0.645	BaO	0.4
Na	3.59	MnO	0.23
Ni	0.09		
Zn	0.05		

Fuente. [3]

Beneficios de la roca de lava triturada

Se logró una eficiencia de eliminación estable de DQO (demanda química de oxígeno) y COD (carbono orgánico disuelto), respectivamente, 90% y 70% después de 35 días de operación del filtro (Fig. 3). La eliminación de DQO y TSS (total de sólidos en suspensión) tuvo una eficiencia en condiciones no controladas ($HLR = 0.5$ a 1.1 m d^{-1}), después del período de maduración fue de 85.9% y 87.5%, respectivamente.

La tasa de carga orgánica varió de $41 \text{ g DBO}_5 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ a $115 \text{ g de DBO}_5 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Las eficiencias de eliminación de DQO por R1 y R2 fueron 70% y 69%, mientras que las eficiencias de eliminación de TSS fueron 82% y 78%, respectivamente (Fig. 8). Cuando la HLR (carga hidráulica) se hizo constante y se redujo a $0,39 \text{ m d}^{-1}$, la eficiencia de eliminación de DQO y TSS aumentó a 90.5% y 94%, respectivamente (Fig. 9). La concentración de DQO y TSS del efluente fue, respectivamente, $256 \pm 42 \text{ mg L}^{-1}$ y $68 \pm 17 \text{ mg L}^{-1}$ con una carga hidráulica (HLR) de 0.39 m d^{-1} . Esto representa una gran disminución en la carga de contaminación del material orgánico cuando estos valores son comparados con la concentración de DQO y TSS del afluente (agua gris asentada) de $3194 \pm 785 \text{ mg L}^{-1}$ y $1145 \pm 437 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente

La eficiencia de eliminación del carbono orgánico total (COT) y demanda química de oxígeno (DQO) fueron 68 % y 66% bajo condiciones no controladas ($HLR = 0.5 - 1.1 \text{ m d}^{-1}$) y 69.5% y 66.7% bajo condiciones controladas ($HLR = 0.39 \text{ m d}^{-1}$), respectivamente. Las mayores eficiencias de eliminación de COT de R1 y R2 fueron 45% y 52%, mientras que las eficiencias de eliminación más altas fueron 41% y 48%, respectivamente a un ($HLR = 0.39 \text{ m d}^{-1}$).

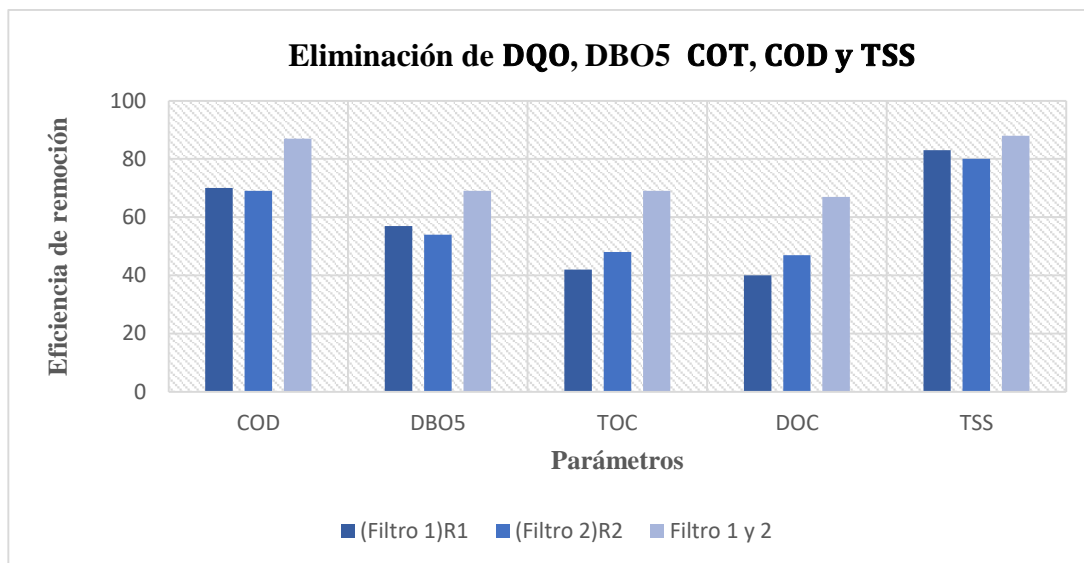


Figura 7. Eficiencia de eliminación de DQO, DBO₅, COT, COD y TSS durante el tratamiento de aguas grises por un filtro de roca de lava triturada después del período de maduración con una carga hidráulica que varía de (HLR = 0.5 – 1.1 m d⁻¹)

Fuente: [3]

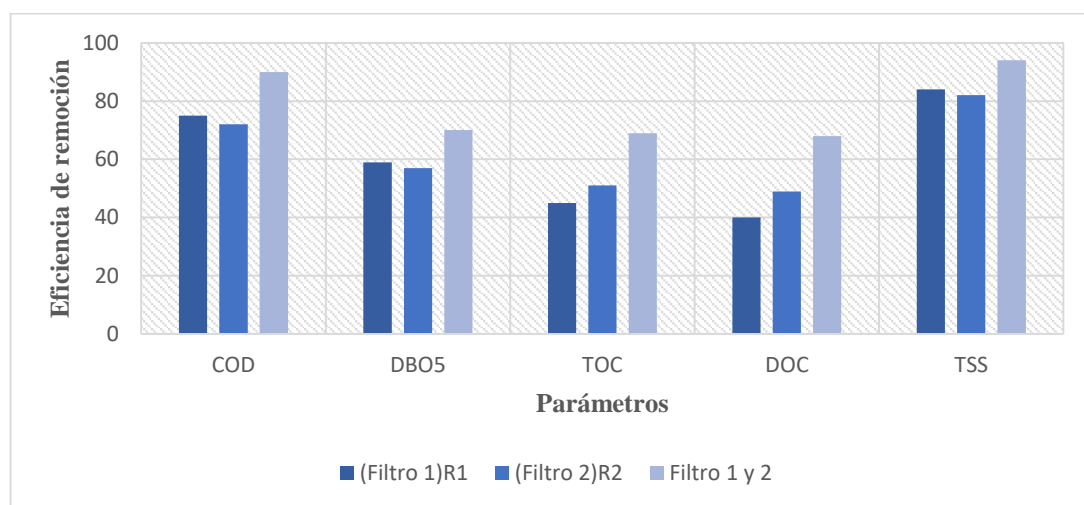


Figura 8. Eficiencia de eliminación de DQO, DBO₅, COT, COD y TSS durante el tratamiento de aguas grises por un filtro de roca de lava triturada después del período de maduración con una carga hidráulica constante de 0.39 m d⁻¹

Fuente: [3]

Eliminación de nutrientes

Se observa que la roca de lava triturada tiene una alta eficiencia en la remoción de TKN (concentración total de nitrógeno orgánico y amoníaco), $NH_4^+ - N$ (amonio, compuesto inorgánico de nitrógeno), $NO_3^- - N$ (nitrato de nitrógeno), TP (fósforo total), $Ortho - P$ (Orto fosfato).

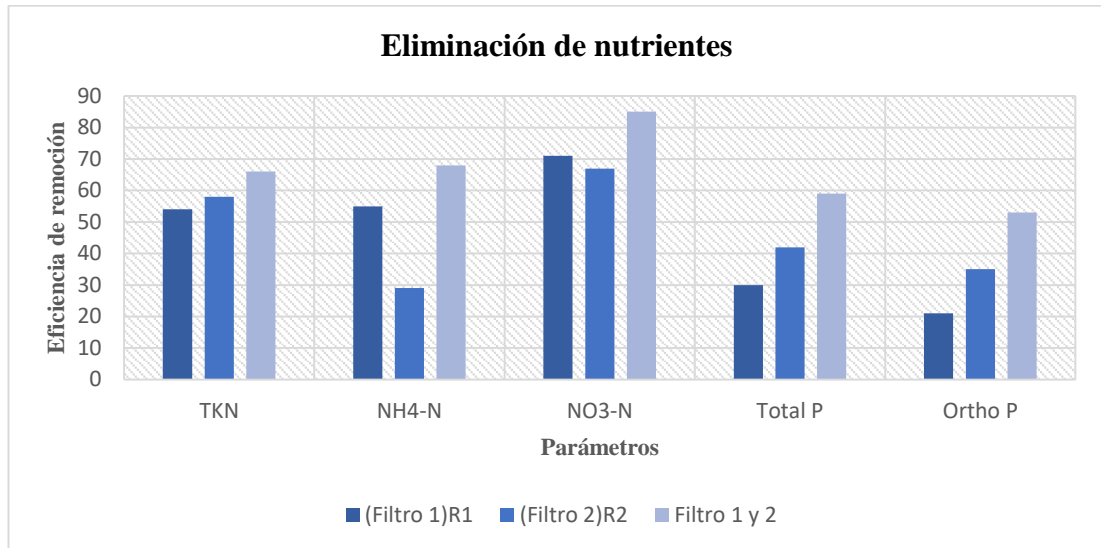


Figura 9. Eficiencia de eliminación de nutrientes durante el tratamiento de aguas grises después del período de maduración con una carga hidráulica que varía ($HLR = 0.5 - 1.1 \text{ m d}^{-1}$).

Fuente: [3]

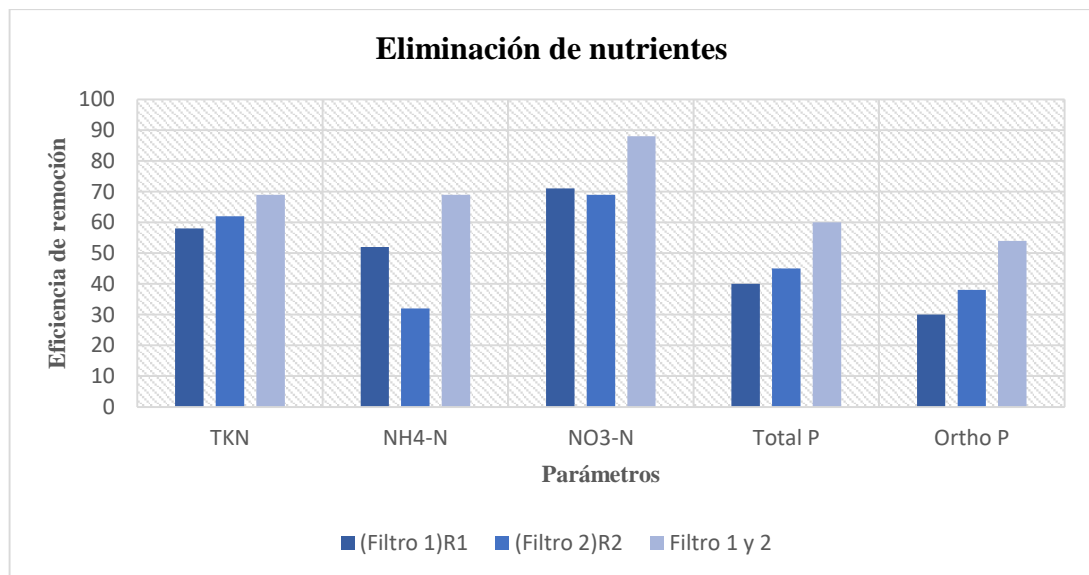


Figura 10. Eficiencia de eliminación de nutrientes durante el tratamiento de aguas grises después del período de maduración con una carga hidráulica constante ($HLR = 0.39 \text{ m d}^{-1}$).

Fuente: [3]

Eliminación de microorganismos

Eliminación de registros de *E. coli*, *Salmonella spp* y coliformes totales a una velocidad de carga hidráulica constante ($HLR = 0.39 \text{ m d}^{-1}$) fue de 3.9, 3.2 y 3.9. La implementación y uso de este filtro de roca de lava triturada para el tratamiento de aguas grises a nivel doméstico en los barrios marginales de Bwaise III, demostró que el tratamiento de aguas grises in situ de baja tecnología y economía, tiene el potencial de reducir las cargas de contaminantes. Este filtro logró grandes eficiencias de eliminación de *DQO*, *DBO₅*, *COT*, *COD* y *TSS*, nutrientes y de microorganismos. El presente artículo recomienda usar el agua tratada con roca de lava triturada en infiltración de jardines (riego subterráneo) o para la preparación de mortero para la construcción.

1.1.3.14.3 Roca o arena de Sílice (Diatomita)

Son rocas sedimentarias ricas en frústulas de diatomeas, se forman en diferentes ambientes (lacustre, salobre, marino). Son rocas poco consolidadas, porosas hasta 90%

y ligeras (0.5 a 1 de densidad), contiene entre 1.7 y 30 millones por centímetro cúbico de caparazones de diatomeas, 0.001 - 0.4 mm de tamaño, compuestas predominantemente por ópalo CT. Algunas de sus propiedades dependen de su forma externa (pennales, discoidal, etc), los caparazones de las diatomeas pueden contener óxido de aluminio, óxido férrico (Al_2O_3, Fe_2O_3) y álcalis. Las rocas diatomíticas pueden llevar asociados otros microfósiles ricos en sílice como radiolarios, esponjas silíceas y silicoflagelados y en ocasiones pueden contener materia orgánica.

Uno de los minerales y rocas industriales en protección ambiental son las diatomitas, cuyas características son:

- Depuración de aguas residuales y efluentes industriales
- Filtrado de aceites, vinos, zumos, malta
- Decoloración Purificación de productos químicos y farmacéuticos
- Aislantes térmicos y acústicos [24]

Al intentar utilizar el agua tratada con sílice para riego se debe saber que el este metal no es considerado esencial para los vegetales superiores porque no responde a los criterios directos e indirectos de la esencialidad. A pesar de eso, su absorción puede ocasionar efectos de gran ayuda para algunos cultivos, tales como:

- Resistencia a plagas
- Tolerancia a la toxicidad por metales pesados, al estrés hídrico y salino
- Menor evapotranspiración, promoción del crecimiento y nodulación en leguminosas
- Efecto en la actividad de las enzimas y en la composición mineral
- Mejoría de la arquitectura de las plantas y por último aumento de la tasa fotosintética. [25]

Tabla 13. Características de arena de sílice utilizado en el tratamiento de aguas grises

Parámetros	Unidad	Valores de los parámetros de arena de sílice
		R1
Rango de tamaño de partícula	mm	0.5 –2.56
Tamaño efectivo	mm	0.65
Densidad de partículas	Kg/m ³	2640
Porosidad	%	36.2

Fuente.[7]

Tabla 14. Eficiencia de eliminación de varios parámetros después del período de maduración durante el tratamiento de aguas grises por columnas de filtro idénticas en paralelo.

Parámetros	U	Agua gris no sedimentada	Agua gris sedimentada	Eficiencia de eliminación (%) y eliminación prolongada de microorganismos (HLR= 20 cm/d)		Eficiencia de eliminación (%) y eliminación prolongada de microorganismos (HLR= 40 cm/d)	
Temperatura	°C	243 ± 2.5	25 ± 2.5				
pH	U pH	7.6 ± 1.2	7.2 ± 1.9				
Aceites y grasas	mg/L	21 ± 6.9	5.8 ± 2.1				
DO	mg/L	1.2 ± 0.3	22 ± 0.9				
COD	mg/L	5470 ± 1075	2861 ± 315	70 ± 2	70 ± 4	70 ± 5	69 ± 3
DBO ₅	mg/L	1354 ± 389	1125 ± 585	67 ± 7	64 ± 6	61 ± 2	61 ± 5
TOC	mg/L	940 ± 161	892 ± 124	71 ± 6	70 ± 2	66.7 ± 2	69 ± 8
DOC	mg/L	568 ± 102	559 ± 121	69 ± 4	66.8 ± 5	65 ± 4	61 ± 5
SST	mg/L	2850 ± 689	996 ± 317	85 ± 3	86 ± 2	80 ± 3	79 ± 5
NH ₄ ⁺ - N	mg/L	26 ± 6.9	24.7 ± 8.1	69 ± 5	68 ± 3	62 ± 2	61 ± 4
NO ₃ ⁻ - N	mg/L	3.1 ± 0.6	3.8 ± 0.5	55 ± 2	54 ± 3	54 ± 2	51 ± 2
TKN	mg/L	64.5 ± 15.7	58.5 ± 9.8	51 ± 2	43 ± 8	42 ± 7	39 ± 5
Total P	mg/L	3.2 ± 0.4	2.9 ± 0.5	51 ± 3	52 ± 2	51 ± 2	49 ± 3
Ortho P	mg/L	2.8 ± 0.6	2.7 ± 1.3	51 ± 5	48 ± 4	48 ± 1	48 ± 3
Coliformes totales	cfu/100ml	7.5 * 10 ⁷	6.9 * 10 ⁷	1.83 ± 0.15	1.65 ± 0.09	1.62 ± 0.09	1.55 ± 0.1
E coli	cfu/100ml	4 * 10 ⁶	4.2 * 10 ⁶	2.52 ± 0.08	2.18 ± 0.07	2.31 ± 2.1	1.98 ± 0.06
Salmonella	cfu/100ml	8.4 * 10 ⁴	6.7 * 10 ⁴	2.25 ± 0.04	2.37 ± 0.08	2.1 ± 0.03	2.07 ± 0.1

Fuente: [7]

Los filtros a base de arena y roca triturada pueden alcanzar una eliminación superior al 85% de la materia orgánica del agua gris de alta resistencia y una eliminación del 50% a 70% de los nutrientes nitrógeno y fósforo.

Las mayores eficiencias de eliminación de contaminantes se lograron en los 15 cm superiores de profundidad de infiltración en todas las condiciones de operación de las columnas de filtro.

El tratamiento de aguas grises con columnas de filtro 1 y 2 operadas en serie dio como resultado mayores eficiencias de eliminación de contaminantes que el uso de la columna de filtro 1 o la columna de filtro 2 por separado.

1.1.4 Hipótesis

Hipótesis de trabajo

El uso de técnicas alternativas permitirá el tratamiento de las aguas grises procedentes del lavabo de la cocina, en viviendas unifamiliares en la Parroquia Atahualpa, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

Hipótesis nula

El uso de técnicas alternativas no permitirá el tratamiento de las aguas grises procedentes del lavabo de la cocina, en viviendas unifamiliares en la Parroquia Atahualpa, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

1.2 Objetivos:

1.2.1 Objetivo General

- Examinar un sistema de tratamiento de aguas grises para una vivienda unifamiliar mediante el uso de técnicas alternativas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones actuales en las cuales se encuentra el agua proveniente de la cocina de una vivienda unifamiliar para valorar en que ámbito podrán ser reutilizadas.
- Establecer el uso de técnicas alternativas para el tratamiento de aguas grises en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.
- Implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales utilizados en la presente investigación son los que han sido calculados y estudiados para la construcción y funcionamiento de la planta de tratamiento 1 (trampa de grasas + filtro FAFA) y la planta de tratamiento 2 (Katukiza).

Tabla 15. Materiales - Alternativa 1

Tipo	Cantidad	Unidad
Tanque reservorio	2	<i>u</i>
Accesorios de trampa de grasas		
Codo 3 "	3	<i>u</i>
Tee 3 "	3	<i>u</i>
Tubería 3 "	8	<i>m</i>
Tubería 6 "	1/2	<i>m</i>
Semilla de moringa	0.003125	<i>m</i> ³
Roca redondeada de 5 a 10 cm	0.0375	<i>m</i> ³
Roca de lava triturada	0.03438	<i>m</i> ³
Hormigón	4	Quintal
Arena	12	Saco
Ripio	8	Saco
Varilla 8 "	35	<i>n</i>
Tabla triplex 1.10x2.40 (encofrado)	4	<i>u</i>
Clavos	2	lb
Alambre (amarres)	20	lb

Fuente. Estefanía Peñaloza

Tabla 16. Materiales - Alternativa 2

Tipo	Cantidad	Unidad
Tanque reservorio – plástico	2	u
Sistema		
Balde	2	u
Tubería 1/2 ”	2	m
Codo 1/2 ”	4	u
Tee 1/2 ”	2	u
Llave esférica media vuelta 1/2 ”	2	u
Llave esférica media vuelta 3 ”	1	u
Tubería 3”	5	m
Codo 3”	2	u
Reducción 3” a 2”	1	u
Roca de lava triturada	10	kg
Roca de sílice	5	kg
Arena de sílice	5	kg
Perfil acero de 6 m	u	2

Fuente: Estefanía Peñaloza

Tabla 17. Equipo

EQUIPO		
Tipo	Cantidad	Unidad
Martillo	1	u
Soldadura	-	-
Combo	1	u
Tamizadora	1	u
Pala	2	u
Computadora	1	u

Fuente: Estefanía Peñaloza

2.1.1 Características constructivas

2.1.1.1 Alternativa 1 (Almacenamiento + T. grasas + FAFA)

Tanque de almacenamiento

Será tanto para el almacenamiento de entrada y salida, para su funcionamiento se utilizarán dos tanques PVC, de volumen 110 litros, es decir que pueda almacenar el agua antes y después del sistema filtrante (FAFA + trampa de grasas), cumpliendo con las medidas obtenidas en los cálculos para el volumen de entrada.

Trampa de grasas

Se construirá en hormigón de $f'c$ 220 basándose en los parámetros y medidas estipulados en la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Características constructivas de la trampa de grasas.

- a. Relación largo/ancho del área superficial.** 2:1 a 3:2
- b. Profundidad.** No menor a 0.80 m
- c. Ingreso:** Por medio de codo de 90° - diámetro mín. de 3".
- d. Salida:** Por medio de una Tee con un diámetro mín. de 3".
- e. Parte inferior del codo de entrada.** Deberá prolongarse hasta 0.15 m por debajo del nivel del líquido
- f. Diferencia de nivel entre tubería de ingreso y salida:** No menor a 0.05m.
- g. Parte superior del dispositivo de salida.** Deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0.05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- h. Parte inferior de la tubería de salida.** Deberá estar no menos de 0.075 ni más ni menos del fondo.
- i. Espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa.** Mínimo 0.30 m.
- j. Forma.** Tronco cónica o piramidal invertida con la pared de lado de salida vertical.
- k. Área horizontal de la base.** Mínimo 0.25 x 0.25 m² por lado o 0.25 de diámetro, y el lado inclinado deberá tener un ángulo de 45 ° a 60° con respecto a la horizontal.

Especificaciones técnicas para el diseño de una trampa de grasas según la OPS

Requisitos previos

- a. Los desechos de los desmenuzadores (cedazos) de desperdicios no se deben descargar a la trampa de grasa.
- b. Ubicación.

Próxima a los aparatos sanitarios (lavabo de cocina) que descarguen desechos grasosos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de servicios higiénicos.

 - Proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y eliminación o extracción de las grasas acumuladas.
 - En lugares cercanos en donde se preparan alimentos.
 - En sitios donde puedan ser inspeccionadas y con fácil acceso para limpiarlas.
 - No se permitirá colocar encima o inmediato a ello maquinarias o equipo que pudiera impedir su adecuado mantenimiento.
- c. **Capacidad mínima.** 300 litros.
- d. **Para grandes instalaciones (más de 50 personas).** Considerar la instalación de dos trampas de grasa.
- e. **Para viviendas unifamiliares.** No es obligatorio diseñar trampa de grasa.

Material. Puede ser metal, ladrillos y concreto, de forma rectangular o circular.[23]

Filtro FAFA

Su construcción se realizará en hormigón armado con $f'c$ de 220, diseño, dimensiones y características basadas en el reglamento técnico salvadoreño para el diseño y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para zona rural, carta de acuerdo entre la Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Características constructivas del filtro FAFA.

- a. Su ubicación será a 1.5 metros de construcciones, límites de terrenos, pozos resumideros. Evitar la cercanía con árboles (3m de distancia) y de cualquier punto de redes de abastecimiento de agua.
- b. Su fondo será plano sin ningún tipo de pendiente
- c. Resguardo entre el fondo de agua y techo mínimo de 0.3 m.
- d. Los materiales que se empleen en la construcción del FAFA deben proporcionarles resistencia estructural, impermeabilidad y ser resistentes a los ambientes corrosivos generados por las condiciones de operación anaerobias en las que operan dichos dispositivos. Por ello repellarán y pulirán las paredes interiores y el fondo del FAFA.
- e. Todas las tuberías utilizadas deberán ser de PVC - 160 PSI SDR 26 ASTM D - 2241 y los accesorios de PVC DWV SCH 40, ASTM D – 2665.
- f. Para evitar que las tuberías de alimentación del filtro lleguen a trabajar en carga, entre el elemento de entrada y el de salida final se establece un desnivel de 0.20 a 0.30 m.
- g. Para el medio filtrante (\emptyset 0.05 a 0.10 m), se utilizará roca redondeada, previamente lavaba para evitar una colmatación prematura del filtro.
- h. Se utilizará un sistema de extracción de lodos por carga hidrostática mediante la construcción de un pozo adyacente o cámara que permitirá recolectar dichos lodos.
- i. **Para la inspección** se deberá contar en su superficie con una tapadera, en la salida de la cámara, con un tamaño de (0.60 x 0.60 m²), o de diámetro de 0.60 m en el caso que sean circulares.
- j. Las tapaderas irán dispuestas en brocales, que sobresaldrán como mínimo 0.05 por encima del terreno, para evitar que aguas superficiales puedan entrar a la cámara.

Especificaciones técnicas para el diseño de un filtro FAFA según la OPS - ASIA

- a. **Relación largo ancho:** 1:1 a 1:3
- b. **Distribución de agua:** Debe ser uniforme en el fondo por un tubo por cada m^2 .
- c. **Altura de cámara falsa de recolección de lodos:** $h_3 = 0.30 m$
- d. **Altura útil de medio filtrante:** $h_2 = 1.20 m$
- e. **Medio filtrante:**
 - $\emptyset 0.05 m$ de roca redondeada.
 - $0.05 m$ de roca de lava triturada. (Experimental)
 - Semilla de moringa triturada (Experimental)
- f. **Altura entre medio filtrante y canal de salida:** $h_1 = 0.30 m$

En la *figura 11* se presentan los detalles constructivos de esta unidad de tratamiento.

Accesorios, materiales y dimensiones según la OPS

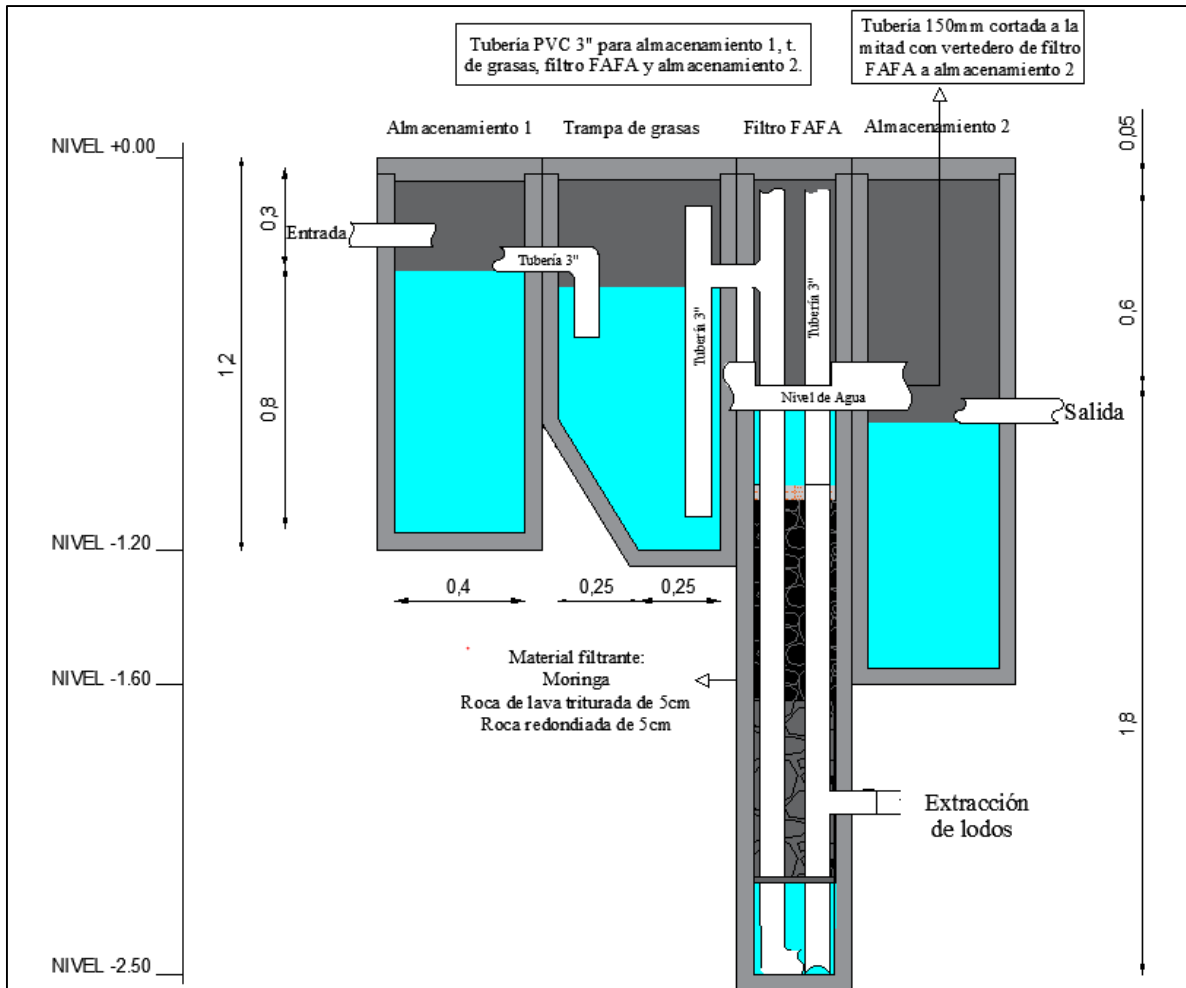


Figura 11. Vista transversal - Esquema de Alternativa 1 (Accesorios, materiales y medidas) OPS

Figura 12. Fuente: Estefanía Peñaloza

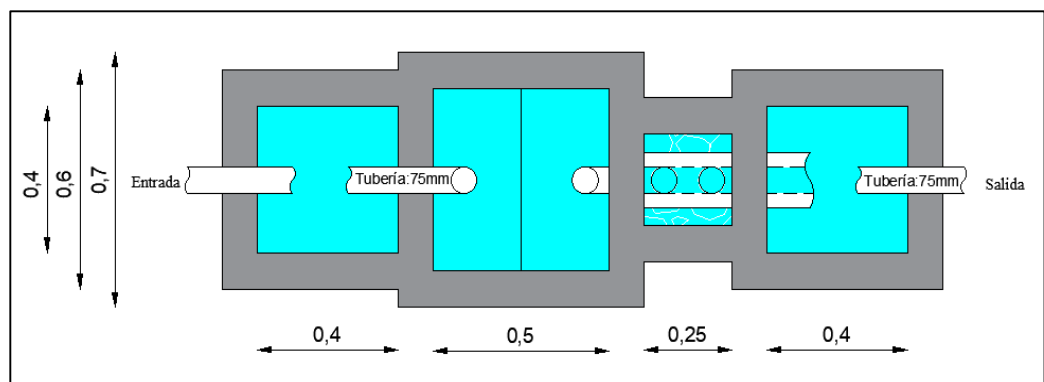


Figura 13. Vista en planta - Esquema de Alternativa 1 (Accesorios, materiales y medidas) OPS

Fuente: Estefanía Peñaloza

2.1.1.2 Alternativa 2 (Almacenamiento 1 + Sistema en serie + Almacenamiento 2)

- **Tanque de almacenamiento de entrada**

Se procede a la utilización de un tanque de almacenamiento para aguas grises provenientes del lavabo de la cocina, se utilizará un tanque PVC, de volumen 110 litros, es decir que pueda almacenar el agua a tratar, cumpliendo con las medidas obtenidas en los cálculos para el volumen de entrada y salida.

- **Sistemas filtrantes en serie**

Para su construcción será necesario seguir el plano propuesto por Katukiza el cual consta de dos baldes de plástico en serie, colocados sobre una estructura de perfiles metálicos diseñada para que el sistema filtre en serie, al primer tanque le se le colocará arena de sílice (1 mm) proveniente de la cantera de Riobamba con grava de base y al segundo roca de lava triturada (5-10 mm) con grava de base.

- **Tanque de almacenamiento de salida**

Su volumen será igual que el tanque de entrada, es decir de 110 litros, volumen ya calculado e idóneo para almacenar el agua ya tratada por el sistema filtrante en serie.

2.2 Métodos

2.2.1 Campo

- **Población y Muestra**

Población

La población o universo, que el presente proyecto ha considerado son las viviendas unifamiliares de interés social que hayan sido levantadas en la comunidad Santa Fe, Parroquia Atahualpa, cantón Ambato por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, para lo cual es indispensable obtener un subconjunto representativo de la misma.

Muestra

En la Parroquia Atahualpa, comunidad Santa Fe, perteneciente al cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, 50 viviendas de interés social serán analizadas, valor correspondiente a la muestra a analizar

Para el cálculo de la muestra se utilizará el Muestreo Aleatorio Simple:

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}}$$

Ecuación[1]. Tamaño de muestra

$$n_o = \frac{Z^2 \alpha PQ}{E^2}$$

Ecuación[2]. Tamaño de muestra aproximado

Donde:

n: Tamaño de la muestra n_o : Tamaño de muestra aproximado

N: Tamaño de población bajo estudio (50 viviendas)

E: Error de tolerancia de la estimación (0-10%)

α : Nivel de significancia $\sigma^2 = PQ$: Varianza de la variable

P: Denota la proporción estimada de la variable, $P = 0.5$, $Q = 1 - P$

$E = 10\%$ pues las viviendas son separadas entre sí.

Con un nivel de confianza 95% $\alpha = 1$

Solución:

$1 - \alpha/2 = 1 - 0.05/2 = 0.975$ (Tabla: Distribución Normal)

Fila: 1.9 Columna: 0.06 (representa el segundo decimal) $Z(2.5\%) = 1.96$

$$n_o = 96.04$$

$$n = 33 \text{ viviendas}$$

Tabla 18. Distribución normal

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.975	0.9756	0.9761	0.9767

Fuente. Lic. Nel Quezada Lucio – Estadística para Ingenieros

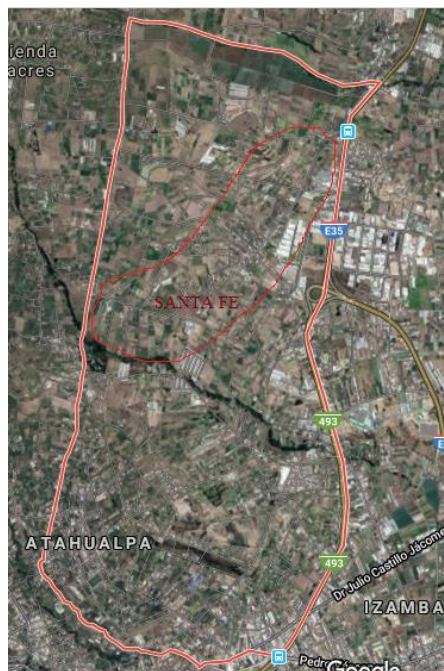
Levantamiento de Información

El presente proyecto se desenlaza en la Comunidad Santa Fe, Parroquia Atahualpa, perteneciente a la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato. Este sector se ha dedicado a la producción agrícola la cual sirve como eje fundamental en la economía de los habitantes, la producción de hortalizas, legumbres que son la base de la alimentación del centro del país; de igual manera los habitantes practican en gran extensión la actividad de pastos. [26]

Ubicación Geográfica:

- Coordenada Este: 766591.04 m E
- Coordenada Norte: 9867146.28 m S
- Latitud: -1.21733
- Longitud: -78.61841

Figura 14. Ubicación geográfica de la Comunidad Santa Fe de la Parroquia Atahualpa (Chisalata)



Fuente: Estefanía Peñaloza

Encuesta

Para la recopilación de información se manejó un instrumento como es en este caso la ENCUESTA, con preguntas que servirán para resolver las interrogantes que se tienen en el siguiente proyecto investigativo.

La presente encuesta tiene como objetivo el determinar un aproximado del tipo de efluente procedente del lavado de una cocina de una vivienda unifamiliar, ya sean grasas, aceites, jabones, líquidos, impurezas de alimentos, etc., como parte del desarrollo del trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema “ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PROCEDENTES DEL LAVADO DE UNA COCINA CON EL USO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA ATAHUALPA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.” (*Véase encuesta en anexo 1*)

Tabulación de resultados de encuestas

Esta parte es muy importante porque se podrá analizar los resultados obtenidos a través de gráficas, mismas que brindan resultados más claros y concisos.

Se procederá a tabular a partir de la pregunta número 9, siendo las anteriores preguntas que contienen datos generales del propietario de cada vivienda, mismos que han servido en la presente investigación para saber datos como: integrantes promedio por vivienda,

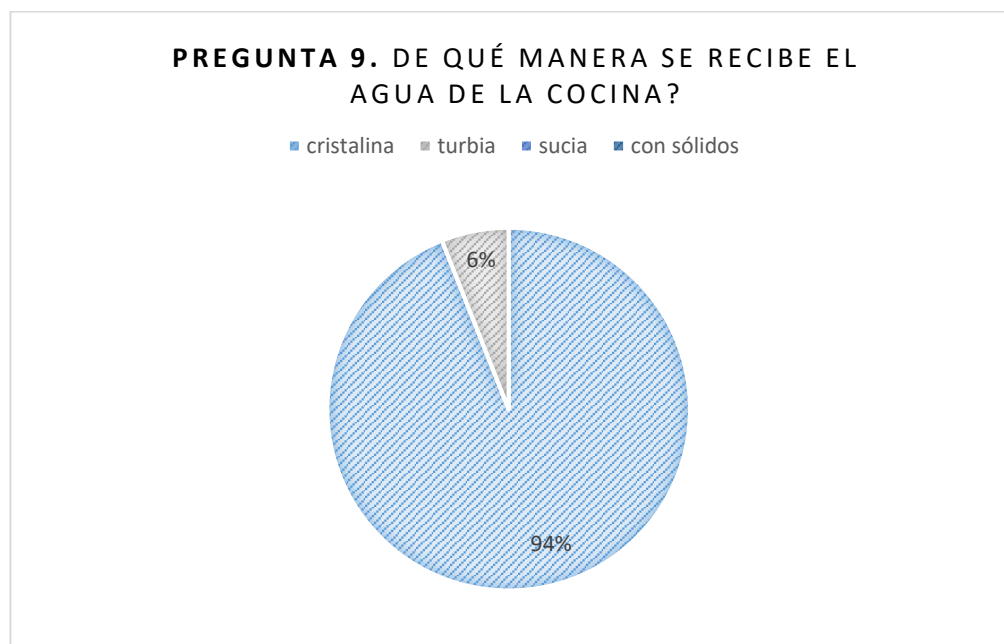


Figura 15. Resultados obtenidos en la pregunta 9.

Fuente: Estefanía Peñaloza

El 94 por ciento, correspondiente a 31 viviendas responde que el agua que recibe es cristalina, mientras el 6 por ciento, correspondiente a 2 viviendas la recibe con cloro o turbia (cabe recalcar que este 6% corresponde a viviendas que reciben este tipo de agua de forma irregular – casi nunca). Esta información es indispensable para saber si el agua a tratar es netamente limpia o si en ocasiones por motivo de limpieza de tuberías u otros motivos llega en deplorables condiciones.

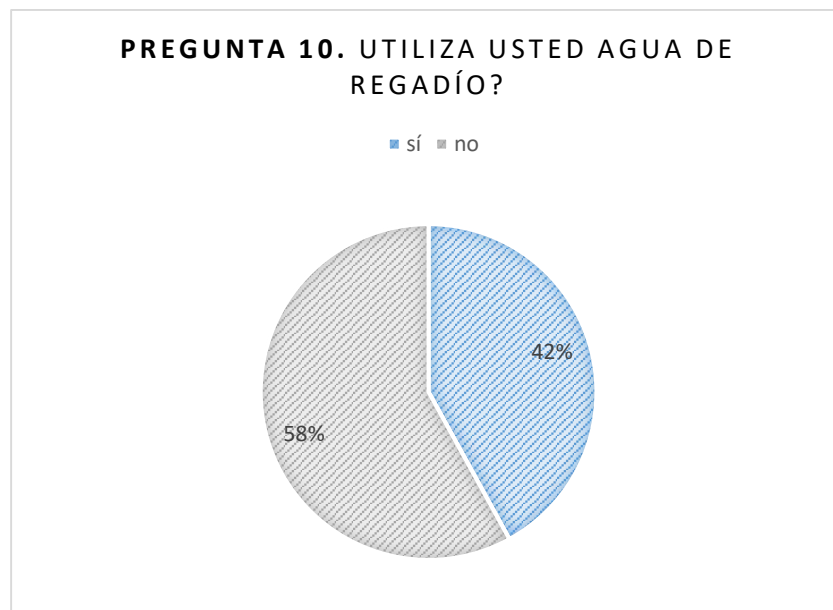


Figura 16. Resultados obtenidos en la pregunta 9, acerca de la utilización del agua de regadío

Fuente. Estefanía Peñaloza

El 42 por ciento de la población, correspondiente a 14 viviendas responde que sí, mientras que el 58 por ciento de las viviendas, correspondiente a 19 viviendas responde que no.

Es muy importante saber si los habitantes utilizan agua de regadío o tienen cultivos, porque uno de los objetivos principales del presente proyecto es la reutilización de las aguas tratadas en riego, motivo por el que se debe saber si se tiene cobertura para ponerlo en práctica.

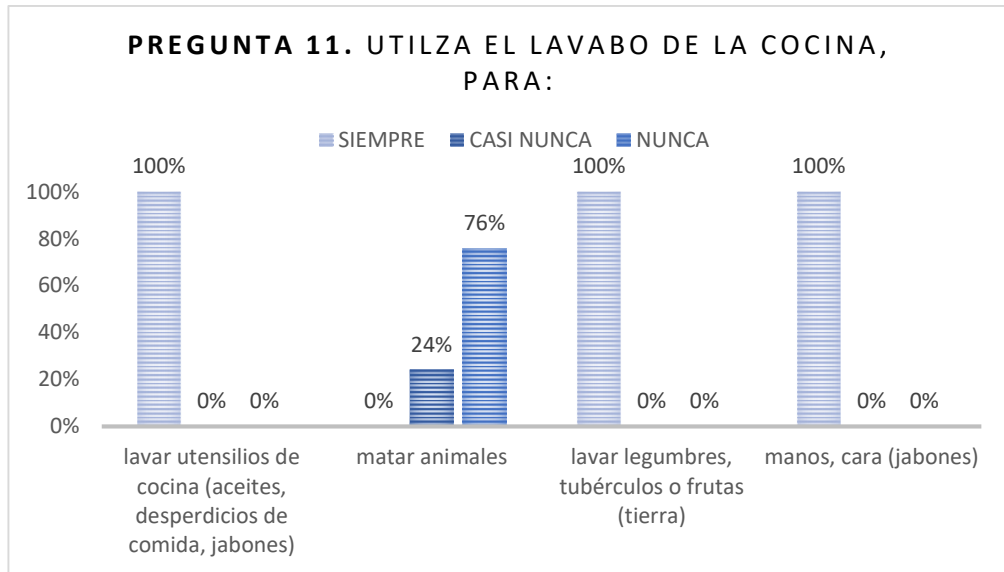


Figura 17. Resultados obtenidos en la pregunta 11, acerca de los usos del lavabo de la cocina.

Fuente: Estefanía Peñaloza

El cien por ciento, correspondiente a 33 viviendas, utilizan el agua de lavabo de la cocina para utensilios sucios de los cuales se arranca aceites, grasas, desperdicios de comida, jabones; el 24 por ciento correspondiente a 8 viviendas utilizan esta agua para matar algún tipo de animal, obteniéndose como resultado un fluido biológico que es la sangre (pero no lo realizan con frecuencia), por otro lado el 76 por ciento, correspondiente a 25 viviendas no utilizan el lavaplatos para ese tipo de actividad; y por último el 100 por ciento, correspondiente a 33 viviendas utilizan el lavabo de la cocina para legumbres, tubérculos o frutas lo cual produce un ingreso de tierra, y otros sólidos orgánicos; también se utiliza el lavabo de la cocina para el aseo de manos y como son casas pequeñas suelen lavarse la cara y el cabello ahí con frecuencia. Tener conocimiento sobre la utilidad que se le da al agua en un lavabo de cocina en distintos hogares es fundamental, brinda una idea sobre los contaminantes que va a recibir la planta de tratamiento piloto, como son aceites, grasas animales, jabones, sólidos y bacterias provenientes de la comida, tierra, etcétera.

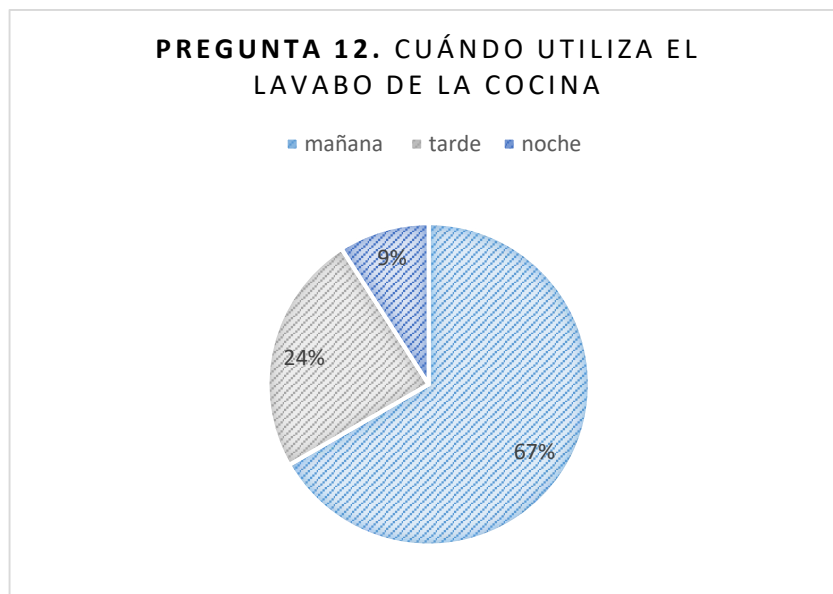


Figura 18. Resultados obtenidos en la pregunta 12, acerca del horario de uso del lavabo de la cocina

Fuente: Estefanía Peñaloza

El 67 por ciento, correspondiente a 22 viviendas son las que se utilizan el lavabo de la cocina en la mañana hasta el mediodía; el 24 por ciento, correspondiente a 8 viviendas, utilizan el lavabo de la cocina en la tarde; y el 9 por ciento, correspondiente a 3 personas en la noche, estas personas casi no pasan en sus viviendas, por el trabajo.

Es necesario tener conocimiento sobre la hora, para poder determinar la dotación de agua, siendo una hora pico entre las 10h00 y 13h00.

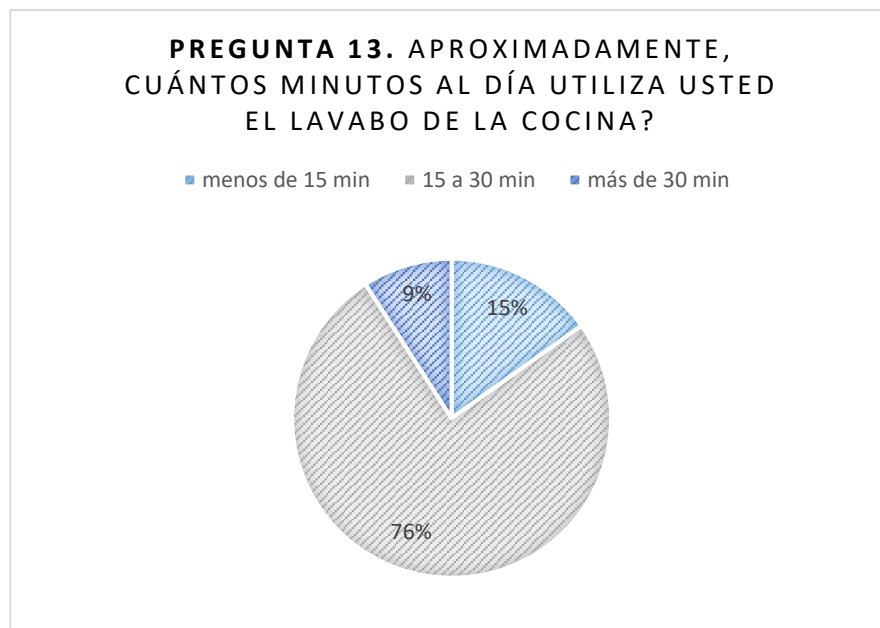


Figura 19. Resultados obtenidos en la pregunta 13 acerca del tiempo que se utiliza el lavabo de la cocina.

Fuente: Estefanía Peñaloza

Se determinó que el 9%, que corresponde a 3 viviendas utilizan el agua del lavabo de la cocina más de 30 minutos al día, el 15% correspondiente a 5 utilizan menos de 15 minutos y las 25 viviendas restantes asumen utilizar en un tiempo de 15 a 30 minutos.









Esta información es muy importante para determinar el tiempo al día que trabajará la planta de tratamiento piloto, cabe recalcar que esta estará en funcionamiento las 24 horas al día, sin embargo, los habitantes de las viviendas no utilizan todo el día.

Dotación

Para obtener la dotación, cada miembro del grupo seleccionó una vivienda de la cual se han recolectado los datos que brinda el medidor de agua por una semana a las 12h00 del medio día, empezando desde el día lunes 10 de febrero, hasta el día lunes 17 del mismo mes.

Los datos tomados cada día se presentan en anexos, a continuación, una tabla de resumen, con los resultados de cada vivienda.

Tabla 19. Dotación de agua obtenida de la vivienda 1

DÍA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m ³]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H01		1680.8240	1.1210
JUEVES	11 Feb. 2020	12H05		1681.945	0.7940
VIERNES	12 Feb. 2020	12H00		1682.739	0.8320
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H10		1683.571	1.7750
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H00		1685.346	1.0710
LUNES	15 Feb. 2020	12H04		1686.417	0.8040
MARTES	16 Feb. 2020	12H03		1687.221	0.8670
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H05		1688.088	1.0377









Autor. Estefanía Peñaloza

Tabla 20. Dotación de agua obtenida de la vivienda 2

DÍA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m ³]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H00		3879.0395	0.2859
JUEVES	11 Feb. 2020	12H01		3879.3254	1.3489
VIERNES	12 Feb. 2020	12H00		3880.6743	0.3168
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H05		3880.9911	0.2158
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H04		3881.2069	0.2460
LUNES	15 Feb. 2020	12H02		3881.4529	0.7505
MARTES	16 Feb. 2020	12H00		3882.2034	0.5316
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H00		3882.735	0.5279









Autor. Estefanía Peñaloza

Tabla 21. Dotación de agua obtenida de la vivienda 3

DOTACIÓN VIVIENDA 3					
DÍA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m ³]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H10		592.6240	0.3830
JUEVES	11 Feb. 2020	12H11		593.007	0.5840
VIERNES	12 Feb. 2020	12H06		593.591	0.4830
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H05		594.074	2.6130
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H04		596.687	0.3460
LUNES	15 Feb. 2020	12H01		597.033	0.2950
MARTES	16 Feb. 2020	12H05		597.328	1.2960
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H03		598.624	0.8571

Autor. Estefanía Peñaloza

Tabla 22. Dotación de agua obtenida de la vivienda 4

DIA	FECHA	HORA	FOTO	MEDIDA	DIFERENCIA [m ³]
MIÉRCOLES	10 Feb. 2020	12H01		430.5030	0.4490
JUEVES	11 Feb. 2020	12H05		430.952	0.1810
VIERNES	12 Feb. 2020	12H00		431.133	1.3000
SÁBADO	13 Feb. 2020	12H10		432.433	0.3890
DOMINGO	14 Feb. 2020	12H00		432.822	1.0630
LUNES	15 Feb. 2020	12H04		433.885	0.4220
MARTES	16 Feb. 2020	12H03		434.307	1.1820
MIÉRCOLES	17 Feb. 2020	12H05		435.489	0.7123

Autor. Estefanía Peñaloza

2.2.2 Oficina

2.2.2.1 Dotación

Cálculo de dotación, basándose en los datos obtenidos en campo

Tabla 23. Resumen de la toma de datos de la dotación

V/D	Dotación (m ³ /día)
Vivienda 1	1.0377
Vivienda 2	0.5279
Vivienda 3	0.8571
Vivienda 4	0.71223

Fuente: Estefanía Peñaloza

Dotación actual

Cálculo vivienda 1

$$Dot\ 1 = (1.0377 \frac{m^3}{4\ hab}) (\frac{1000\ lt}{m^3}) (\frac{1}{día})$$

Ecuación[3]. Dotación

$$Da1 = 259.43\ lt/hab/día$$

$$Da2 = 131.98\ lt/hab/día$$

$$Da3 = 214.28\ lt/hab/día$$

$$Da4 = 178.08\ lt/hab/día$$

Dotación media actual obtenida para el proyecto

$$Dma = \frac{\text{Prom lecturas}}{N\ personas\ por\ vivienda}$$

Ecuación[4]. Dotación media actual

$$Dma = \frac{(259.43 + 131.98 + 214.28 + 178.08)\ lt/d/hab}{4}$$

$$\bar{Dma} = 195.94\ lt/hab/día \cong 196\ (\text{Rango OMS})$$

Porcentaje de agua que se utiliza en el lavabo de la cocina

Tabla 24. Actividades para las cuales se utiliza el lavabo de cocina

Beber y cocinar:	2.70%
Limpieza:	4.10%
Lavado de Platos:	6.20%
Total	13%

Fuente: Estefanía Peñaloza

Dotación del lavabo de cocina de una vivienda unifamiliar - MIDUVI

$$\bar{D}_{ma} = 196 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} \frac{\text{día}}{\text{día}} * (0.13) = 25.47 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} \frac{\text{día}}{\text{día}}$$

$$\bar{D}_{ma} = Q_r = 25.47 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

Caudal residual generado por aguas del lavabo de la cocina (lt/día)

$$Q_r = 101.88 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

$$Q_r = 0.10188 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

2.2.2.2 Alternativa 1

La presente alternativa se basa en el diseño y construcción de una trampa de grasas, misma que será útil para evitar el taponamiento de tuberías y averías en sistemas posteriores, seguida de un filtro FAFA utilizando como material filtrante piedras circulares y roca de lava triturada + semilla de moringa (parte experimental), a este sistema se integra un tanque de almacenamiento de entrada de agua gris sin tratar antes del sistema y un tanque de almacenamiento de salida de agua gris tratada. Las partículas que aquí se tratan son de tipo orgánico y su método es el floculento.

Aguas grises proveniente del lavabo de la cocina	→	Analizar los criterios de calidad seleccionados (TULSMA 2015) del agua gris proveniente del lavabo de la cocina - SIN TRATAR	→	ALTERNATIVA 1		→	Analizar los criterios de calidad seleccionados (TULSMA 2015) del agua gris proveniente del sistema de tratamiento (ALTERNATIVA 1) - AGUA TRATADA	→	EVALUACIÓN DE RESULTADOS - EMAPA	
				1. Tanque de almacenamiento entrada (recepción del agua del lavabo de la cocina - sin tratar)	2. Trampa de grasas				3. Filtro anaerobio de flujo ascendente Roca redondeada (OPS) Roca de lava triturada (Experimental) Semilla de moringa (Experimental)	4. Tanque de almacenamiento 2 (recepción de agua tratada)

Figura 20. Sistema de tratamiento Alternativa 1

Fuente: Estefanía Peñaloza

Detalle de los sistemas de tratamiento:

- **Tanque de almacenamiento.**

El cual será útil para hacer que el agua pueda pasar de manera moderada al sistema filtrante y no directamente provocando que este se pueda sobrellenar.

- **Trampa de grasas.**

Se realizará siguiendo las especificaciones técnicas de la Organización Panamericana de la Salud OPS. (Detalladas en 2.1.1.1).

- **Filtro FAFA**

Características de diseño del filtro anaeróbico de flujo ascendente FAFA.

Se realizará siguiendo las especificaciones técnicas de la Organización Panamericana de la Salud OPS. (Detalladas en 2.1.1.1).

Cálculo y Diseño

Tanque de almacenamiento

V : Volumen útil (lts)

Tr : Tiempo de retención hidráulica (1 día)

$$V = Qr * Tr$$

Ecuación[5]. Volumen útil

$$V = 101.88 \text{ (lt/día)} * (1 \text{ día})$$

$$V = 101.88 \text{ lt}$$

$$V = 0.10188 \text{ m}^3$$

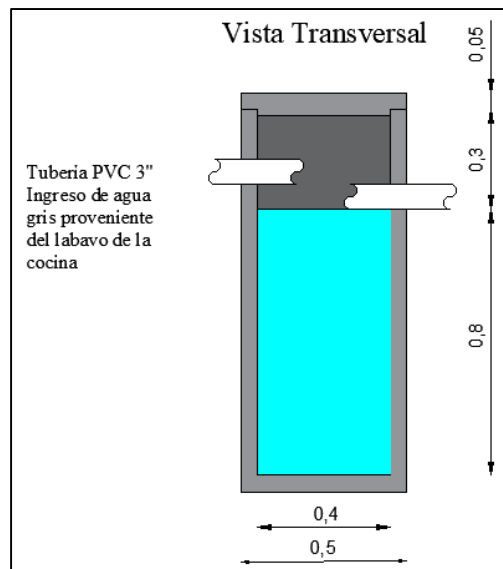


Figura 21. Vista transversal – Volumen tanque de almacenamiento

Figura 22. Fuente: Estefanía Peñaloza

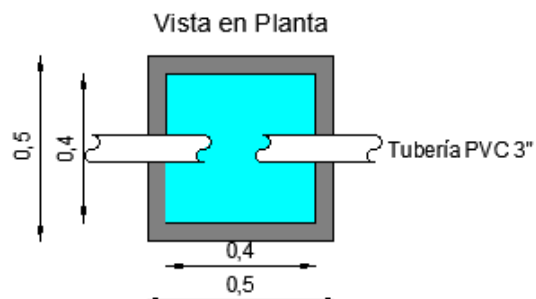


Figura 23.

Figura 24. Vista en planta – Volumen

Figura 25. Fuente: Estefanía Peñaloza

Caudal

- Caudal de diseño OPS

Tabla 25. Unidades de gasto (p) de los aparatos sanitarios que descargan a la trampa de grasa.

Aparato Sanitario	Tipo	Unidad de Gasto
Lavadero de cocina	Múltiple	2
Lavadero de repostería	Hotel restaurante	4
Lavadero de ropa		3

Fuente: OPS/CEPIS/03.81 [23]

Unidad de gasto (p): 2

Caudal Máximo (lt/seg)

$$Q = 0.3 \sqrt{\Sigma p}$$

Ecuación[6]. Caudal máximo OPS

$$Q = 0.3 \sqrt{2}$$
$$Q = 0.4243 \text{ lt/seg}$$

Volumen

$$Tr = 2.5 - 3 \text{ min}$$

$$3 \text{ min} = 180 \text{ seg}$$

Trampa de grasas

- **Volumen de la trampa de grasas**

$$V = Q * T_r$$

Ecuación[7]. Volumen trampa de grasas

$$V = 0.4243 \frac{lt}{seg} * 180 seg$$

$$V = 76.374 lt$$

Profundidad: 80cm

Relación largo-ancho de área superficial: 2:1

Área transversal

$$A_1 = 0.40m * 0.25m = 0.1m^2$$

$$A_2 = 0.1m^2 - \frac{0.23m * 0.4m}{2} = 0.054m^2$$

$$A_t = A_1 + A_2$$

$$A_t = 0.1m^2 + 0.054m^2$$

$$A_t = 0.154 m^2$$

Largo

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

Ecuación[8]. Largo trampa de grasas

$$L = \frac{0.076374 m^3}{0.154 m^2}$$

$$L = 0.4959 m = 0.5 m$$

Ancho

$$A = 0.25 m$$

Relación largo / ancho (2:1)

$$\frac{L}{A} = \frac{0.5 m}{0.25 m} = 2 \text{ [CUMPLE]}$$

Ecuación[9]. Relación largo ancho – trampa de grasas

Cálculo longitud x

$$\tan 60 = \frac{0.4 m}{x}$$

$$x = \frac{0.4 m}{\tan 60}$$

$$x = 0.23 m \approx 0.25m$$

Nota: Los diámetros, alturas mínimas, son tomadas de las recomendaciones en base de la OPS

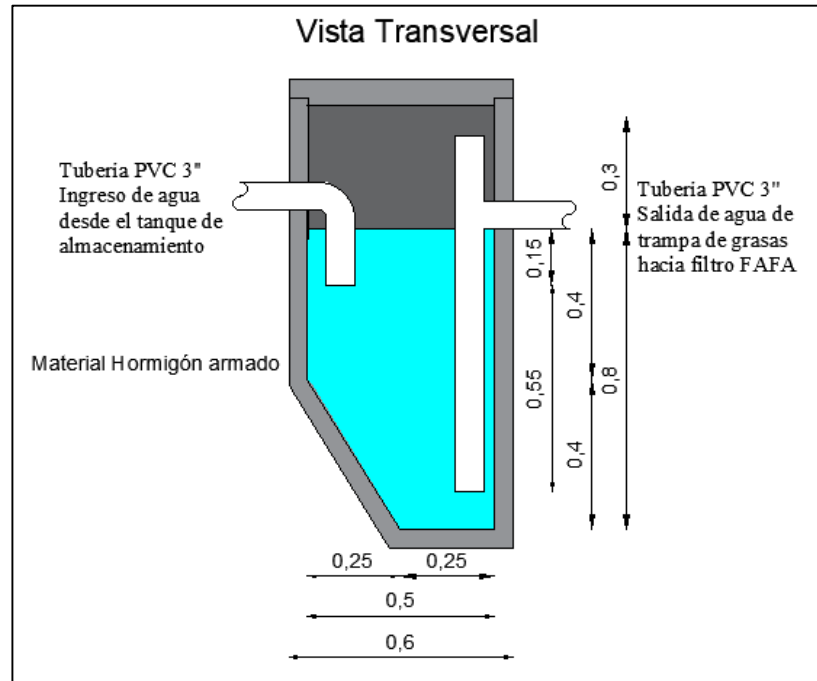


Figura 26.

Figura 27. Vista transversal – Trampa de grasas (OPS)

Fuente: Estefanía Peñaloza

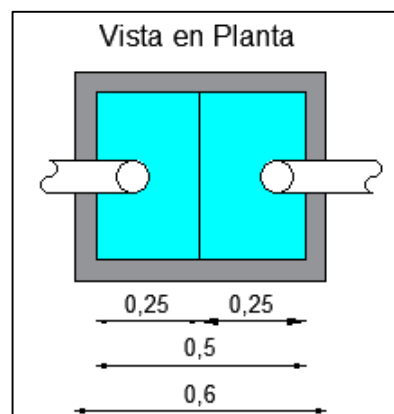


Figura 28. Vista en planta – Trampa de grasas (OPS)

Fuente: Estefanía Peñaloza

Filtro FAFA

- **Volumen útil del FAFA (*lts*)**

$$V = 1.6Q_r T$$

Ecuación[10]. Volumen útil del
FAFA

$$Q_e = 101.88 \text{ lt/día [Calculado con la dotación]}$$

$$Q_r = 101.88 \text{ lt/día}$$

$$Q_r = 0.10188 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

Q_r = Caudal de aguas residuales en [*lts/día*].

T = Tiempo de retención hidráulica (12 horas),

Este dato se ha tomado porque se opera un volumen mínimo de aguas residuales de lavabo de la cocina.

- **Dimensiones básicas del diseño:**

$$V = 1.6 * \frac{101.88 \text{ lt}}{\text{día}} * 12 \text{ h}$$

$$V = 1.6 * 4.245 \text{ lt/h} * 12 \text{ h}$$

$$V = 81.504 \text{ lt} = 0.082 \text{ m}^3$$

Se ocupa la altura mínima de 1.80 m [ASIA]

$$h_{\text{mín}} = 1.8 \text{ m}$$

- **Área transversal**

Para determinar el área transversal de nuestro filtro se divide el volumen calculado en metros cúbicos para la altura mínima recomendada.

$$Atr = \frac{V (m^3)}{h_{min} (m)}$$

Ecuación[11]. Área transversal
FAFA

$$Atr = \frac{0.082m^3}{1.8 m}$$

$$Atr = 0.046 m^2$$

Dimensiones básicas:

- **Relación ancho y largo:** Se asume 1:1

Largo y ancho

$$\sqrt{0.046} = 0.21 m = 21cm$$

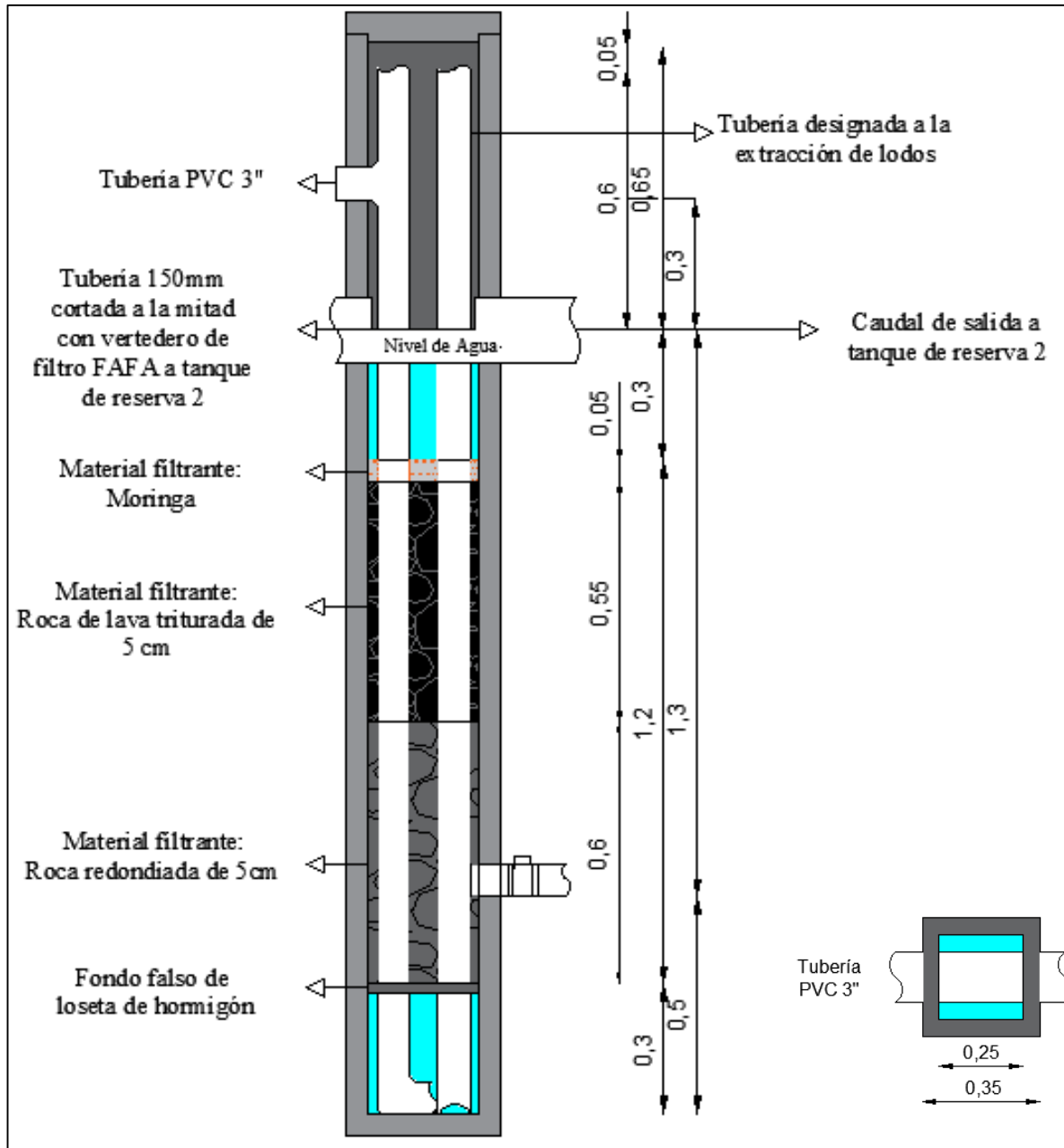


Figura 29. Vista transversal y en planta – filtro FAFA
 Figura 30.

Fuente: Estefanía Peñaloza

2.2.2.3 Alternativa 2

El sistema de tratamiento propuesto por Katukiza, se basa en un filtro en serie, cuyo lecho filtrante (arena de sílice y roca de lava triturada) ha sido seleccionado por los altos porcentajes de remoción de contaminantes que tienen dichos materiales (DBO, DQO, STT, microorganismos y nutrientes), garantizando un funcionamiento óptimo. A continuación, se detalla el procedimiento de su funcionamiento.

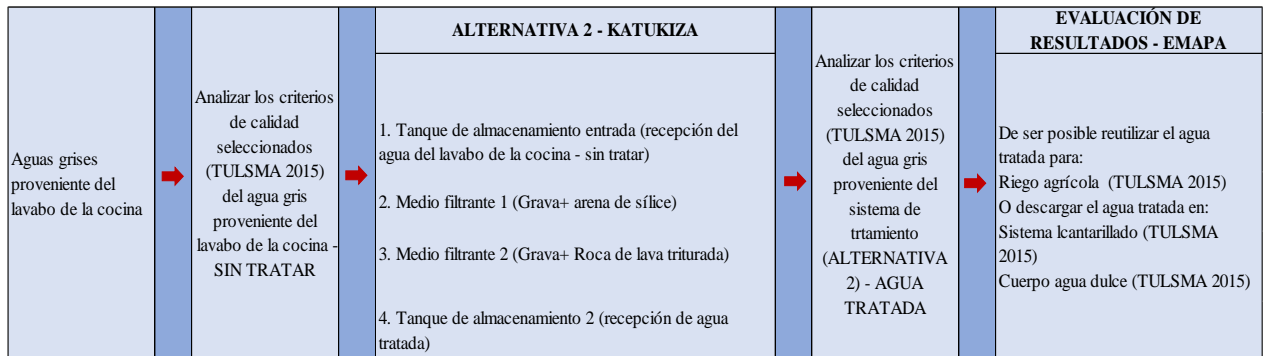


Figura 31. Sistema de tratamiento – Alternativa 2

Fuente: Estefanía Peñaloza

Cálculo y Diseño

- Tanque de almacenamiento

V : Volumen útil (lts)

Tr : Tiempo de retención hidráulica (1 día)

$$V = Qr * Tr$$

Ecuación [12]. Volumen útil -
almacenamiento

$$V = 101.88 \text{ (lt/día)} * (1 \text{ día})$$

$$V = 101.88 \text{ lt}$$

$$V = 0.10188 \text{ m}^3$$

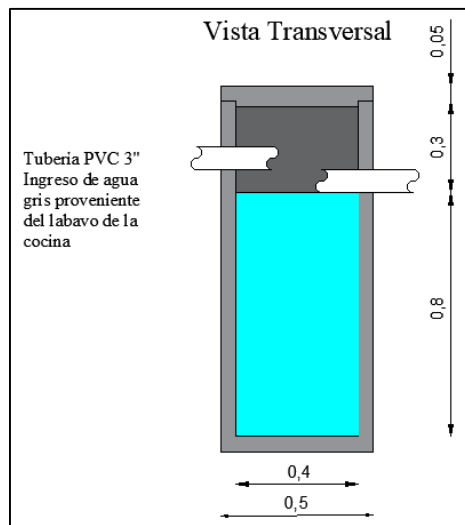


Figura 32. Vista Transversal – volumen tanque de almacenamiento

Figura 33. Fuente: Estefanía Peñaloza

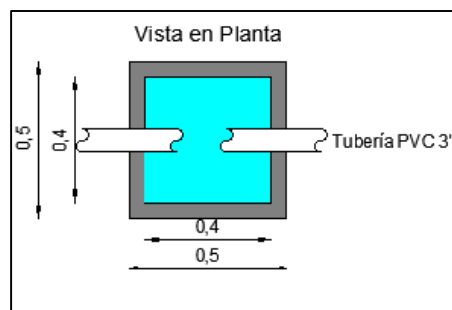


Figura 34. Vista en Planta – Volumen tanque de almacenamiento

Fuente: Estefanía Peñaloza

• **Implantación**

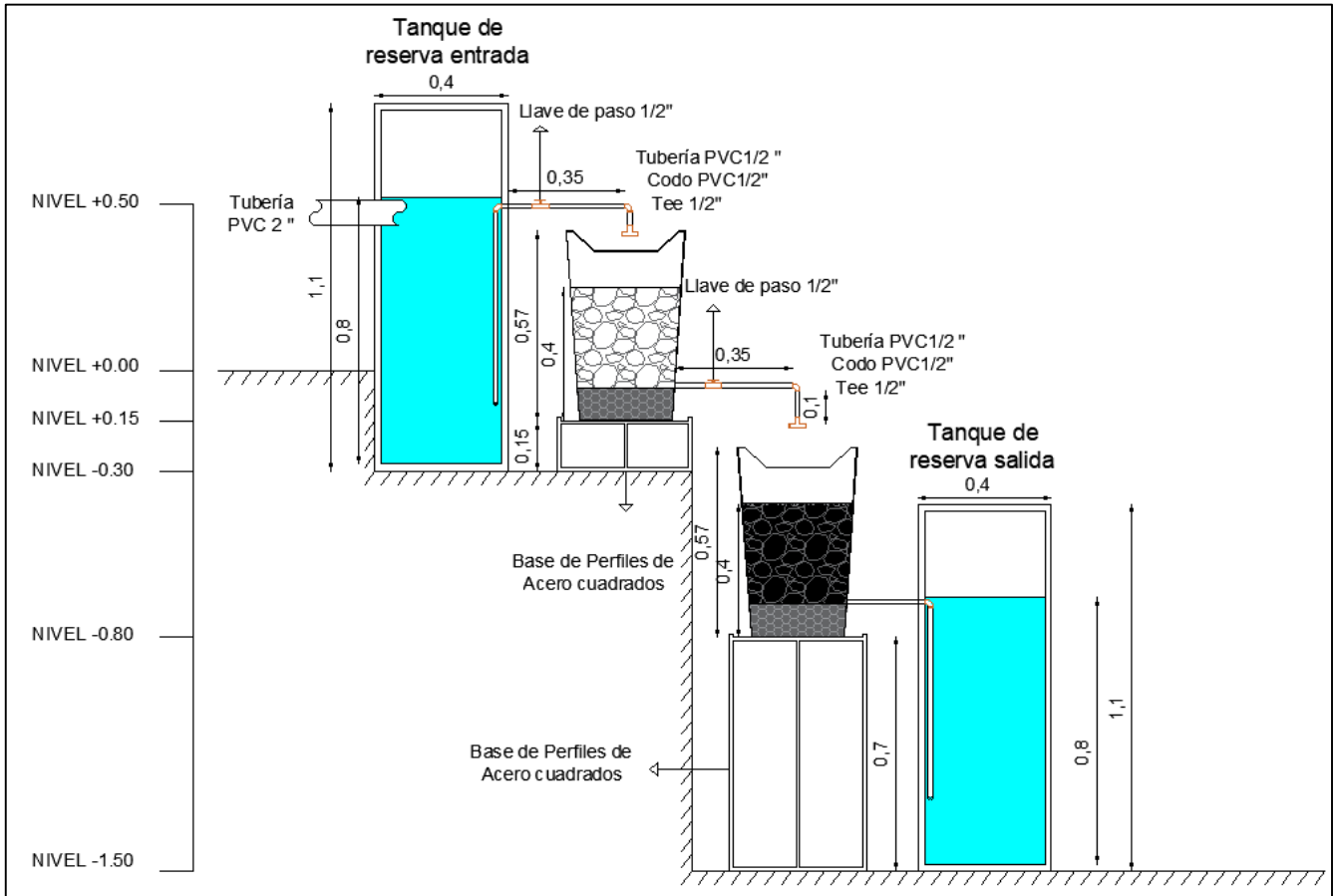


Figura 35. Diseño de planta de tratamiento – Alternativa 2 (Katukiza)

Figura 36. Fuente: Estefanía Peñaloza

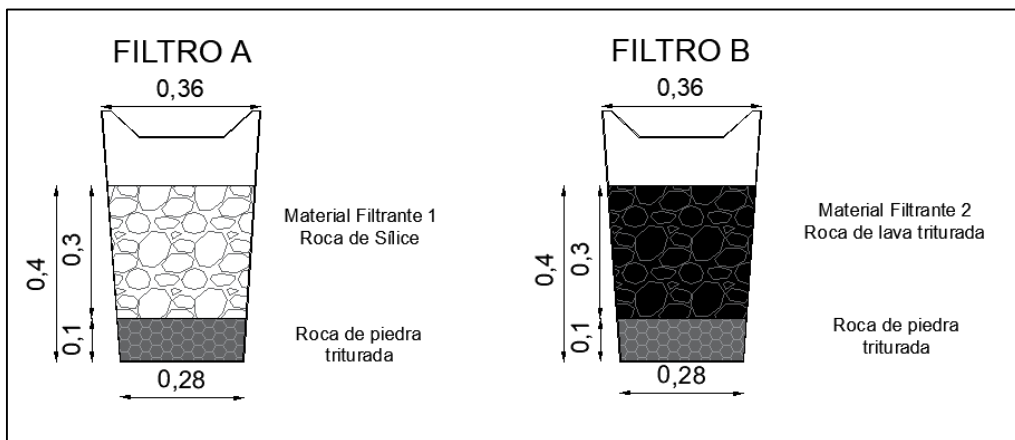


Figura 37. Lecho filtrante – Katukiza

Fuente: Estefanía Peñaloza

2.2.3 Análisis de agua y toma de muestras

Parámetros de agua a analizar en el laboratorio

El análisis se realizará en el laboratorio de control de calidad de EMAPA, para lo cual se ha basado en las tablas 3, 8 y 9 del TULSMA.

Tabla 3. (TULSMA 2015) Criterios de calidad de aguas de riego agrícola

Tabla 8. (TULSMA 2015). Límites de descarga al sistema de alcantarillado

Tabla 9. (TULSMA 2015). Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Los parámetros han sido escogidos acorde al agua a tratar (lavabo de una cocina), se han descartado todos los metales pesados, presentes en dichas tablas los cuales no se trata de ninguna fábrica o algún lugar que produzca altas cantidades de contaminación, por el contrario, el proyecto será para una vivienda unifamiliar. Es **Aceites y grasas (Tabla 3 – TULSMA 2015)**. Se incluyen los aceites y grasas presentes en estado libre, considerándose los de origen animal, vegetal o mineral, el último en un lavabo de cocina tiende a ser nulo, pues proviene de los derivados del petróleo. La mayoría de estos productos son insolubles en el agua, pero consiguen presentarse de manera emulsionada o saponificada, alterando significativamente el olor y sabor del agua.[27]

DBO5 (Tabla 8 y 9 – TULSMA). Permite determinar la materia orgánica biodegradable, se trata de la cantidad de oxígeno presente para descomponer la materia orgánica presente, por acción bioquímica aerobia.[27]

DQO (Tabla 8 y 9 – TULSMA). Su trabajo es determinar el contenido total de materia orgánica oxidable, sea o no orgánica. [27]

Tanto el DBO, como DQO son parámetros importantes para determinar la eficacia de las plantas de tratamiento propuestas.

Material flotante (Tabla 3 – TULSMA 2015). Se caracterizan como parte de la materia flotante a bolas de grasa y componentes líquidos que se esparcen fácilmente sobre el agua.[28]

Nitritos (Tabla 3 – TULSMA 2015). Determina la presencia de contaminación de carácter fecal en el agua.[27]

pH (Tabla 3 – TULSMA 2015). Parámetro que determina la acides y alcalinidad del agua, datos importantes si se desea reutilizar el agua para riego. [27]

Sulfatos (Tabla 3 – TULSMA 2015). Se considera a los sulfatos como fuente de oxígeno a las bacterias, en condiciones anaerobias, se convierte en sulfuro de hidrógeno compuesto altamente inflamable, pero más propenso a presentarse en aguas negras. Sin embargo por su peligrosidad se ha considerado su análisis tanto en la alternativa 1 (trampa de grasas + filtro anaerobio de flujo ascendente como en la alternativa 2 – menos propenso (filtro en serie).[27]

Estos parámetros brindarán información importante sobre la eficacia y funcionamiento de las dos plantas de tratamiento piloto, lo cual permitirá escoger la mejor alternativa, en cuanto a remoción de contaminación se trate.

Toma de muestras

La toma de muestras se realizó en una vivienda de la zona de estudio, es decir en la parroquia de Atahualpa, sector santa Fe a las 11 am, y fueron trasladadas y entregadas para su análisis en el laboratorio de control de calidad en la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato EMAPA, a las 12 pm.

Para la calidad de agua y técnicas de muestreo la presente investigación se basará en la norma NTE INEN 2176, y para el manejo y conservación de muestras se registrará en la norma NTE INEN 2169.

Calidad de agua y técnicas de muestreo

De acuerdo con la norma NTE INEN 2176, las muestras tomadas serán puntuales, siendo estas individuales, recogidas manualmente, representando la calidad de agua tomada a la entrada y salida de cada uno de los sistemas.

Manejo y conservación de muestras

Tipo de recipiente

De acuerdo con la norma NTE INEN 2169, se utilizó recipientes de ámbar, proporcionados por EMAPA.

- No deben generar contaminación por lixiviación.
- Usar recipientes opacos o de vidrio ámbar
- Resistente a altas temperaturas, a rotura
- Facilidad de sellado y apertura, tamaño, forma, peso, disponibilidad, costo y limpieza

Muestreo

- Llenar completamente los recipientes y sellarlos de manera que no exista aire sobre la muestra.
- Remover materia en suspensión, sedimentos, algas en el caso de que el filtro no sea capaz de hacerlo.

Transporte

- Recipientes protegidos y sellados.
- El empaque que traslade los recipientes los debe proteger de la rotura y contaminación.
- Guardar las muestras a temperatura fresca y libre de luz, para el presente proyecto la temperatura de entrega de muestras fue de 21 °C para todas las muestras.
- No exceder el tiempo máximo. Se trasladó a las muestras en un tiempo máximo de 30 minutos.

Recepción de muestras

En lugares fríos y libres de contaminación

Rotulado de recipientes

Se anotó de manera clara y permanente:

- Fecha y hora de muestreo
- Nombre de la persona que lo realiza
- Tipo de análisis a realizarse.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados.

3.1.1 Análisis de la muestra de aguas grises procedentes del lavabo de la cocina

Los resultados obtenidos de la primera muestra, son de agua gris sin tratar (proveniente del lavabo de la cocina), mismos que serán útiles para comparar con las tablas 3, 8 y 9 (TULSMA 2015), para de esta manera tener conocimiento de la calidad de agua a tratar y posteriormente la eficacia de sus tratamientos (alternativa 1 y 2).

Tabla 26. Comparación de los parámetros del agua gris sin tratar con el TULSMA 2015

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Tabla 3. Criterios de calidad de agua para riego agrícola. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO SI/NO
ACEITES Y GRASAS	mg/L	HACH 10300	-	70	30	250	NO
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	Standard Methods - 5210 - D	-	250	100	502	NO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH 8000	-	500	200	882	NO
MATERIAL FLOTANTE	-	Standard Methods - 2530 - B	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Sí
NITRITOS	mg/L	HACH - 8507	0,5	-	-	0.94	NO
pH	U pH	Standard Methods - 4500H+B	6-9	6-9	6-9	7.24	Sí
SULFATOS	mg/L	HACH - 8051	250	400	1000	14	Sí

Fuente: Laboratorio de control de calidad de EMAPA

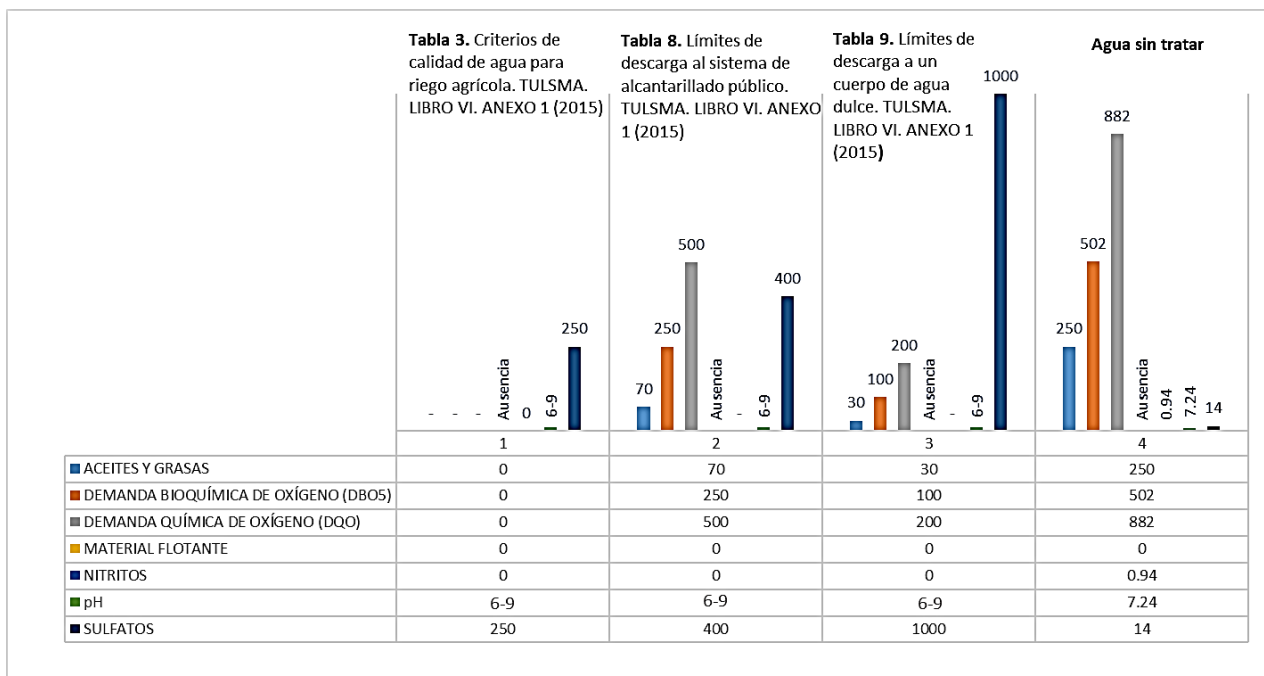


Figura 38. Comparación de los parámetros del agua gris sin tratar con el TULSMA 2015

Fuente. Estefanía Peñaloza

Como se observa en la tabla 21 y figura 22 de comparación, algunos de los resultados sobrepasan los límites admisibles propuestos por las tablas 3, 8 y 9 (TULSMA 2015), la **tabla 3** presenta parámetros sobre la calidad de agua para riego agrícola, la **tabla 8** expone los límites de descarga al sistema de alcantarillado público y la **tabla 9** los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, de los cuales se han seleccionado 7 para su análisis.

Aceites y grasas con 250 mg/L, resultado que sobrepasa los valores (0, 70 y 30 mg/L) de la tabla 3, 8 y 9; demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) con 502 mg/L, resultado que sobrepasa los valores (250 y 100 mg/L) de la tabla 8 y 9; demanda química de oxígeno (DQO) con 882 mg/L resultado que sobrepasa los valores (500 y 200 mg/L) de la tabla 8 y 9; existe ausencia de material flotante para todas las tablas; nitritos con 0.94 mg/L resultado que sobrepasa el valor (0.5 mg/L) de la tabla 3; por otro lado el pH con 7.24 U pH, se encuentra en el rango de las tablas 3, 8 y 9 (7 a 9 U pH); y los sulfatos con un resultado de 14 mg/L se encuentra como valor

mínimo en comparación con los valores (250, 400 y 100 mg/L) expuestos por las tablas 3, 8 y 9.

Este análisis ayuda a entender que el agua proveniente del lavabo de la cocina se encuentra en altos niveles de contaminación y que sin tratar no serviría para riego, tampoco para descargar en sistemas de alcantarillado o cuerpos de agua dulce.

3.1.2 Análisis de la muestra – Alternativa 1

Los resultados obtenidos de la segunda muestra, son del agua tratada por la alternativa 1 (Trampa de grasas + filtro FAFA), mismos que serán útiles para comparar con las tablas 3, 8 y 9 (TULSMA 2015), para de esta manera tener conocimiento de la calidad de agua que se obtuvo al aplicar los conceptos, diseños y construcción propuestos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) de una trampa de grasas + un filtro FAFA (roca redondeada [5 – 10 cm OPS], roca de lava triturada (experimental) y semillas de moringa (experimental)).

Tabla 27. Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la alternativa 1 (T. Grasas + filtro FAFA) con el TULSMA 2015

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Tabla 3. Criterios de calidad de agua para riego agrícola. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO SI/NO
ACEITES Y GRASAS	mg/L	HACH 10300	Ausencia	70	30	19,6	NO
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	Standard Methods - 5210 - D	-	250	100	44,7	SÍ
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH 8000	-	500	200	78,7	SÍ
MATERIAL FLOTANTE	-	Standard Methods - 2530 - B	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	SÍ
NITRITOS	mg/L	HACH - 8507	0,5	-	-	0,0903	SÍ
pH	U pH	Standard Methods - 4500H+B	9	9	9	6,84	SÍ
SULFATOS	mg/L	HACH - 8051	250	400	1000	14	SÍ

Fuente. Laboratorio de control de calidad de EMAPA

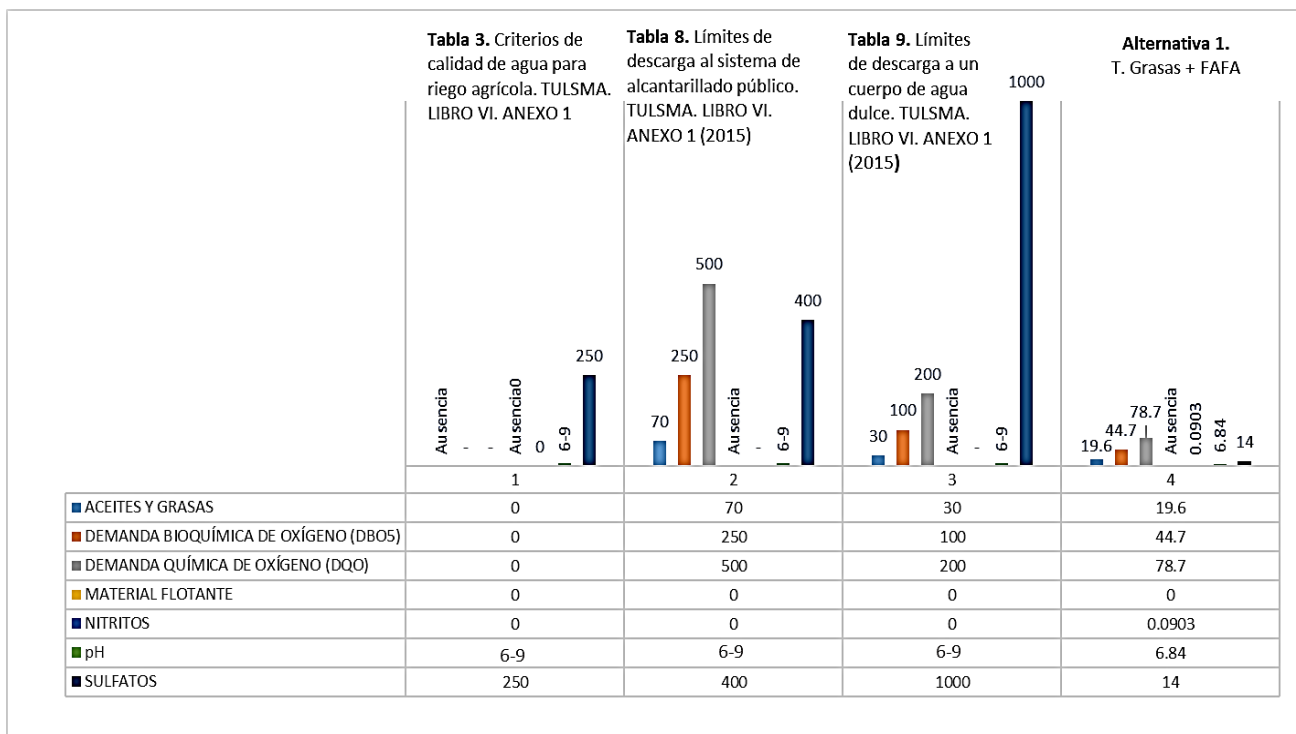


Figura 39. Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la alternativa 1 (T. Grasas + filtro FAFA) con el TULSMA 2015

Fuente. Estefanía Peñaloza

Como se observa en la tabla 23 y figura 19 de comparación entre la alternativa 1 (trampa de grasas + FAFA) con los parámetros del TULSMA, en su mayoría los resultados cumplen con los límites admisibles propuestos por las tablas 3, 8 y 9 (TULSMA 2015), la **tabla 3** presenta parámetros sobre la calidad de agua para riego agrícola, la **tabla 8** expone los límites de descarga al sistema de alcantarillado público y la **tabla 9** los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, de estas tablas se han seleccionado 7 parámetros para su análisis.

Aceites y grasas con 19.6 mg/L, resultado que sobrepasa la ausencia de la tabla 3, y no sobrepasa con los valores (70 y 30 mg/L) de la tabla 8 y 9; demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) con 44.7 mg/L, resultado que no sobrepasa los valores (250 y 100 mg/L) de la tabla 8 y 9; demanda química de oxígeno (DQO) con 78.7 mg/L resultado que no sobrepasa los valores (500 y 200 mg/L) de la tabla 8 y 9; existe ausencia de material flotante para todas las tablas; nitritos con 0.0903 mg/L

resultado que no sobrepasa el valor (0.5 mg/L) de la tabla 3; por otro lado, el pH con 6.84 U pH, se encuentra en el rango de las tablas 3, 8 y 9 (7 a 9 U pH); y los sulfatos con un resultado de 14 mg/L se encuentra como valor mínimo en comparación con los valores (250, 400 y 100 mg/L) expuestos por las tablas 3, 8 y 9.

Este análisis detalla que el agua proveniente del lavabo de la cocina tratada por la alternativa 2 (Trampa de grasas + filtro FAFA) se encuentra en bajos niveles de contaminación y que posiblemente sirva para riego, o para descargar libremente en el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua dulce.

La única alternativa que incumple con la tabla 3 (Agua de riego agrícola) es la de aceites y grasas, involucradas en esta parte grasas animales, aceites vegetales, jabón de platos; el aceite vegetal residual se degrada biológicamente, motivo por el cual se los considera en su mayoría toxicológicamente inofensivos, pero su vertimiento directo puede causar al suelo ciertos problemas como: erosión, pérdida de fertilidad del suelo, destrucción de hábitats (MINAMBIENTE, 2017), motivo por el cual el TULSMA considera que este parámetro debe estar ausente para riego.[29]

3.1.3 Análisis de la muestra – Alternativa 2

Los resultados obtenidos de la tercera muestra, son del agua tratada por la alternativa 2 (Filtro en serie - Katukiza), mismos que serán útiles para comparar con las tablas 3, 8 y 9 (TULSMA 2015), para de esta manera tener conocimiento de la calidad de agua que se obtuvo al aplicar los conceptos, diseños y construcción de un filtro en serie propuesto para reutilizar agua en Uganda (Grava + roca de lava triturada + arena de sílice).

Tabla 28. Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la alternativa 2 (Filtro en serie - Katukiza) con el TULSMA 2015

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Tabla 3. Criterios de calidad de agua para riego agrícola. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO SI/NO
ACEITES Y GRASAS	mg/L	HACH 10300	Ausencia	70	30	6.2	NO
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	Standard Methods - 5210 - D	-	250	100	29.7	SÍ
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH 8000	-	500	200	56,1	SÍ
MATERIAL FLOTANTE	-	Standard Methods - 2530 - B	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	SÍ
NITRITOS	mg/L	HACH - 8507	0,5	-	-	0,0552	SÍ
pH	U pH	Standard Methods - 4500H+B	6-9	6-9	6-9	7,03	SÍ
SULFATOS	mg/L	HACH - 8051	250	400	1000	5	SÍ

Fuente. Laboratorio de control de calidad de EMAPA

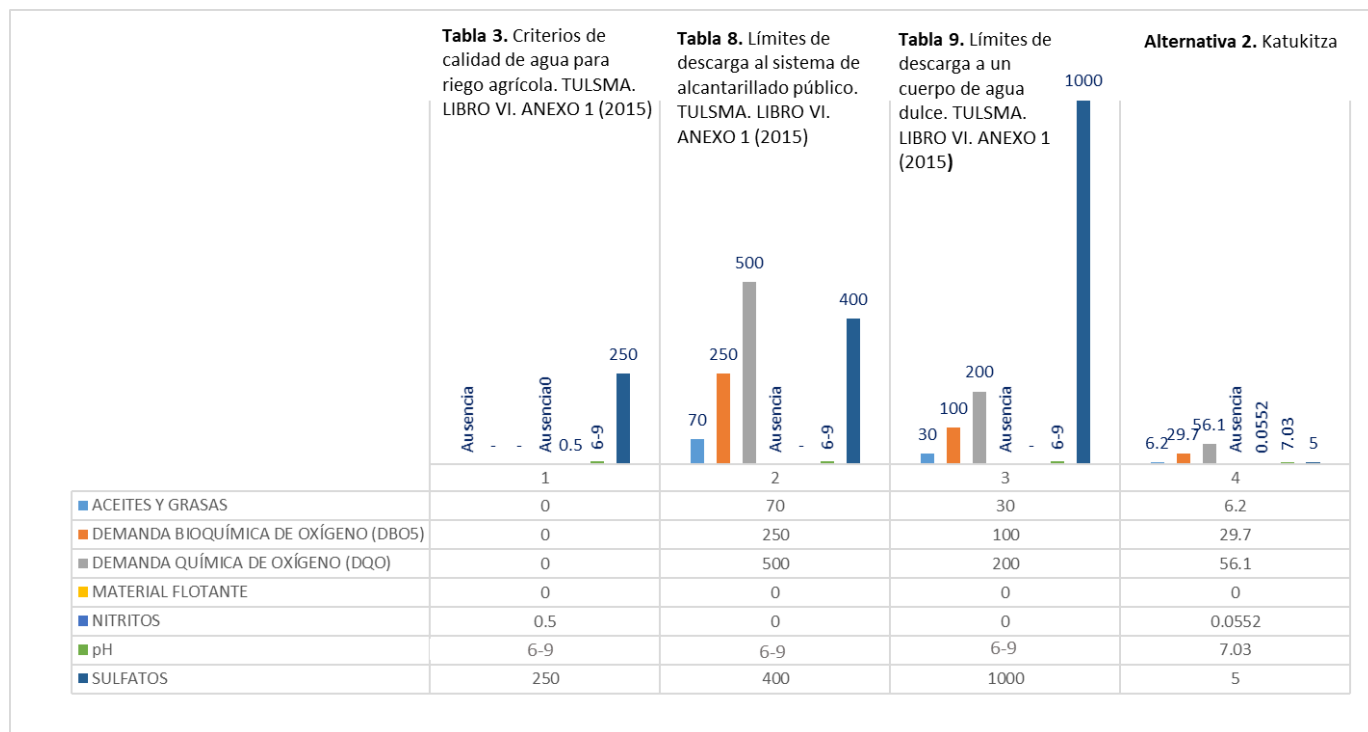


Figura 40. Comparación de los parámetros del efluente obtenido con la con la alternativa 2 (Filtro en serie - Katukiza) con el TULSMA 2015

Fuente. Estefanía Peñaloza

Como se observa en la tabla 23 y figura 22 de comparación entre la alternativa 2 (Filtro en serie - Katukiza) con los parámetros del TULSMA, en su mayoría los resultados cumplen con los límites admisibles propuestos por las tablas 3, 8 y 9 (TULSMA 2015), la **tabla 3** presenta parámetros sobre la calidad de agua para riego agrícola, la **tabla 8** expone los límites de descarga al sistema de alcantarillado público y la **tabla 9** los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, de estas tablas se han seleccionado 7 parámetros para su análisis.

Aceites y grasas con 6.2 mg/L, resultado que sobrepasa la ausencia de la tabla 3, y no sobrepasa con los valores (70 y 30 mg/L) de la tabla 8 y 9; demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) con 29.7 mg/L, resultado que no sobrepasa los valores (250 y 100 mg/L) de la tabla 8 y 9; demanda química de oxígeno (DQO) con 56.1 mg/L resultado que no sobrepasa los valores (500 y 200 mg/L) de la tabla 8 y 9; existe ausencia de material flotante para todas las tablas; nitritos con 0.0552 mg/L

resultado que no sobrepasa el valor (0.5 mg/L) de la tabla 3; por otro lado, el pH con 7.03 U pH, se encuentra en el rango de las tablas 3, 8 y 9 (7 a 9 U pH); y los sulfatos con un resultado de 5 mg/L se encuentra como valor mínimo en comparación con los valores (250, 400 y 100 mg/L) expuestos por las tablas 3, 8 y 9.

Este análisis detalla que el agua proveniente del lavabo de la cocina tratada por la alternativa 2 (Filtro en serie - Katukiza) se encuentra en bajos niveles de contaminación y que posiblemente sirva para riego, o para descargar libremente en el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua dulce.

La única alternativa que incumple con la tabla 3 (Agua de riego agrícola) es la de aceites y grasas, con un valor de 6.2 mg/L, el TULSMA propone la ausencia de dicho parámetro, por su influencia en la degradación de suelos en la agricultura.

3.1.4 Análisis comparativo: muestra de agua sin tratar vs. alternativas 1 y 2

Se procede a comparar los resultados de remoción de siete parámetros seleccionados: aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno DBO5, demanda química de oxígeno DQO, materia flotante, nitritos, pH y sulfatos.

Alternativa 1. Se analizará si el material filtrante utilizado, el diseño y construcción (OPS) de una trampa de grasas + filtro FAFA fueron suficientes para remover del agua proveniente del lavado de la cocina cantidades óptimas de contaminación presente en los siete parámetros seleccionados.

Alternativa 2. Se analizará si el material filtrante utilizado, el diseño y construcción (Katukiza) de un filtro en serie fueron suficientes para remover del agua proveniente del lavado de la cocina cantidades óptimas de contaminación presente en los siete parámetros seleccionados.

Tabla 29. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. la alternativa 1 y 2.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS AGUA SIN TRATAR	RESULTADOS (Alternativa 1)	CUMPLIMIENTO SI/NO	RESULTADOS (Alternativa 2)	CUMPLIMIENTO SI/NO
ACEITES Y GRASAS	mg/L	250	19,6	SÍ	6,2	SÍ
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	502	44,7	SÍ	29,7	SÍ
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	882	78,7	SÍ	56,1	SÍ
MATERIAL FLOTANTE	-	Ausencia	Ausencia	SÍ	Ausencia	SÍ
NITRITOS	mg/L	0,94	0,0903	SÍ	0,0552	SÍ
pH	U pH	7,24	6,84	SÍ	7,03	SÍ
SULFATOS	mg/L	14	14	-	5	SÍ

Fuente. Estefanía Peñaloza

Se puede observar que tanto en la muestra de la alternativa 1, como la muestra de la alternativa 2 los parámetros han bajado en cantidades óptimas en comparación a los altos resultados que arrojó el agua sin tratar, cumpliendo en su totalidad con la remoción de los contaminantes analizados, ahora bien, se puede señalar que ambas plantas de tratamiento piloto han cumplido con su trabajo de remoción y limpieza.

3.1.5 Análisis comparativo: muestra de agua sin tratar vs. alternativa 1

Se procede a comparar los resultados de remoción de siete parámetros seleccionados: aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno DBO5, demanda química de oxígeno DQO, materia flotante, nitritos, pH y sulfatos.

En esta sección se procede a hacer una comparación un poco más minuciosa, únicamente entre la alternativa 1 y el agua sin tratar.

Alternativa 1. Se analizará si el material filtrante utilizado, el diseño y construcción (OPS) de una trampa de grasas + filtro FAFA fueron suficientes para remover del agua proveniente del lavabo de la cocina cantidades óptimas de contaminación presente en los siete parámetros seleccionados antes del tratamiento del agua gris proveniente del lavabo de la cocina.

Tabla 30. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar con la alternativa 1

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS AGUA SIN TRATAR	RESULTADOS (Alternativa 1)	CUMPLIMIENTO SI/NO
ACEITES Y GRASAS	mg/L	250	19.6	SÍ
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	502	44.7	SÍ
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	882	78.7	SÍ
MATERIAL FLOTANTE	-	Ausencia	Ausencia	SÍ
NITRITOS	mg/L	0.94	0.0903	SÍ
pH	U pH	7.24	6.84	SÍ
SULFATOS	mg/L	14	14	-

Fuente. Estefanía Peñaloza

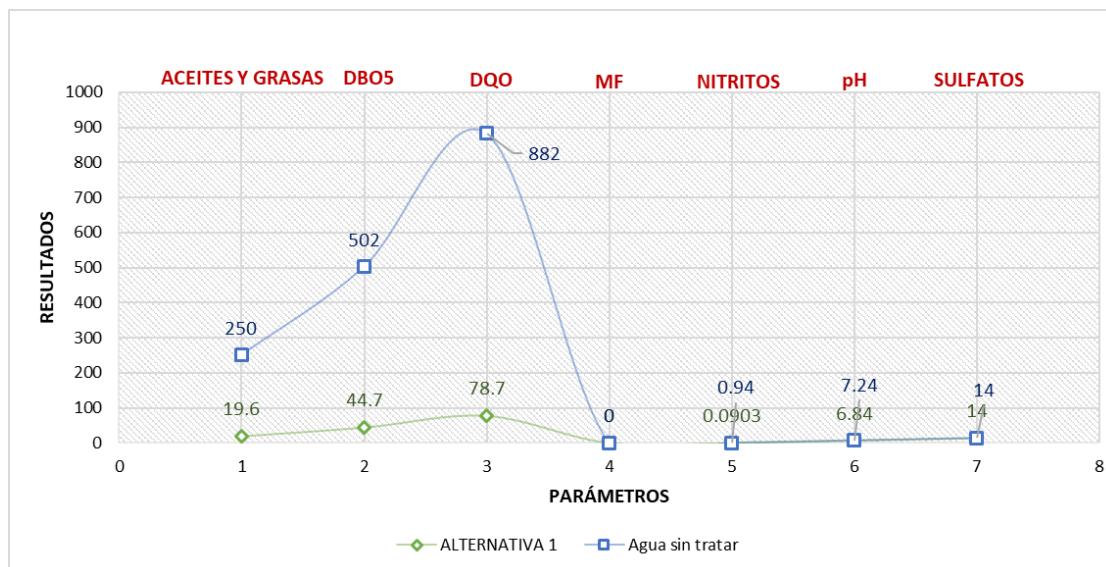


Figura 41. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. ALTERNATIVA 1

Fuente. Estefanía Peñaloza

Al analizar a detalle el funcionamiento y remoción de contaminantes de la alternativa 1, se observa en la tabla 25 y figura 23 que, en cuanto a aceites y grasas (250 mg/L) se ha removido hasta (19.6mg/L), en la sección 3.1.2 se puede observar que esta cantidad no es suficiente para la tabla de riego del TULSMA, pero se demuestra el funcionamiento de la planta de tratamiento piloto (Trampa de grasas + FAFA) pero no se tuvo una eficacia para su remoción total; para la demanda bioquímica de oxígeno con (502 mg/L) se ha removido hasta (44.7 mg/L); en la demanda química de oxígeno con (882 mg/L) se ha reducido su contaminación hasta (78.7 mg/L); en cuestión con el material flotantes se presenta ausente tanto para el agua sin tratar como para el agua tratada; continuando con los nitritos cuyo valor inicial antes de ser tratado ya es bajo (0.94 mg/L) se ha llegado a un valor de (0.0903 mg/L); por otro lado el pH, ha tenido una remoción mínima de (7.24 U pH a 6.84 U pH); por último en los sulfatos no hubo remoción, se mantuvo con un valor de (14 mg/L) mismo que pasa desapercibido pues cumple con los parámetros de las tablas 3, 8 y 9 del TULSMA expresados en la sección 3.1.2.

3.1.6 Análisis comparativo: muestra de agua sin tratar vs. ALTERNATIVA 2

Se procede a comparar los resultados de remoción de siete parámetros seleccionados: aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno DBO5, demanda química de oxígeno DQO, materia flotante, nitritos, pH y sulfatos.

Alternativa 2. Se analizará si el material filtrante utilizado, el diseño y construcción (Katukiza - Uganda) de un filtro en serie fueron suficientes para remover del agua proveniente del lavabo de la cocina cantidades óptimas de contaminación presente en los siete parámetros seleccionados antes del tratamiento del agua gris procedente del lavabo de la cocina.

Tabla 31. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. alternativa 2.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS AGUA SIN TRATAR	RESULTADOS (Alternativa 2)	CUMPLIMIENTO SI/NO
ACEITES Y GRASAS	mg/L	250	6,2	SÍ
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	502	29,7	SÍ
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	882	56,1	SÍ
MATERIAL FLOTANTE	-	Ausencia	Ausencia	SÍ
NITRITOS	mg/L	0.94	0,0552	SÍ
pH	U pH	7.24	7,03	SÍ
SULFATOS	mg/L	14	5	SÍ

Fuente. Estefanía Peñaloza

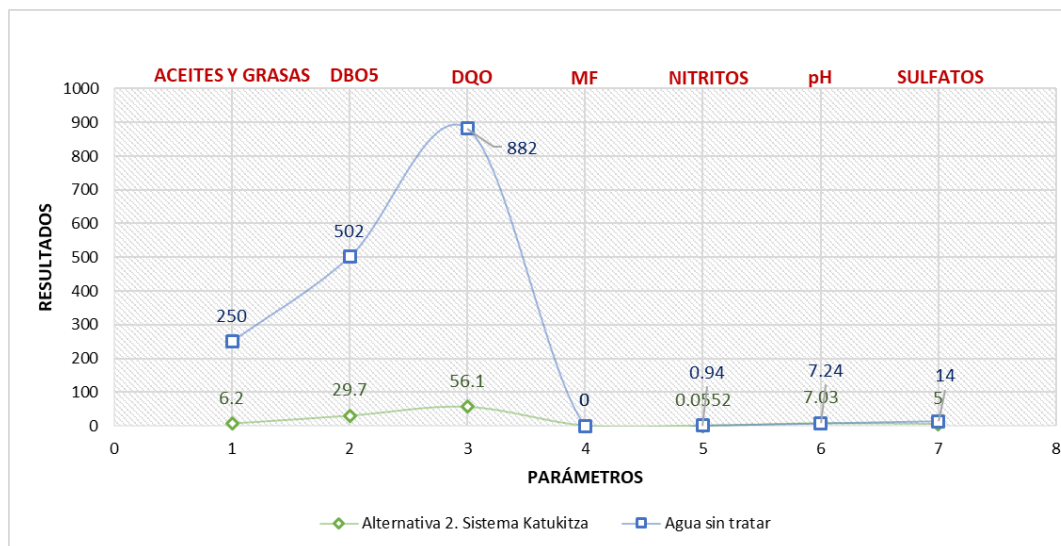


Figura 42. Comparación de los parámetros del efluente obtenido de agua sin tratar vs. alternativa 2.

Fuente. Estefanía Peñaloza

Al analizar a pormenor el funcionamiento y remoción de contaminantes de la alternativa 2, se observa en la tabla 26 y figura 24 que, en cuanto a aceites y grasas (250 mg/L) se ha removido hasta (6.2 mg/L), demostrándose el funcionamiento de la planta de tratamiento piloto (Trampa de grasas + FAFA), sin embargo en la sección 3.1.3 se puede observar que esta cantidad no es suficiente para la tabla de riego del TULSMA, no obteniéndose una eficacia para su remoción total; por otra parte para la demanda bioquímica de oxígeno con (502 mg/L) se ha removido hasta (29.7 mg/L); en la demanda química de oxígeno con (882 mg/L) se ha reducido su contaminación hasta (56.1 mg/L); en cuestión con el material flotantes se presenta ausente tanto para el agua sin tratar como para el agua tratada por la alternativa 2; continuando con los nitritos cuyo valor inicial antes de ser tratado ya es bajo (0.94 mg/L) se ha llegado a un valor de (0.0552 mg/L); por otro lado el pH, ha tenido una remoción mínima de (7.24 U pH a 7.03 U pH); por último en los sulfatos se ha logrado una remoción de (14 mg/L a 5 mg/L).

3.1.7 Análisis comparativo de la muestra de agua procedente de la Alternativa Vs Alternativa 2 (Porcentaje de remoción)

Se ha procedido a comparar el porcentaje de remoción de la alternativa 1 vs. Porcentaje de remoción de la alternativa 2, para de esta manera determinar cuál de las os opciones se ha presentado como la óptima para realizar el trabajo remoción de contaminantes de aguas grises provenientes del lavabo de la cocina, cabe recalcar que ambas opciones han presentado valores de remoción adecuados y muy útiles para el trabajo, pero una de ellas ha funcionado más que la otra.

Tabla 32. Porcentajes de comparación Alternativa 1 vs. Alternativa 2.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS AGUA SIN TRATAR	ALTERNATIVA 1	PORCENTAJE DE REMOCIÓN	ALTERNATIVA 2	PORCENTAJE DE REMOCIÓN
ACEITES Y GRASAS	mg/L	250	19.6	92.16	6.2	97.52
DBO5	mg/L	502	44.7	91.10	29.7	94.08
DQO	mg/L	882	78.7	91.08	56.1	93.64
MF	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
NITRITOS	mg/L	0.94	0.0903	90.39	0.0552	94.13
pH	U pH	7.24	6.84	5.52	7.03	2.90
SULFATOS	mg/L	14	14	0.00	5	64.29

Fuente. Estefanía Peñaloza

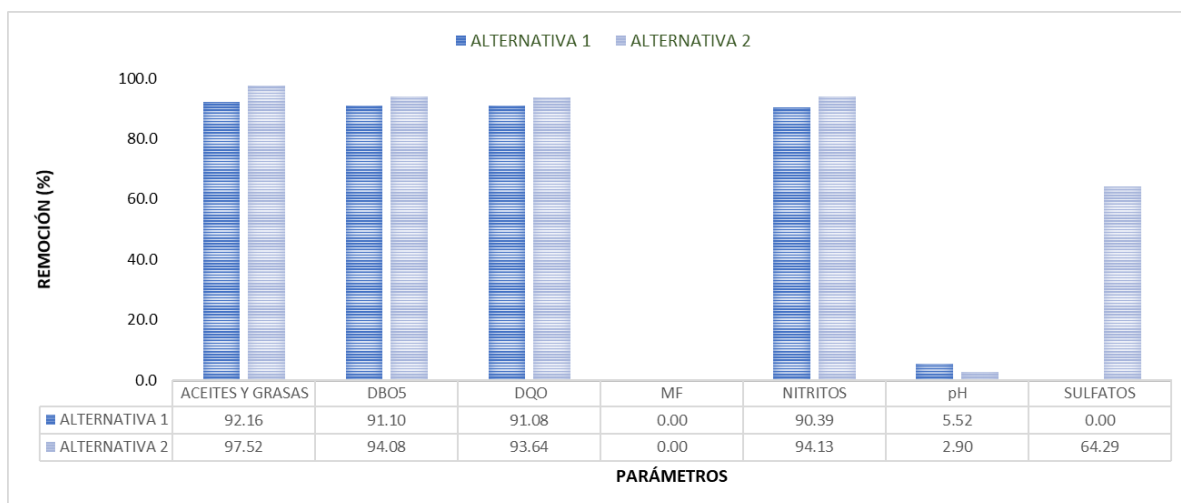


Figura 43. Porcentajes de comparación Alternativa 1 vs. Alternativa 2.

Fuente. Estefanía Peñaloza

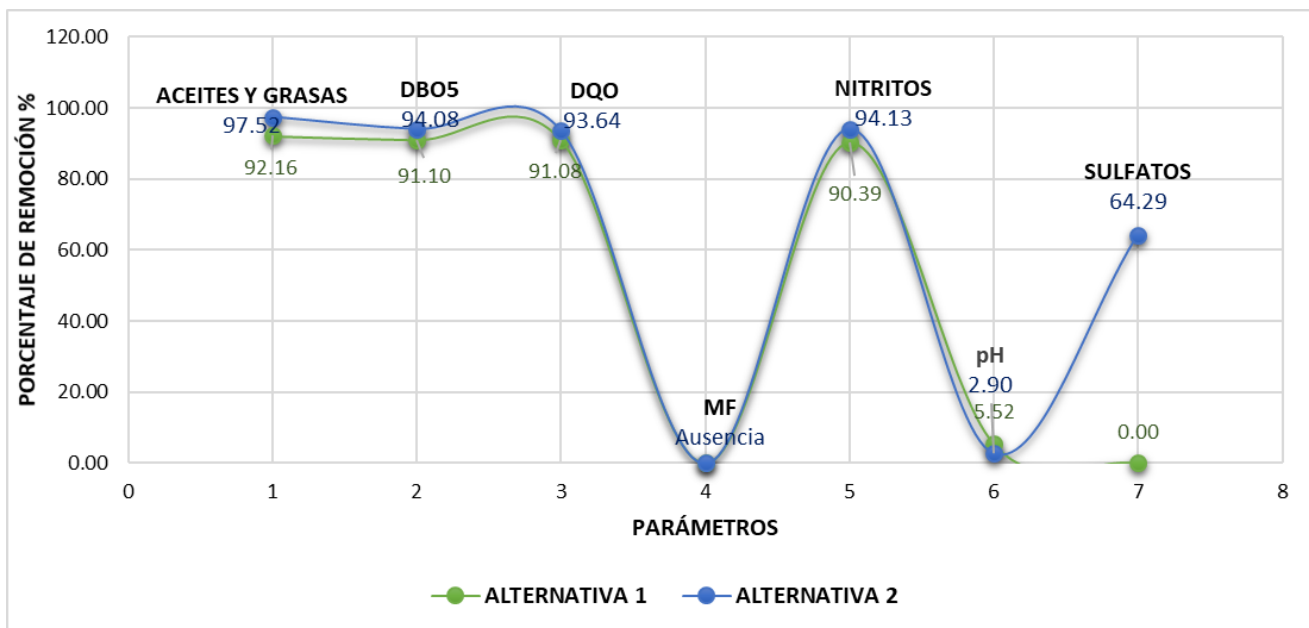


Figura 44. Porcentajes de comparación Alternativa 1 vs. Alternativa 2.

Fuente. Estefanía Peñaloza

Como se puede observar en la tabla 27 y las figuras 25 y 26, a simple vista se detalla un porcentaje de remoción bastante aproximado entre la alternativa 1 y 2, en cuestión a **aceites y grasas** la alternativa 1 ha alcanzado una eliminación de (92.16 %), mientras que la alternativa 2 ha tenido una remoción de (97.52 %); continuando con la **demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)**, la alternativa 1 ha alcanzado una remoción de (91.10 %), mientras que la alternativa 2 ha obtenido un (94.08%) de eliminación; en cuanto a la **demanda química de oxígeno (DQO)** la alternativa 1 ha tenido una remoción de (91.08 %), por otro lado la alternativa 2, ha alcanzado un valor de (93.64 %); otro de los parámetros analizados ha sido **material flotante**, mismo que no se encuentra presente en ninguna de las alternativas; así mismo se ha analizado **nitritos** presentes, teniendo la alternativa 1 un 90.39% de remoción, con un (94.13%) de la alternativa 2; continuando con el **pH**, la alternativa 1 ha tenido una remoción de (5.52%) y la alternativa 2 (2.90%); por último parámetro a analizar son los **sulfatos**, cuyos resultados han sido 0% de eliminación por parte de la alternativa 1, mientras que la alternativa 2 ha alcanzado una remoción del 64.29 %.

Evidentemente al analizar los valores de los porcentajes la alternativa 2 ha tenido un mejor funcionamiento en comparación a la alternativa 2.

3.1.8 Análisis de los resultados obtenidos de la alternativa 1 y 2, con la tabla 3. TULSMA 2015

El enfoque y detalle en esta parte es muy importante, siendo uno de los objetivos del presente proyecto la reutilización de aguas grises provenientes del lavabo de la cocina, se ha considerado una propuesta interesante el usarla en regadío, sin embargo, se debe estudiar y analizar si el agua tratada por las alternativas 1 y 2, es apta para este trabajo.

Se procederá a comparar cuál de las dos alternativas es más favorable, o en caso de ser una o ninguna.

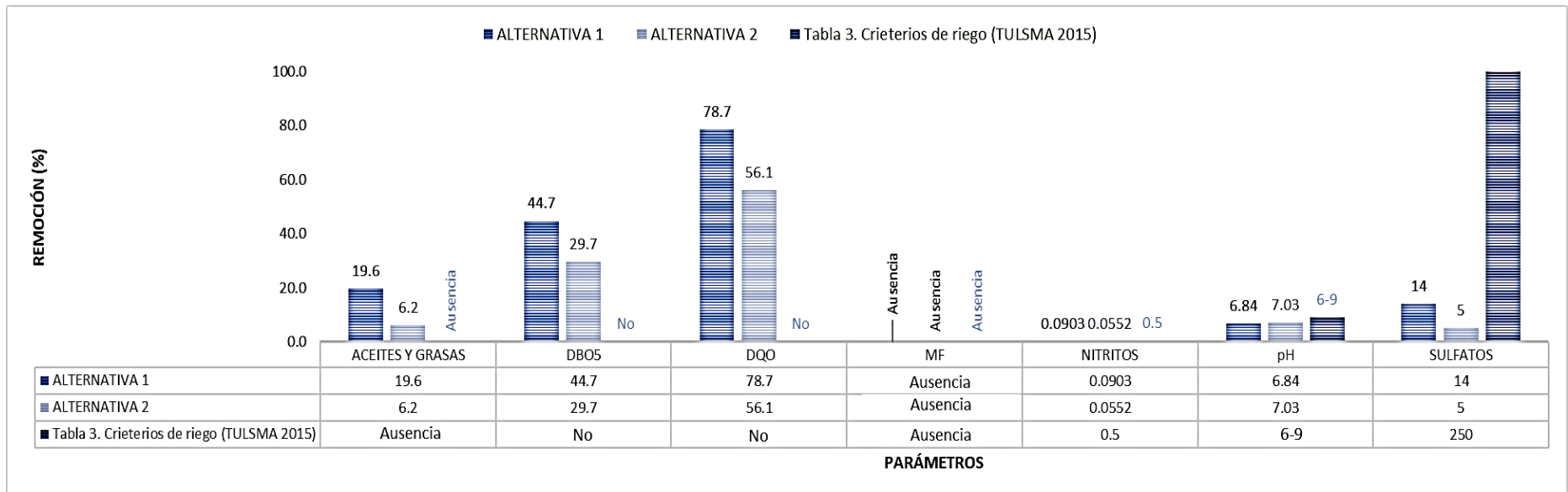


Figura 45. Análisis de las plantas de tratamiento 1 y 2, y su eficacia para poder ser reutilizada como agua de riego

Fuente. Estefanía Peñaloza

Al analizar la figura 30 se observa que tanto la alternativa 1 como la alternativa 2, cumplen con casi todos los parámetros, excepto con uno; siendo el lavabo de la cocina el lugar de donde provienen una gran cantidad de aceites y grasas (aceite vegetal, animal, jabones líquidos, jabones sólidos, etcétera) se origina una cantidad muy grande de aceites y grasas, es decir de un valor inicial de 250 mg/L obtenido del agua sin tratamiento, la alternativa 1, logró bajar ese valor hasta 19.6 mg/L (92.16 % de remoción. Véase tabla 27); mientras que la alternativa 2, logró bajar este valor hasta 6.2 mg/L (97.52 % de remoción. Véase tabla 27), incumpliendo ambos el valor ausente requerido por el TULSMA, sin embargo, la alternativa 2 alcanzó un porcentaje de eliminación más alto. Por otro lado, la tabla 3 para riego, no requiere análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), y tampoco de demanda química de oxígeno (DQO), asimismo, existe una ausencia de material flotante en las dos alternativas, cumpliendo con la tabla de riego; mientras tanto en nitritos, pH y sulfatos todos los valores expuestos en la gráfica cumplen con los valores admisibles propuestos por la tabla de control de calidad de riego (TULSMA 2015), Análisis ya realizado en la sección (3.).

3.1.9 Análisis de los resultados obtenidos de la alternativa 1 y 2, con la tabla 8. TULSMA 2015

Se procederá a comparar que alternativa, o ambas, podrán ser arrojadas al sistema de alcantarillado de tal manera que puedan contribuir con un sistema de aguas tratadas, amigable con el medio ambiente.

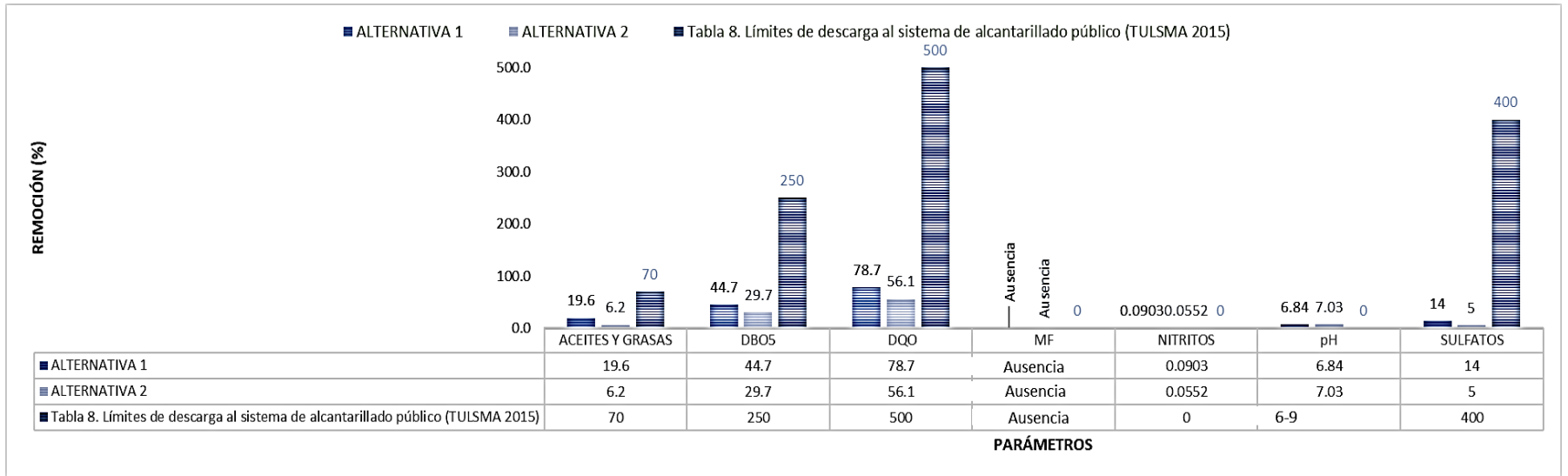


Figura 46. Análisis de las plantas de tratamiento 1 y 2, y su eficacia para poder ser descargada al sistema de alcantarillado, ayudando al medio ambiente

Fuente: Estefanía Peñaloza

Al analizar la figura 31, se observa que tanto la alternativa 1 como la alternativa 2, cumplen con todos los parámetros; aceites y grasas, de 250 mg/L obtenidos del agua sin tratamiento, la alternativa 1, logró bajar ese valor hasta 19.6 mg/L (92.16 % de remoción. Véase tabla 27); mientras que la alternativa 2, logró bajar este valor hasta 6.2 mg/L (97.52 % de remoción. Véase tabla 27), cantidades menores a 70 mg/L que pide la tabla 8 (TULSMA 2015); para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅, la alternativa 1, logró bajar ese valor hasta 44.7 mg/L (91.10 % de remoción. Véase tabla 27); mientras que la alternativa 2, logró bajar este valor hasta 56.1 mg/L (93.64 % de remoción. Véase tabla 27), cantidades menores a 250 mg/L que pide la tabla 8 (TULSMA 2015); para la demanda química de oxígeno (DBO₅, la alternativa 1, logró bajar ese valor hasta 78.7 mg/L (91.08 % de remoción. Véase tabla 27); mientras que la alternativa 2, logró bajar este valor hasta 56.1 mg/L (93.64 % de remoción. Véase tabla 27), cantidades menores a 500 mg/L que pide la tabla 8 (TULSMA 2015), existe una ausencia de material flotante en las dos alternativas, cumpliendo con la tabla 8 (TULSMA 2015); mientras tanto en nitritos, pH y sulfatos (todos los valores de la alternativa 1 y 2, cumplen con los valores admisibles (-, 6-9 y 400 mg/L) respectivamente.

3.1.10 Análisis de los resultados obtenidos de la alternativa 1 y 2, con la tabla 9. TULSMA 2015

Se procederá a comparar que alternativa, o ambas, podrán ser descargadas a un cuerpo de agua dulce, contribuyendo con el planeta, al arrojar aguas tratadas, con porcentajes bajos de contaminación.

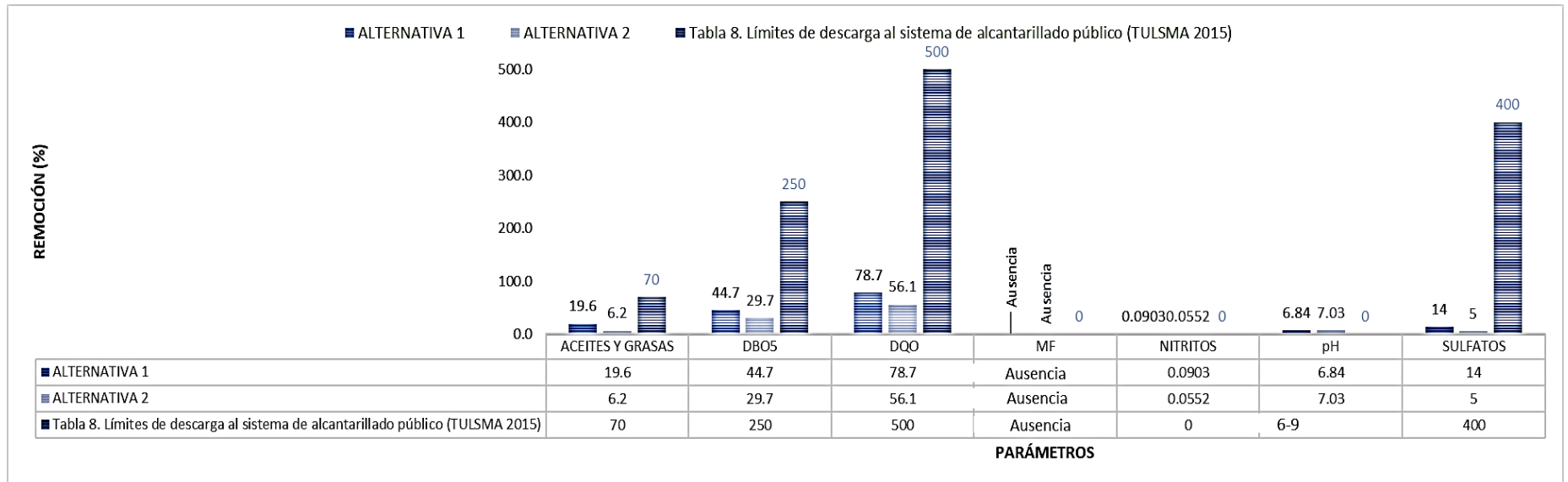


Figura 47. Análisis de las plantas de tratamiento 1 y 2, y su eficacia para poder ser descargada al sistema de alcantarillado, ayudando al medio ambiente

Fuente: Estefanía Peñaloza

Al analizar la figura 32, se observa que tanto la alternativa 1 como la alternativa 2, cumplen con todos los parámetros; aceites y grasas, alternativa 1, con 19.6 mg/L (92.16 % de remoción. Véase tabla 27); alternativa 2, con 6.2 mg/L (97.52 % de remoción. Véase tabla 27), cantidades menores a 30 mg/L que pide la tabla 9 (TULSMA 2015); para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5, la alternativa 1, logró bajar ese valor hasta 44.7 mg/L (91.10 % de remoción. Véase tabla 27); mientras que la alternativa 2, logró bajar este valor hasta 56.1 mg/L (93.64 % de remoción. Véase tabla 27), cantidades menores a 100 mg/L que solicita la tabla 9 (TULSMA 2015); para la demanda química de oxígeno (DBO5, la alternativa 1, obtuvo 78.7 mg/L (91.08 % de remoción. Véase tabla 27); mientras que la alternativa 2, logró 56.1 mg/L (93.64 % de remoción. Véase tabla 27), cantidades menores a 200 mg/L que pide la tabla 9 (TULSMA 2015), existe una ausencia de material flotante en ambas alternativas, cumpliendo con la tabla 9 (TULSMA 2015); mientras tanto en nitritos, pH y sulfatos (todos los valores de la alternativa 1 y 2, cumplen con los valores admisibles (-, 6-9 y 400 mg/L) respectivamente.

3.2 Verificación de hipótesis

Se determinó que el uso de técnicas alternativas 1 y 2, funcionaron con eficacia, permitiendo tratar las aguas grises procedentes del lavabo de la cocina, generada por una vivienda unifamiliar seleccionada en la Parroquia Atahualpa, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

Al analizar los parámetros de la alternativa 1 (trampa de grasas + filtro FAFA) vs. el agua sin tratar, se obtuvo una remoción de: aceites y grasas (92,16%), demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (91.10%), demanda química de oxígeno DQO (91.08%), material flotante (ausencia), nitritos (90.39%), pH (90.39%) y sulfatos (0%).

La trampa de grasas y el filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA) fueron contruidos a escala basados en la Organización Panamericana de la salud (OPS) y se utilizó como material filtrante (roca circular redondeada + roca de lava + semilla de moringa).

Por otro lado, de los parámetros analizados del agua sin tratar vs. la alternativa 2 (filtro en serie – alternativa propuesta por Katukiza), se obtuvo resultados similares a los de la alternativa 1, sin embargo, el porcentaje de remoción es un poco más alto: aceites y grasas (97.52%), demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (94.08%), demanda química de oxígeno DQO (93.64%), material flotante (ausencia), nitritos (94.13%), pH (2.90%) y sulfatos (64.29%). El lecho filtrante utilizado en este sistema de tratamiento fue (arena de sílice o tierra de diatomeas + roca de lava triturada).

CAPITULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los análisis físico - químicos realizados en el laboratorio de control de calidad de agua EMAPA, al agua gris proveniente del lavabo de la cocina de una vivienda unifamiliar, indican altas cantidades de contaminación: aceites y grasas (250 mg/L), demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (502 mg/L), demanda química de oxígeno DQO (882 mg/L), material flotante MF (Ausencia), nitritos (0.94 mg/L), pH (7.24 U pH) y sulfatos (14 mg/L).
- Se determinó que en la alternativa 1, los parámetros que se redujeron son: aceites y grasas (de 250 mg/l a 19.6 mg/l) en un 92.16%, demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (de 502 mg/l a 44.7 mg/l) en un 91.10%, demanda química de oxígeno DQO (de 882 mg/l a 78.7 mg/l) en un 91.08%, material flotante se ha presentado ausente, nitritos (de 0.94 mg/l a 0.0903 mg/l) en un 90.39%, pH (de 7.24U pH a 6.84 U pH) en un 90.39%, y sulfatos (se mantiene en 14 mg/L) en un 0%.
- Se determinó que en la alternativa 2, los parámetros que se redujeron son: aceites y grasas (de 250 mg/l a 6.2 mg/l) en un 97.52%, demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (de 502 mg/l a 29.7 mg/l) en un 94.08%, demanda química de oxígeno DQO (de 882 mg/l a 56.1 mg/l) en un 93.64%, material flotante se ha presentado ausente, nitritos (de 0.94 mg/l a 0.0552 mg/l) en un 94.13%, pH (de 7.24 U Ph a 7.03 U pH) en un 2.90% de remoción total, y sulfatos (de 14 mg/l a 5 mg/l) en un 64.29%.
- Se escogió como una posible opción de reutilización del agua tratada por la alternativa 1 y 2, en el uso de riego, siendo el sector de implantación del proyecto, un lugar donde sus habitantes tienen como herencia la agricultura, motivo por el cual dicha agua sería bien aprovechada.

- Se determinó dos opciones, en caso de que el agua no pueda ser aprovechada como riego agrícola, la primera se trata de descargar el agua en el sistema de alcantarillado y la segunda opción se trata de descargar el agua en un cuerpo de agua dulce, en ambos casos el agua será descargada con un porcentaje bajo de contaminantes cumpliendo con las tablas 8 y 9 del Tulsma.
- Se concluyó que, de los parámetros analizados en el laboratorio de calidad de agua (EMAPA), los resultados de remoción de la alternativa 1, cumplen con los rangos establecidos por: Tabla 3. Criterios de calidad de agua para riego agrícola (Tulsma 2015): material flotante (ausente), nitritos (0.0903 mg/l menor a 0.5mg/l), pH (6.84 U pH que se encuentra en el rango de 6-9 U pH), sulfatos (14 mg/l < 250 mg/l) y por último aceites y grasas (19.6 mg/L valor insuficiente) motivo por cual, se considera que, esta agua no podría ser reutilizada como agua de riego.
- Se concluyó que, de los parámetros analizados en el laboratorio de calidad (EMAPA), los resultados de remoción de la alternativa 1, cumplen con los rangos establecidos por Tabla. 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tulsma 2015); siendo así: aceites y grasas (19.6 mg/l <70 mg/l), demanda bioquímica de oxígeno DBO (44.7 mg/l < 250 mg/l), demanda química de oxígeno (78.7 mg/l <500 mg/l), materia flotante (ausente), nitritos (0.0903 mg/l <0.5 mg/l), pH (6.84 dentro de 6-9 U pH) y sulfatos (14 mg/l <400 mg/l), motivo por el cual el agua tratada por esta alternativa puede pasar al sistema de alcantarillado público, minimizando los daños ambientales.
- Se concluyó que, de los parámetros analizados en el laboratorio de calidad (EMAPA), los resultados de remoción de la alternativa 1, cumplen con los rangos establecidos por Tabla. 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Tulsma 2015); siendo así: aceites y grasas (19.6 mg/l < 30 mg/l), demanda bioquímica de oxígeno DBO (44.7 mg/l < 100 mg/l), demanda química de oxígeno (78.7 mg/l <200 mg/l), materia flotante (ausente), nitritos (no se requiere), pH (6.84 dentro de 6-9 U pH) y sulfatos (14 mg/l <1000 mg/l), el agua tratada por esta alternativa puede pasar a un cuerpo de agua dulce, minimizando los daños ambientales.

- Se concluyó que, de los parámetros analizados en el laboratorio de calidad de agua (EMAPA), los resultados de remoción de la alternativa 2, cumplen con los rangos establecidos por: Tabla 3. Criterios de calidad de agua para riego agrícola (Tulsma 2015); siendo así: material flotante (ausente), nitritos (0.0552 mg/l menor a 0.5 mg/l), pH (7.03 U pH que se encuentra en el rango de 6-9 U pH), sulfatos (5 mg/l < 250 mg/l) y por último aceites y grasas (6.2 mg/L valor insuficiente, se requiere que sea ausente) motivo por cual, el agua tratada por esta alternativa no puede ser reutilizada como agua de riego.
- Se concluyó que, de los parámetros analizados en el laboratorio de calidad (EMAPA), los resultados de remoción de la alternativa 2, cumplen con los rangos establecidos por Tabla. 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tulsma 2015); siendo así: aceites y grasas (6.2 mg/l <70 mg/l), demanda bioquímica de oxígeno DBO (29.7 mg/l < 250 mg/l), demanda química de oxígeno (56.1 mg/l < 500 mg/l), materia flotante (ausente), nitritos (0.0552 mg/l <0.5 mg/l), pH (7.03 U pH dentro de 6-9 U pH) y sulfatos (5 mg/l < 400 mg/l), motivo por el cual el agua tratada por esta alternativa puede pasar al sistema de alcantarillado público, minimizando los daños ambientales.
- Se concluyó que, de los parámetros analizados en el laboratorio de calidad (EMAPA), los resultados de remoción de la alternativa 2, cumplen con los rangos establecidos por Tabla. 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Tulsma 2015); siendo así: aceites y grasas (6.2 mg/l <70 mg/l), demanda bioquímica de oxígeno DBO (29.7 mg/l < 250 mg/l), demanda química de oxígeno (56.1 mg/l <500 mg/l), materia flotante (ausente), nitritos (0.0552 mg/l <0.5 mg/l), pH (7.03 U pH dentro de 6-9 U pH) y sulfatos (5 mg/l <400 mg/l), motivo por el cual el agua tratada por esta alternativa puede pasar a un cuerpo de agua dulce, minimizando los daños ambientales.

- Se concluyó que el sistema de tratamiento de aguas residuales a implementar es la alternativa 2, su diseño e implantación se ha escogido por facilidad constructiva, a su vez esta opción a representado porcentajes un poco más altos de remoción en comparación con la alternativa 1; aceites y grasas (en un 5.36 %) demanda bioquímica de oxígeno DBO5 (en un 2.98 %), demanda química de oxígeno DQO (en un 2.56 %), material flotante se ha presentado ausente, nitritos (en un 3.74 %), pH (se encuentra en el rango 6-9 U pH), y sulfatos (en un 64. 29%).

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda para futuros proyectos que deseen tomar este trabajo como base para un sistema de investigación (experimental), la alternativa 1: tanque de almacenamiento + trampa de grasas + filtro FAFA, se complemente con otro sistema de tratamiento, o con otro material filtrante, con la intención de que el efluente pueda salir con ausencia de aceites y grasas, siendo este el único parámetro que no cumplió con la tabla 3. Riego agrícola (Tulsma 2015).
- Se recomienda a la Universidad Técnica de Ambato, se implemente laboratorios de análisis de agua, que permita realizar las futuras investigaciones, de tal manera que sea más accesible económicamente para los estudiantes, promoviendo proyectos experimentales de reutilización de aguas residuales, para de esta manera contribuir con el deterioro y exterminación del bien máspreciado para el hombre (EL AGUA).
- Se recomienda promover la investigación de temas de reúso de agua residual, o temas sustentables a las futuras generaciones, para poder concientizar a las personas desde las aulas de clases a investigar, diseñar, crear nuevas alternativas amigables con el medio ambiente.
- Se recomienda para la alternativa 1, que su armado se lo realice con una malla de acero de 18, para facilitar la construcción, tanto de la trampa de grasas como del filtro FAFA.
- Se recomienda para la alternativa 2, utilizar material filtrante cuyo diámetro de sus partículas sea menor a 5 mm, para obtener mayor remoción de impurezas y mejores resultados en los análisis de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Rodríguez Santos, D. Ortiz Ayoví, E. Rodríguez Baquerizo, and E. Santos Baquerizo, “Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera,” *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 15, no. 2, pp. 118–130, 2018.
- [2] M. E. C. Mena *et al.*, “Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para Su Reutilización En Riego En Áreas Verdes,” *Eur. Sci. Journal, ESJ*, vol. 13, no. 18, p. 94, 2017.
- [3] A. Y. Katukiza, M. Rontelap, C. B. Niwagaba, F. Kansiiime, and P. N. L. Lens, “A two-step crushed lava rock filter unit for grey water treatment at household level in an urban slum,” *J. Environ. Manage.*, vol. 133, pp. 258–267, 2014.
- [4] C. Rurales, “FILTRACIÓN LENTA CON ARENA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES. Title: Slow sand filtration for water treatment in rural communities. Autor: Leonardo Ramírez-Medina,” 2011.
- [5] M. A. Garzón-Zúñiga, G. Buelna, and G. E. Moeller-Chávez, “La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. 3, no. 3, pp. 153–161, 2012.
- [6] G. Delgado García, *Ministerio de Salud Publica*, no. 103. 2008, pp. 0–0.
- [7] A. Y. Katukiza, M. Rontelap, C. B. Niwagaba, F. Kansiiime, and P. N. L. Lens, “Grey water treatment in urban slums by a filtration system: Optimisation of the filtration medium,” *J. Environ. Manage.*, vol. 146, pp. 131–141, 2014.
- [8] J. M. Ortiz, E. X. Molina Castro, J. F. Quesada Molina, A. E. Calle Pesántez, and D. A. Orellana Valdéz, “Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca,” *Ingenius*, no. 20, pp. 28–38, 2018.
- [9] E. V. Lorenzo, “Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola . Valoración crítica,” vol. 40, no. 1, pp. 35–44, 2009.
- [10] ONU, “El derecho humano al agua y al saneamiento,” *28 Julio 2010*, pp. 1–7, 2010.
- [11] L. Ernesto and C. Gómez, “Indicadores de uso sustentable del agua en Ciudad Juárez , Chihuahua,” vol. C, pp. 9–41, 2007.
- [12] M. de V. y U.- Minvu, *ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE PARA VIVIENDAS DE CHILE*. 2016.
- [13] M. T. Baquero, “Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de Cuenca ,” no. 3, pp. 71–81, 2013.
- [14] “Bacterias resistentes a antibióticos en aguas grises como agentes de riesgo sanitario Health risks associated with the presence of antibiotic resistant bacteria in greywater,” 2012.
- [15] N. Eugenia, S. Ruiz, Y. Carvajal, and J. Carlos, “A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators,” *Ing. e Investig.*, vol. 27, no. 3, pp. 172–181, 2010.

- [16] N. P. J. A. Morales-león, “Evaluación de la demanda química de oxígeno en aguas de la provincia de Granma , Cuba .,” vol. 8, no. 1, pp. 15–20, 2012.
- [17] E. Raffo Lecca and E. C. Ruiz Lizama, “Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno,” *Ind. Data*, vol. 17, no. 1, p. 71, 2014.
- [18] C. Dueñas, L. S. Amaya, and L. D. Donad, “Reúso del Agua Residual Tratada: Una Propuesta de Regulación para el uso seguro,” no. December, p. 47, 2015.
- [19] C. R. Ecuatoriana, *Manual comunitario para el mejoramiento de la calidad y acceso a agua segura. .*
- [20] “Universidad tecnológica equinoccial,” 2016.
- [21] I. T. Ruiz-cuello, J. C. Pescador-piedra, and I. L. M, “Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa-habitación para el uso de agua residual Design of a hydraulic system for reutilization water in a house Resumen Introducción,” vol. 27, no. 3, pp. 315–324, 2015.
- [22] Ministerio del Ambiente del Ecuador, *Acuerdo No 097- TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA*, no. 0075. 2015, pp. 1–184.
- [23] U. U. D. E. Apoyo, C. Para, E. L. Saneamiento, S. Del, and R. E. A. Rural, “Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa.”
- [24] E. Galán, *Minerales y rocas industriales usados para la protección ambiental*. 2006.
- [25] L. Castellanos González, R. de Mello Prado, and C. Silva Campos, “El Silicio en la resistencia de los cultivos,” *Cultiv. Trop.*, vol. 36, pp. 16–24, 2015.
- [26] G. Parroquiales *et al.*, “PLANES DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL,” pp. 1–113, 2014.
- [27] E. Y. Arquitectura *et al.*, “Análisis de aguas,” *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2015.
- [28] A. T. Ortiz, “Unidad didáctica para la aplicación de la NMX-AA-006-SCFI-2000, análisis de agua–determinación de materia flotante en aguas residuales y residuales,” 2004.
- [29] E. Morocho, “Diagnóstico de la generación y disposición final del aceite vegetal residual en restaurantes y locales de comida rápida en la ciudad de Azogues provincia del Cañar,” Universidad de Cuenca, 2019.

ANEXOS

Modelo Encuesta

1. **Provincia:** Tungurahua
2. **Cantón:** Ambato
3. **Parroquia:** Atahualpa
4. **N° de personas que habitan en la vivienda:** prom 4 habitantes
5. **m² de vivienda:** _____
6. **Fecha de entrevista:** 10 de enero del 2020
7. **¿Cuánto se paga al mes?** Se obtuvo un promedio de \$7.50
8. **Número de cuenta:** _____

9. El agua que usted recibe en el lavabo de su cocina, generalmente es:				10. ¿Utiliza agua de regadío?	
cristalina	31	sí		14	
Con cloro	2	no		19	
sucia	0				
con sólidos	0				
11. El lavabo de platos lo utiliza para: Responder con una S si su respuesta es siempre, con una N si su respuesta es nunca y con C si su respuesta es casi nunca.				12. ¿En qué hora del día utiliza más su lavabo de cocina?	
RESPUESTA	S	N	C	mañana	22
lavar utensilios de cocina (aceites, desperdicios de comida, jabones)	33	0	0	tarde	8
matar animales	0	25	8	noche	3
lavar legumbres, tubérculos o frutas (tierra)	33	0	0	13. Aproximadamente al día cuantos minutos utiliza usted el lavabo de cocina	
Manos (jabones)	33	0	0	menos de 15 min	5
TOTAL, ENCUESTADOS: 33 Personas				15 a 30 min	25
				más de 30 min	3

Fotografías



Visita viviendas – Realización de encuestas a los habitantes



Construcción alternativa 1 (Trampa de grasas + filtro FAFA)



Conservación y transporte de muestras

Ficha técnica arena de sílice (tierra de diatomeas)

<p>Producido por:</p>  <p>PROMIMAX</p>	<p>FICHA TÉCNICA TIERRA DE DIATOMEAS</p>	<p>Nº Edición 01 Fecha: 08 diciembre 2020 Página 1 de 2</p>
--	---	---

NOMBRE QUÍMICO:

Tierra de diatomeas

NOMBRE COMERCIAL:

DIATOMAX AGRI

DESCRIPCIÓN DE USO:

- Corregir el pH del suelo.
- Solventar los efectos del estrés biótico y abiótico
- Incrementar la cantidad de fósforo disponible.
- Incrementar el potasio intercambiable.
- Reducir la toxicidad por Hierro y Aluminio.
- Resistencia de la planta a enfermedades fungicas
- Repelente de insectos.
- Endurecer las paredes celulares, y permitir que los tallos se mantengan erectos.
- En mezcla con fertilizantes químicos potencializa la adsorción (retener) y absorción (liberar) de nutrientes

CARACTERÍSTICAS Y DOSIS:

Presenta alta porosidad por ende muestra una baja densidad y una alta capacidad para absorber líquidos.

Dosis:

Para incorporar al suelo: 400 - 500 Kg/ha

En fumigaciones: entre 10 - 40 g/l de agua

PRESENTACIÓN:

Sacos laminados en polipropileno de 20 kg

PROMIMAX – Panamericana Norte Km 8.5
Ambato – Ecuador

Correo: ventasdiatomaxagri@gmail.com
Tel: 0997339909 – 0991761423 - 032436333

<p>Producción por:</p>  <p>PROMIMAX</p>	<p>FICHA TÉCNICA TIERRA DE DIATOMEAS</p>	<p>N° Edición 01 Fecha: 08 diciembre 2020 Página 1 de 2</p>
---	---	---

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

SiO₂: 71.71%

K₂O: 0.02%

CaO: 0.51%

MgO: 0.20

P₂O₅: 0.05%

GRANULOMETRÍA:

- 25% por debajo de 1,81 micras.
- 75% por debajo de 2,60 micras.


PROPIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS:

- Humedad (pérdida de peso a 105°C): 1,2%
- Color: Blanco marfil
- Olor: Inodoro
- Densidad: 1,2 g/cm³

PROMIMAX – Panamericana Norte Km 8.3
Ambato – Ecuador

Correo: ventasdiatomaxagri@gmail.com
Tel: 0997559909 – 0991761425 - 032436355

DIATOMAX AGRI

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE EP-EMAPA y SAE CON y SAE LEN y SAE TUNJA Acreditación N° SAE LEN 14-001
	17025-RG-CC-71-10	

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	ESTEFANÍA GABRIELA PEÑALOZA MERA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	20121492
DIRECCIÓN:	Sector Parque Industrial	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	04/01/2021, 12H17
PERSONA DE CONTACTO:	Estefanía Gabriela Peñaloza Mera	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	04/01/2021
TELÉFONO DE CONTACTO:	0998135076	FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	11/01/2021
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Filtro Iata (anaeróbica)	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	12/01/2021
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Tubería de salida trampa de grasas	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	04/01/2021, 11H25		Humedad (%): 45
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	Puntual		Temperatura (°C): 21.0
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ):	Agua residual		
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Estefanía Peñaloza		

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: TABLA B. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **	RESULTADOS
ACEITES Y GRASAS	mg/L	HACH 10300	70	19.6
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/L	Standard Methods-5210-D	250	44.7
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH 8000	500	78.7
MATERIAL FLOTANTE *	-	Standard Methods-2530-B	Ausencia	Ausencia
NITRITOS *	mg/L	HACH-8507	-	0.0903
pH	U pH	Standard Methods-4500H+B	6 - 9	6.84
SULFATOS *	mg/L	HACH-8051	400	14

* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.

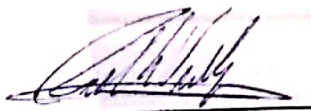
** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente Informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
Aceites y grasas	(0.4 - 180) mg/L	26%	17025-PR-CC-45-XX. Método de referencia: HACH 10300
DBO ₅	(50 - 1500) mg/L	12%	17025-PR-CC-27-XX. Método de referencia: Standard Methods 5210 D. Ed. 23. 2017
DQO	(20 - 25000) mg/L	17%	17025-PR-CC-28-XX. Método de referencia: HACH 8000
pH	(4.32 - 12.31) UpH	3%	17025-PR-CC-20-XX. Método de referencia: Standard Methods 4500 H+B. Ed. 23. 2017

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO. EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE. POR LO TANTO LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIÓ. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.


OBSERVACIONES: Ninguna

PROFESIONALES RESPONSABLES:


 Ing. Paúl Veintimilla
 ANALISTA DE LABORATORIO




 Ing. Catherine Velástegui
 RESPONSABLE TÉCNICO

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE EP-EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AMBATO Acreditación N° SAE LEN 14-001
	17025-RG-CC-71-10	

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	ESTEFANIA GABRIELA PEÑALOZA MERA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	20121491
DIRECCIÓN:	Sector Parque Industrial	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	04/01/2021 12H17
PERSONA DE CONTACTO:	Estefania Gabriela Peñaloza Mera	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	04/01/2021
TÉLEFONO DE CONTACTO:	0998135076	FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	11/01/2021
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Agua de lavado Cocina	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	12/01/2021
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	tubería de Salida de agua (A. cruda)	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	04/01/2021: 11H18		Humedad (%): 45
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	Puntual		Temperatura (°C): 21.0
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ):	Agua residual		
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Estefania Peñaloza		

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: TABLA B. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **	RESULTADOS
ACEITES Y GRASAS	mg/L	HACH 10300	70	250
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/L	Standard Methods-5210-D	250	502
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH 8000	500	882
MATERIAL FLOTANTE *	-	Standard Methods-2530-B	Ausencia	Ausencia
NITRITOS *	mg/L	HACH-8507	-	0.94
pH	U pH	Standard Methods-4500H+B	6 - 9	7.24
SULFATOS *	mg/L	HACH-8051	400	14

* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.

** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente Informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
Aceites y grasas	[0.4 - 180] mg/L	26%	17025-PR-CC-45-XX Método de referencia: HACH 10300
DBO ₅	[50 - 1500] mg/L	12%	17025-PR-CC-27-XX Método de referencia: Standard Methods 5210 D. Ed. 23. 2017
DQO	[20 - 25000] mg/L	17%	17025-PR-CC-28-XX Método de referencia: HACH 8000
pH	[4.32 - 12.31] UpH	3%	17025-PR-CC-20-XX Método de referencia: Standard Methods 4500 H+B. Ed. 23. 2017

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO. EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE. POR LO TANTO LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIÓ. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

OBSERVACIONES: Ninguna

PROFESIONALES RESPONSABLES:

 Ing. Paúl Veintimilla ANALISTA DE LABORATORIO		 Ing. Catherine Velastegui RESPONSABLE TÉCNICO
---	---	---



INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

17025-RG-CC-71-10

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
Acreditación N° SAE LEN 14-001
EP- EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO DE AMBATO

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	ESTEFANÍA GABRIELA PEÑALOZA MERA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	20121493
DIRECCIÓN:	Sector Parque Industrial	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	04/01/2021: 12H17
PERSONA DE CONTACTO:	Estefanía Gabriela Peñaloza Mera	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	04/01/2021
TELÉFONO DE CONTACTO:	0998135076	FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	11/01/2021
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Filtro en serie	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	12/01/2021
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Tubería de salida	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	04/01/2021: 11H30		Humedad (%): 45
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	Puntual		Temperatura (°C): 21.0
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ):	Agua residual		
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Estefanía Peñaloza		

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia TABLA 8 LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **	RESULTADOS
ACEITES Y GRASAS	mg/L	HACH 10300	70	6.2
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/L	Standard Methods-5210-D	250	29.7
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH 8000	500	56.1
MATERIAL FLOTANTE *	-	Standard Methods-2530-B	Ausencia	Ausencia
NITRITOS *	mg/L	HACH-8507	-	0.0552
pH	U pH	Standard Methods-4500H+B	6 - 9	7.03
SULFATOS *	mg/L	HACH-8051	400	5

* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.

** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente Informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
Aceites y grasas	(0.4 - 180) mg/L	26%	17025-PR-CC-45-XX Método de referencia: HACH 10300
DBO ₅	(50 - 1500) mg/L	12%	17025-PR-CC-27-XX Método de referencia: Standard Methods 5210 D Ed. 23. 2017
DQO	(20 - 25000) mg/L	17%	17025-PR-CC-28-XX Método de referencia: HACH 8000
pH	(4.32 - 12.31) UpH	3%	17025-PR-CC-20-XX Método de referencia: Standard Methods 4500 H+B. Ed. 23. 2017

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO. EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE. POR LO TANTO LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIÓ. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO.

OBSERVACIONES: Ninguna

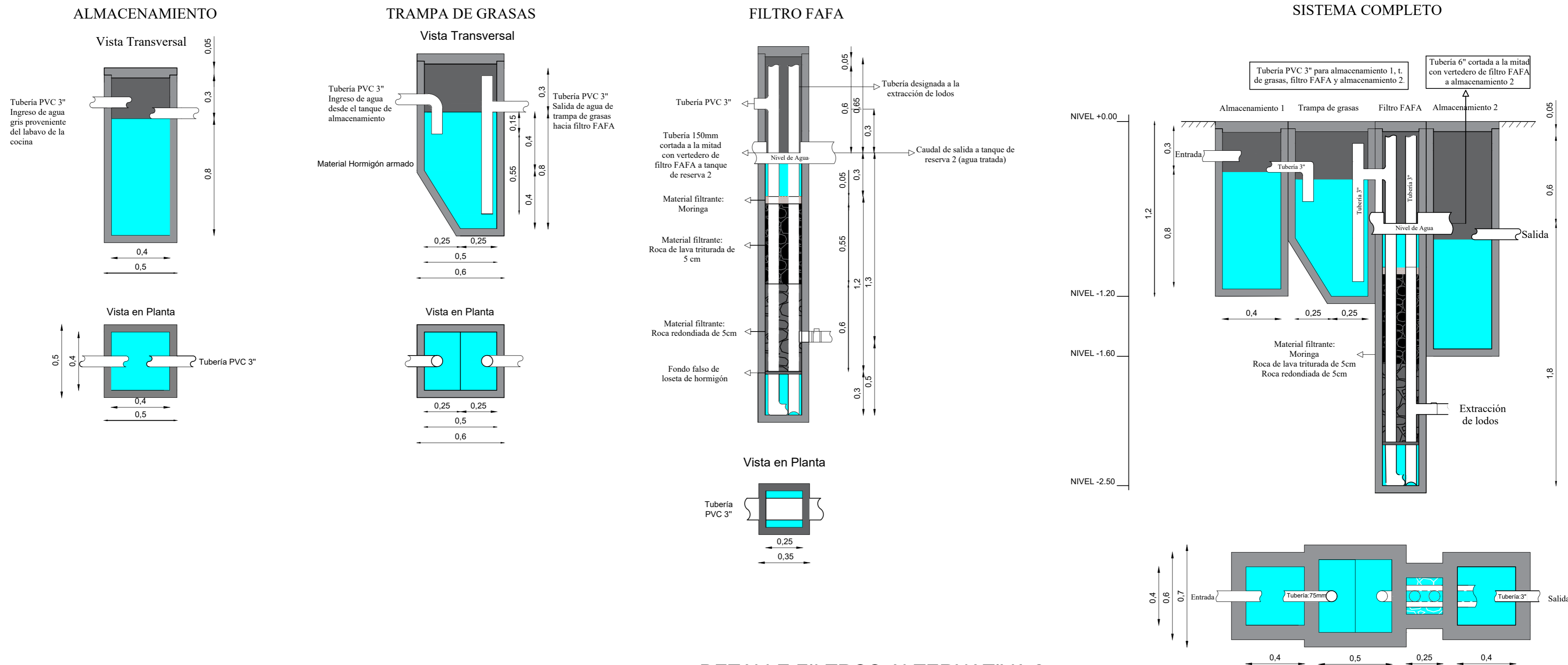
PROFESIONALES RESPONSABLES:


Ing. Paúl Veintimilla
ANALISTA DE LABORATORIO

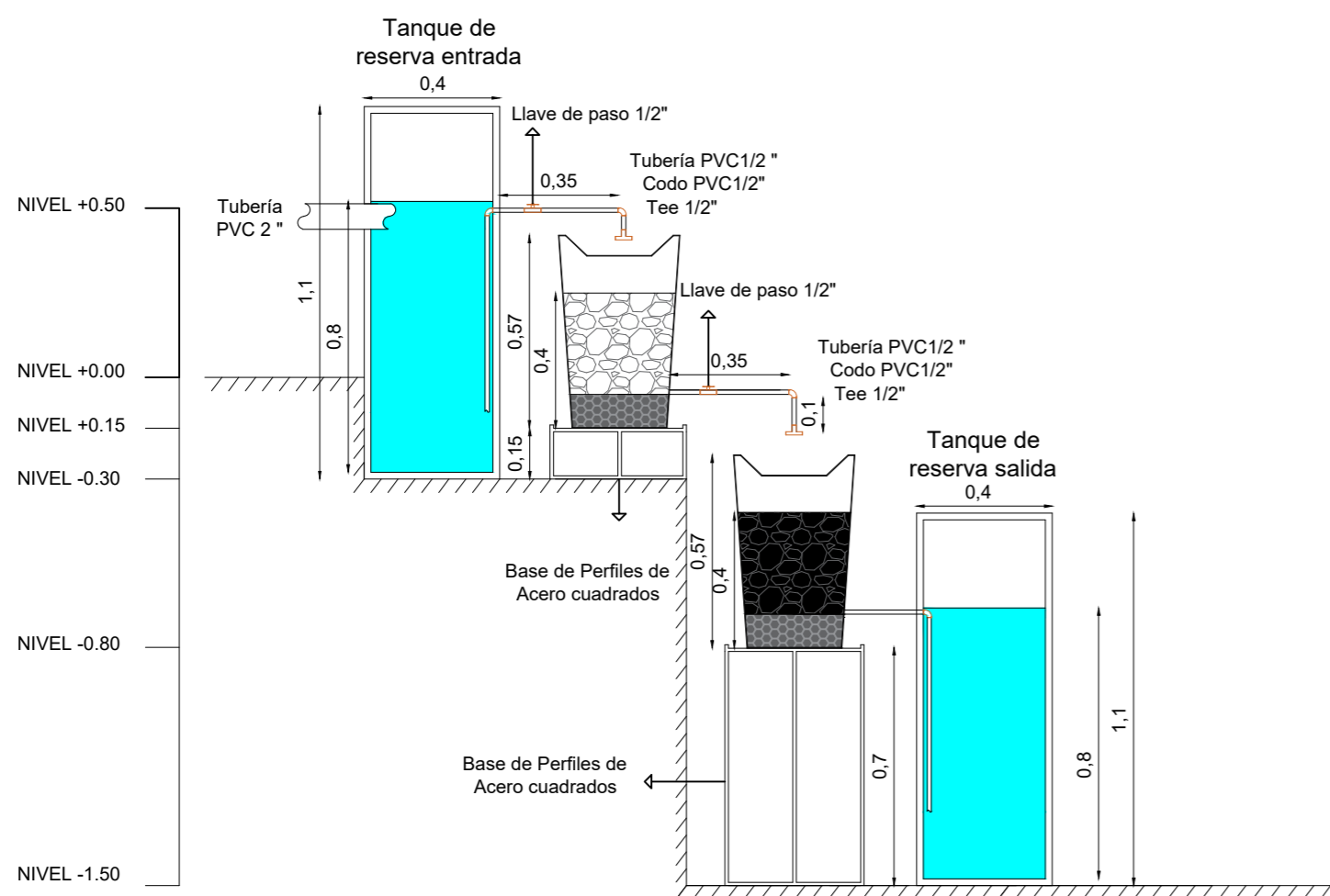



Ing. Catherine Velásquez
RESPONSABLE TÉCNICO

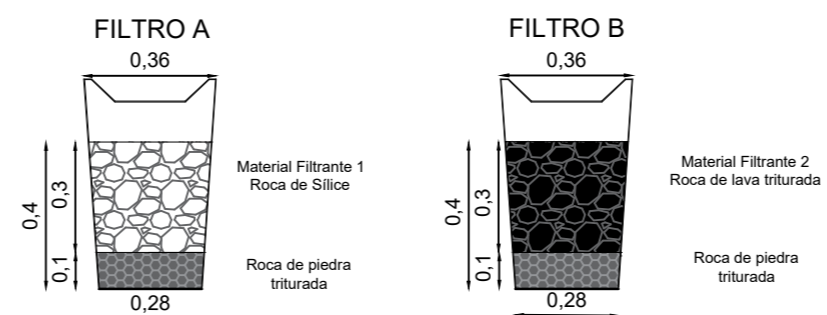
FILTRO FAFA - ALTERNATIVA 1



FILTRO EN SERIE - ALTERNATIVA 2



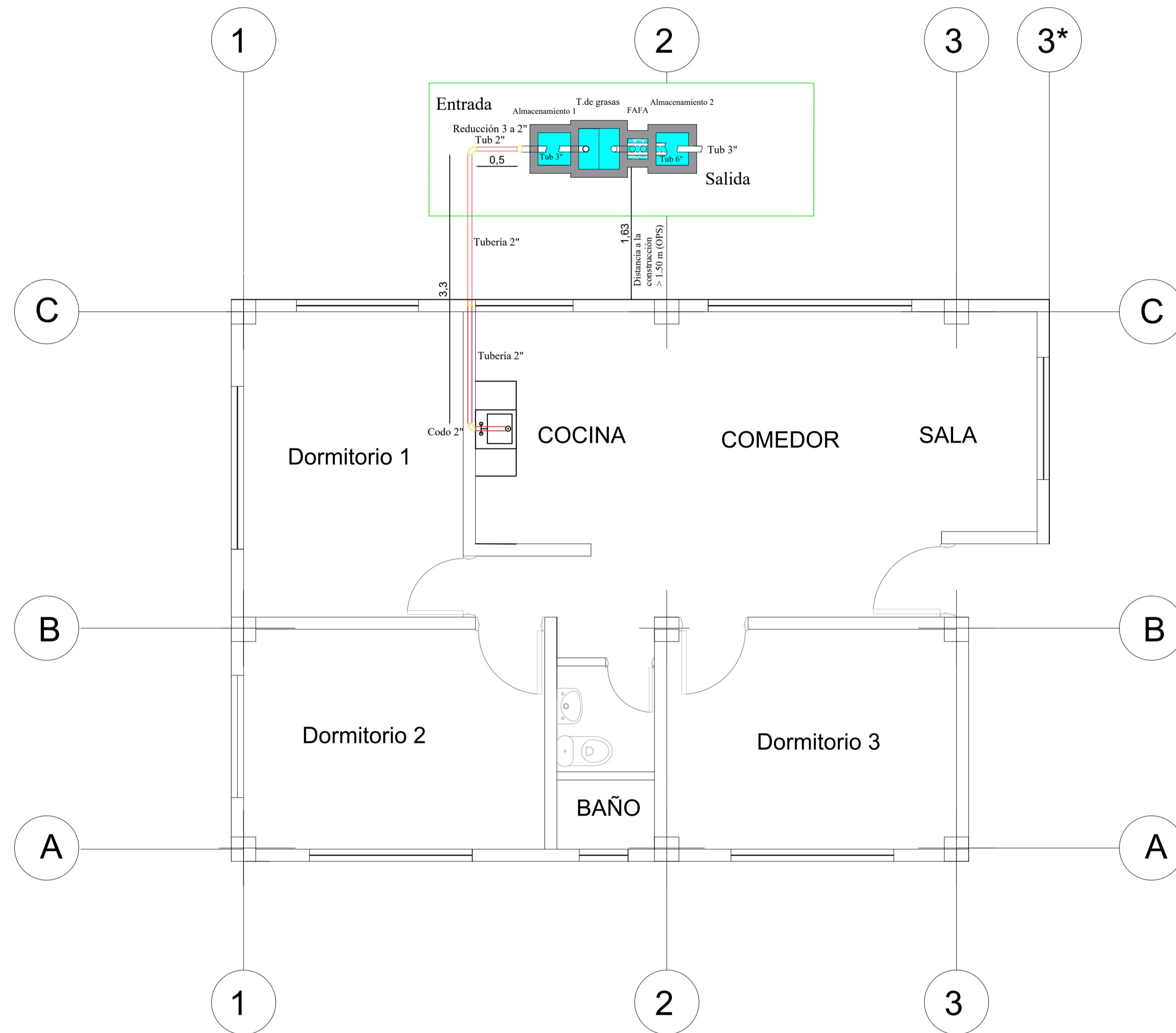
DETALLE FILTROS-ALTERNATIVA 2



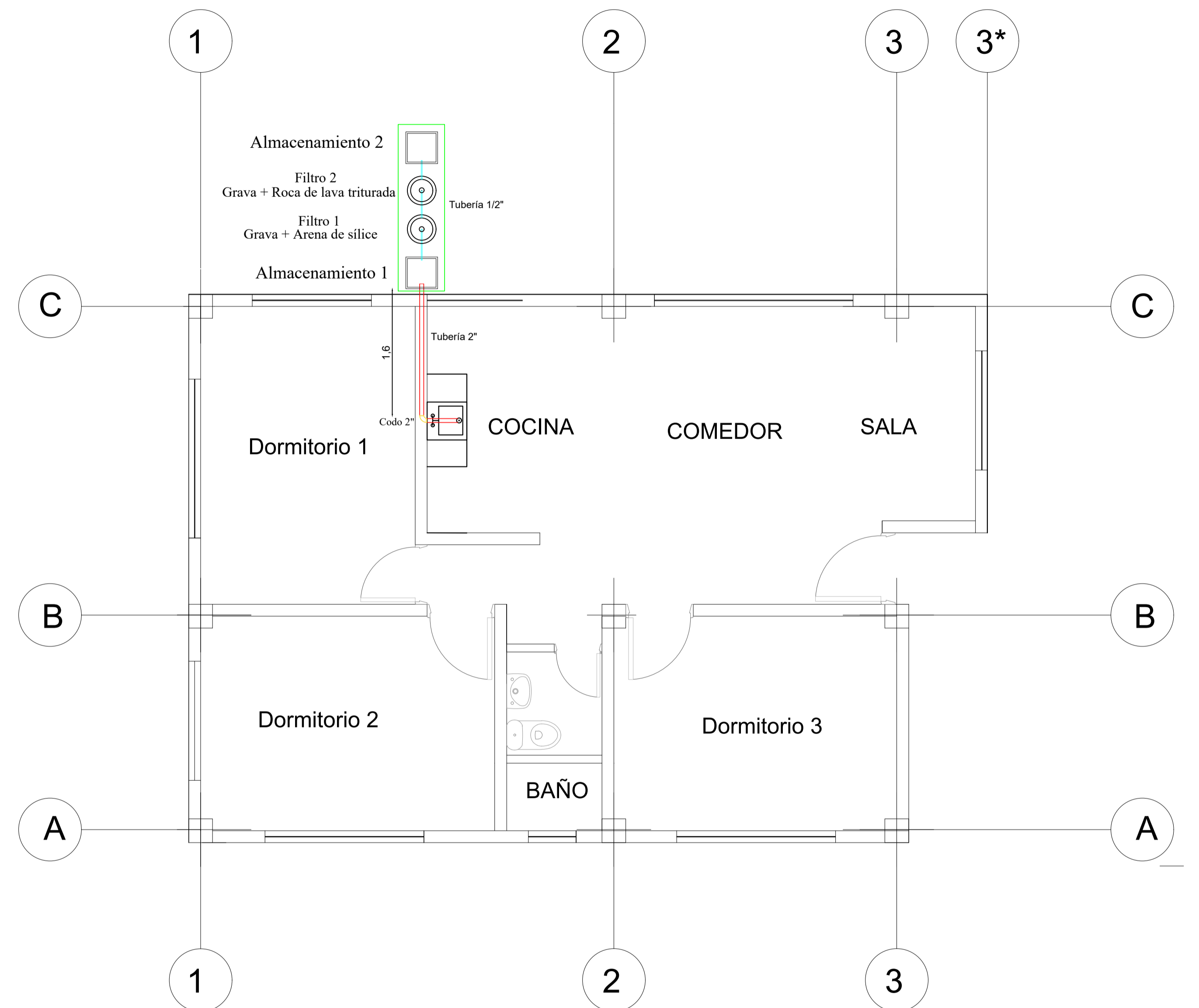
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
	PLANO PLANTA DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA 1 Y 2		
	FECHA: ENERO DEL 2021	ESCALA: 1:200	LÁMINA: 1 DE 2
	TUTOR: ING.DIEGO CHÉRREZ	ALUMNO: ESTEFANÍA PEÑALOZA	

UBICACIÓN

ALTERNATIVA 1



ALTERNATIVA 2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PLANO UBICACIÓN EN PLANTA DE TRATAMIENTO ALTERNATIVA 1 Y 2

FECHA:

ENERO DEL 2021

ESCALA:

1:400

LÁMINA:

2 DE 2

TUTOR:

ING.DIEGO CHÉRREZ

ALUMNO:

ESTEFANÍA PEÑALOZA