



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIOFILTRO CON  
GRÁNULOS DE KÉFIR DE AGUA PARA LA DEGRADACIÓN DE  
CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVADORA  
Y LUBRICADORA “LA JOYA” EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: DIEGO ISRAEL ROBALINO SALAS**

**DIRECTOR: Ing. SEGUNDO HUGO CALDERÓN MSc.**

Riobamba-Ecuador

2021

**©2021, Diego Israel Robalino Salas**

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

Yo, Diego Israel Robalino Salas, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de agosto 2021.

---

**Diego Israel Robalino Salas**

**CI:060423698-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIOFILTRO CON GRÁNULOS DE KÉFIR DE AGUA PARA LA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA “LA JOYA” EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por el señor **DIEGO ISRAEL ROBALINO SALAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Carlos Alcibar Medina Serrano <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.</b>	2021-08-20
Ing. Hugo Segundo Calderón MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	2021-08-20
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	2021-08-20

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico en primera instancia a Dios por brindarme la fuerza necesaria para cumplir mis metas y objetivos, a mi querida madre Verónica Salas por apoyarme en mi formación académica y a mis hermanos Ezequiel Flores y María Emilia Flores por estar presente en mi vida apoyándome moralmente.

Diego Robalino

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas y brindarme los conocimientos necesarios para mi formación académica, a mis docentes de manera especial al Ing. Segundo Hugo Calderón e Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia por brindarme toda su apoyo, guía, consejos y paciencia hacia mi persona

Diego Robalino

## TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Justificación del proyecto.....	3
1.3. Beneficiarios directos e indirectos.....	3
1.4. Objetivos del proyecto.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.5. Localización del proyecto.....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>6</b>
2.1. Antecedentes de la industria.....	6
2.1.1. <i>Distribución del lugar</i> .....	6
2.2. Agua residual.....	7
2.2.1. <i>Aguas residuales industriales</i> .....	7
2.2.2. <i>Tratamiento de aguas residuales industriales</i> .....	7
2.2.3. <i>Tratamiento ecológico de aguas industriales</i> .....	8
2.2.4. <i>Proceso ecológico para tratamiento de aguas industriales</i> .....	8
2.2.4.1. <i>Recepción</i> .....	8
2.2.4.2. <i>Tratamiento físico – químico</i> .....	8
2.2.4.3. <i>Tratamiento biológico</i> .....	8
2.3. Toma de muestras de agua residual.....	9

2.3.1.	<b>Lugar</b> .....	9
2.3.1.1.	<i>Elija un lugar donde el agua esté bien mezclada</i> .....	9
2.3.1.2.	<i>No tocar el fondo o las paredes</i> .....	9
2.3.2.	<b>Tiempo</b> .....	10
2.3.3.	<b>Frecuencia</b> .....	10
2.3.4.	<b>Técnica</b> .....	10
2.3.4.1.	<i>Muestra simple</i> .....	10
2.3.4.2.	<i>Muestra compuesta</i> .....	10
2.3.4.3.	<i>Muestra cualificada</i> .....	10
2.3.5.	<b>Transporte de las muestras</b> .....	11
2.4.	<b>Normativa ambiental nacional</b> .....	11
2.4.1.	<b>TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente)</b> .....	11
2.4.1.1.	<i>Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua</i> .....	11
2.5.	<b>Parámetros de monitoreo de aguas residuales industriales</b> .....	11
2.5.1.	<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b> .....	12
2.5.2.	<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b> .....	12
2.5.3.	<b>Detergentes</b> .....	12
2.5.4.	<b>Plomo (Pb)</b> .....	13
2.5.5.	<b>Sólidos suspendidos (SS)</b> .....	13
2.5.6.	<b>Aceites y grasas</b> .....	13
2.6.	<b>Eficiencia de remoción</b> .....	13
2.7.	<b>Historia de la filtración</b> .....	14
2.8.	<b>Filtración</b> .....	15
2.8.1.	<b>Sistema para poder filtrar</b> .....	15
2.8.2.	<b>Sistema a filtrar</b> .....	15
2.8.3.	<b>Material filtrante</b> .....	15
2.8.4.	<b>Clasificación de filtros</b> .....	16
2.8.4.1.	<i>Filtros de gravedad</i> .....	16
2.8.4.2.	<i>Filtros de vacío intermitentes o discontinuos</i> .....	17
2.8.4.3.	<i>Filtros de vacío continuos</i> .....	17
2.8.4.4.	<i>Filtro Prensa de cámaras</i> .....	18
2.8.4.5.	<i>Filtro prensa de placas y marcos</i> .....	18
2.9.	<b>Biofiltro</b> .....	19
2.9.1.	<b>Tipos de biofiltros</b> .....	19
2.9.1.1.	<i>Biofiltros percoladores</i> .....	19
2.9.1.2.	<i>Biofiltros híbridos</i> .....	20



2.9.1.3.	<i>Vermifiltros</i> .....	20
2.10.	<b>Componentes de un sistema de biofiltración</b> .....	21
2.10.1.	<b>Lecho filtrante</b> .....	21
2.10.1.1.	<i>Lecho de arena fina</i> .....	21
2.10.1.2.	<i>Lecho de arena y grava</i> .....	21
2.10.1.3.	<i>Plantas de pantano</i> .....	21
2.10.2.	<i>Microorganismos</i> .....	21
2.11.	<b>Gránulos de kéfir</b> .....	22
2.11.1.	<i>Composición</i> .....	22
2.11.1.1.	<i>Composición microbiológica</i> .....	22
2.11.1.2.	<i>Composición física</i> .....	23
2.11.1.3.	<i>Composición química</i> .....	23
2.11.2.	<b>Usos de los gránulos de kéfir</b> .....	23
2.11.2.1.	<i>Bebida desintoxicante</i> .....	23
2.11.2.2.	<i>Reductor de metales pesados</i> .....	24
2.12.	<b>Parámetros de diseño y construcción de filtro de arena fina y grava (FAG) para aguas residuales</b> .....	25
2.12.1.	<i>Parámetros de capacidad del filtro</i> .....	25
2.12.2.	<i>Periodo de operación</i> .....	25
2.12.3.	<i>Cálculo del área del material</i> .....	26
2.12.4.	<i>Parámetros de profundidad</i> .....	27
2.12.5.	<i>Selección del lecho filtrante y de soporte</i> .....	27
2.12.6.	<i>Cálculo del volumen de un material poroso</i> .....	28
2.12.7.	<i>Cálculo de la cantidad de material</i> .....	28
2.12.8.	<i>Periodo de diseño</i> .....	29
2.12.9.	<i>Materiales ocupados para la construcción de filtros</i> .....	29
2.12.10.	<i>Captación del agua</i> .....	29
2.12.10.1	<i>Volumen de agua captada</i> .....	30
2.13.	<b>Limpieza del filtro</b> .....	30
2.14.	<b>Modelado en la ingeniería</b> .....	30
2.15.	<b>Técnicas para la resolución de problemas</b> .....	30
2.15.1	<i>Paso 1: Enunciado del problema</i> .....	31
2.15.2.	<i>Paso 2: Esquema</i> .....	31
2.15.3.	<i>Paso 3: Hipótesis y aproximaciones</i> .....	31
2.15.4.	<i>Paso 4: Leyes físicas</i> .....	31
2.15.5.	<i>Paso 5: Propiedades</i> .....	31

2.15.6.	<i>Paso 6: Cálculos</i> .....	32
2.15.7.	<i>Paso 7: Razonamiento, verificación y comentario</i> .....	32

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
3.1.	<b>Tipo de estudio</b> .....	33
3.2.	<b>Recolección de datos</b> .....	33
3.2.1.	<b>Cantidad de vehículos</b> .....	33
3.2.2.	<b>Cantidad de volumen de agua</b> .....	33
3.3.	<b>Cálculo del material y dimensiones del biofiltro</b> .....	34
3.3.1.	<b>Cálculo del volumen de agua tratada</b> .....	34
3.3.2.	<b>Cálculo del almacenamiento posterior a la filtración</b> .....	34
3.3.3.	<b>Área transversal del flujo</b> .....	34
3.3.4.	<b>Cálculo del radio del filtro cilíndrico</b> .....	35
3.3.5.	<b>Cálculo de la altura total del filtro</b> .....	35
3.3.6.	<b>Cálculo del volumen total del filtro</b> .....	35
3.3.7.	<b>Cálculo del volumen del material filtrante y de soporte</b> .....	35
3.3.8.	<b>Cálculo de la cantidad de la masa del material filtrante y de soporte</b> .....	36
3.4.	<b>Construcción del biofiltro</b> .....	36
3.4.1.	<b>Materiales</b> .....	36
3.4.2.	<b>Método de la construcción del filtro</b> .....	37
3.5.	<b>Fase de tratamiento</b> .....	37
3.6.	<b>Procedimiento para la toma de muestra</b> .....	38
3.6.1.	<b>Materiales</b> .....	38
3.7.	<b>Métodos aplicados para el análisis de la muestra</b> .....	39
3.8.	<b>Procedimiento para los análisis del laboratorio</b> .....	40
3.8.1.	<b>Procedimiento para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b> .....	40
3.8.1.1.	<b>Materiales y equipos</b> .....	40
3.8.1.2.	<b>Reactivos</b> .....	40
3.8.2.	<b>Procedimiento para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b> .....	41
3.8.2.1.	<b>Materiales y equipos</b> .....	41
3.8.2.2.	<b>Reactivos</b> .....	41
3.8.3.	<b>Procedimiento para la determinación de aceite y grasas</b> .....	41

3.8.3.1.	<b>Materiales y equipos</b> .....	41
3.8.3.2.	<b>Reactivos</b> .....	42
3.8.4.	<b>Procedimiento para la determinación de plomo</b> .....	43
3.8.4.1.	<b>Materiales y equipos</b> .....	43
3.8.4.2.	<b>Reactivos</b> .....	43
3.8.5.	<b>Procedimiento para la determinación de detergentes</b> .....	43
3.8.5.1.	<b>Materiales y equipos</b> .....	43
3.8.5.2.	<b>Reactivos</b> .....	44
3.8.6.	<b>Procedimiento para la determinación de pH</b> .....	45
3.8.6.1.	<b>Materiales y equipos</b> .....	45
3.8.7.	<b>Procedimiento para la determinación de sólidos suspendidos</b> .....	45
3.8.7.1.	<i>Materiales y equipos</i> .....	45

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	47
4.1.	<b>Análisis de los resultados de diseño del biofiltro</b> .....	47
4.2.	<b>Análisis de resultados de los parámetros de control con los límites establecidos a la normativa nacional</b> .....	48
4.2.1.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto</i> .....	48
4.2.1.1.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto de sólidos suspendidos (SS)</i> .....	48
4.2.1.2.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	49
4.2.1.3.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</i> .....	50
4.2.1.4.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto de detergentes</i> .....	51
4.2.1.5.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto de aceites y grasas</i> .....	52
4.2.1.6.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto de plomo (Pb)</i> .....	53
4.2.1.7.	<i>Análisis de los resultados de la prueba piloto de pH</i> .....	54
4.2.2.	<b>Análisis de los resultados de la prueba corregida</b> .....	55
4.2.2.1.	<i>Análisis de los resultados de la prueba corregida de sólidos suspendidos (SS)</i> .....	55
4.2.2.2.	<i>Análisis de los resultados de la prueba corregida de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	56
4.2.2.3.	<i>Análisis de los resultados de la prueba corregida de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</i> .....	57
4.2.2.4.	<i>Análisis de los resultados de la prueba corregida de detergentes</i> .....	58

4.2.2.5.	<i>Análisis de los resultados de la prueba corregida de aceites y grasas</i> .....	59
4.2.2.6.	<i>Análisis de los resultados de la prueba corregida de plomo (Pb)</i> .....	60
4.2.2.7.	<i>Análisis de los resultados de la prueba corregida de pH</i> .....	61
4.3.	<b>Análisis para el agua residual comparado con los parámetros del TULSMA</b> ...	62
4.4.	<b>Análisis de eficiencia de remoción</b> .....	65
4.4.1.	<i>Análisis de la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos (SS)</i> .....	65
4.4.2.	<i>Análisis de la eficiencia de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	65
4.4.3.	<i>Análisis de la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</i> .....	66
4.4.4.	<i>Análisis de la eficiencia de remoción detergentes</i> .....	66
4.4.5.	<i>Análisis de la eficiencia de remoción de aceites y grasas</i> .....	67
4.4.6.	<i>Análisis de la eficiencia de remoción de plomo (Pb)</i> .....	67
4.5.	<b>Análisis global de la eficiencia de remoción</b> .....	67
4.6.	<b>Análisis del costo del biofiltro</b> .....	68
 <b>CONCLUSIONES</b> .....		71
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		72
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Beneficiarios directos e indirectos .....	3
<b>Tabla 1-2:</b>	Parámetros de monitoreo de las descargas industriales .....	12
<b>Tabla 2-2:</b>	Clasificación de filtros .....	16
<b>Tabla 3-2:</b>	Bacterias y levaduras que se encuentran en los gránulos de kéfir de agua .....	22
<b>Tabla 4-2:</b>	Lecho filtrante.....	27
<b>Tabla 5-2:</b>	Lecho de soporte.....	27
<b>Tabla 6-2:</b>	Porosidad del lecho filtrante y de soporte .....	28
<b>Tabla 7-2:</b>	Densidad de arena y grava .....	29
<b>Tabla 1-3:</b>	Cantidad semanal de vehículos livianos del mes de marzo .....	33
<b>Tabla 2-3:</b>	Muestreo de agua residual .....	34
<b>Tabla 3-3:</b>	Muestreo y caracterización de agua residual de la prueba piloto .....	39
<b>Tabla 4-3:</b>	Muestreo y caracterización de agua residual de la prueba corregida.....	39
<b>Tabla 5-3:</b>	Métodos para análisis físico – químicos de agua residual .....	39
<b>Tabla 1-4:</b>	Datos de diseño.....	47
<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados de la prueba piloto de sólidos suspendidos (SS) .....	48
<b>Tabla 3-4:</b>	Resultados de la prueba piloto de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	49
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados de la prueba piloto de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	50
<b>Tabla 5-4:</b>	Resultados de la prueba piloto de detergentes.....	51
<b>Tabla 6-4:</b>	Resultados de la prueba piloto de aceites y grasas .....	52
<b>Tabla 7-4:</b>	Resultados de la prueba piloto de plomo (Pb).....	53
<b>Tabla 8-4:</b>	Resultados de la prueba piloto de (pH) .....	54
<b>Tabla 9-4:</b>	Resultados de la prueba corregida de sólidos suspendidos (SS).....	55
<b>Tabla 10-4:</b>	Resultados de la prueba corregida de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .	56
<b>Tabla 11-4:</b>	Resultados de la prueba corregida de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	57
<b>Tabla 12-4:</b>	Resultados de la prueba corregida de detergentes .....	58
<b>Tabla 13-4:</b>	Resultados de la prueba corregida de aceites y grasas .....	59
<b>Tabla 14-4:</b>	Resultados de la prueba corregida de plomo (Pb) .....	60
<b>Tabla 15-4:</b>	Resultados de la prueba corregida de (pH).....	61
<b>Tabla 16-4:</b>	Análisis de los resultados de la prueba piloto del cumplimiento del TULSMA ..	62
<b>Tabla 17-4:</b>	Análisis de los resultados la prueba corregida del cumplimiento del TULSMA .	63
<b>Tabla 18-4:</b>	Resultados de la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos (SS).....	65
<b>Tabla 19-4:</b>	Resultados de la eficiencia de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	65

<b>Tabla 20-4:</b>	Resultados de la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	66
<b>Tabla 21-4:</b>	Resultados de la eficiencia de remoción de detergentes.....	66
<b>Tabla 22-4:</b>	Resultados de la eficiencia de remoción de aceites y grasas .....	67
<b>Tabla 23-4:</b>	Resultados de la eficiencia de remoción de plomo (Pb).....	67
<b>Tabla 24-4:</b>	Análisis global de la eficiencia de remoción.....	67
<b>Tabla 25-4:</b>	Análisis del costo de la elaboración del biofiltro .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b>	Croquis de la ubicación del proyecto .....	4
<b>Figura 2-1.</b>	Establecimiento .....	5
<b>Figura 1-2.</b>	Distribución del establecimiento.....	6
<b>Figura 2-2.</b>	Tratamiento ecológico de aguas industriales .....	9
<b>Figura 3-2.</b>	Sistema de filtración de John Gibb .....	14
<b>Figura 4-2.</b>	Filtros de gravedad .....	16
<b>Figura 5-2.</b>	Filtro intermitentes .....	17
<b>Figura 6-2.</b>	Filtros de vacío continuos.....	17
<b>Figura 7-2.</b>	Filtro prensa de cámaras. ....	18
<b>Figura 8-2.</b>	Filtro prensa de placas y marcos.....	18
<b>Figura 9-2.</b>	Filtro percolador .....	19
<b>Figura 10-2.</b>	Vermifiltros .....	20
<b>Figura 11-2.</b>	Gránulos de kéfir de agua.....	24
<b>Figura 12-2.</b>	Imagen microscópica de microorganismos con presencia de metal .....	25
<b>Figura 1-4.</b>	Biofiltro .....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1-3.</b>	Procedimiento para la elaboración del filtro.....	37
<b>Gráfica 2-3.</b>	Procedimiento para la toma de muestra.....	38
<b>Gráfica 3-3.</b>	Procedimiento para el análisis de la DQO.....	40
<b>Gráfica 4-3.</b>	Procedimiento para el análisis de la DBO <sub>5</sub> .....	41
<b>Gráfica 5-3.</b>	Procedimiento para el análisis de aceites y grasas.....	42
<b>Gráfica 6-3.</b>	Procedimiento para el análisis de plomo.....	43
<b>Gráfica 7-3.</b>	Procedimiento para el análisis de detergentes.....	44
<b>Gráfica 8-3.</b>	Procedimiento para el análisis de pH.....	45
<b>Gráfica 9-3.</b>	Procedimiento para el análisis de sólidos suspendidos.....	46
<b>Gráfica 1-4.</b>	Resultados de la prueba piloto de sólidos suspendidos (SS).....	49
<b>Gráfica 2-4.</b>	Resultados de la prueba piloto de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) ...	50
<b>Gráfica 3-4.</b>	Resultados de la prueba piloto de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	51
<b>Gráfica 4-4.</b>	Resultados de la prueba piloto de detergentes.....	52
<b>Gráfica 5-4.</b>	Resultados de la prueba piloto de aceites y grasas.....	53
<b>Gráfica 6-4.</b>	Resultados de la prueba piloto de plomo (Pb).....	54
<b>Gráfica 7-4.</b>	Resultados de la prueba piloto de pH.....	55
<b>Gráfica 8-4.</b>	Resultados de la prueba corregida de sólidos suspendidos (SS).....	56
<b>Gráfica 9-4.</b>	Resultados de la prueba corregida de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	57
<b>Gráfica 10-4.</b>	Resultados de la prueba corregida de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	58
<b>Gráfica 11-4.</b>	Resultados de la prueba corregida de detergentes.....	59
<b>Gráfica 12-4.</b>	Resultados de la prueba corregida de aceites y grasas.....	60
<b>Gráfica 13-4.</b>	Resultados de la prueba corregida de plomo (Pb).....	61
<b>Gráfica 14-4.</b>	Resultados de la prueba corregida de pH.....	62
<b>Gráfica 15-4.</b>	Análisis de los resultados la prueba piloto del cumplimiento del TULSMA ....	63
<b>Gráfica 16-4.</b>	Análisis de los resultados de la prueba corregida del cumplimiento del TULSMA.....	64
<b>Gráfica 17-4.</b>	Análisis global de la eficiencia de remoción.....	68



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** TABLA 11. LIBRO VI, ANEXO 1 DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MEDIO AMBIENTE.

**ANEXO B:** MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DEL BIOFILTRO

**ANEXO C:** CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO

**ANEXO D:** TOMA DE MUESTRA

**ANEXO E:** PROCEDIMIENTO MÉTODO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE AGUA FILTRADA

**ANEXO F:** MUESTRAS DE AGUA CRUDA Y TRATADA

**ANEXO G:** RESULTADOS DE AGUA CRUDA PRUEBA PILOTO

**ANEXO H:** RESULTADOS DE ACEITE Y GRASAS DE LAS MUESTRA FILTRADA 2 PRUEBA PILOTO

**ANEXO I:** RESULTADOS FINALES DE LA MUESTRA FILTRADA 2 PRUEBA PILOTO

**ANEXO J:** RESULTADOS INICIALES DE LA MUESTRA CRUDA DE AGUA

**ANEXO K:** RESULTADOS DE LA MUESTRA FILTRADA 1

**ANEXO L:** RESULTADOS DE LA MUESTRA FILTRADA 2

**ANEXO M:** DISEÑO DEL BIOFILTRO

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo consistió en el diseño y construcción de un biofiltro para una lavadora automotriz en la ciudad de Riobamba, utilizando gránulos de kéfir de agua como microorganismos útiles para la degradación de contaminantes. Se diseñó el biofiltro mediante la revisión bibliográfica de las condiciones hidráulicas utilizadas para el diseño de filtros de arena y grava empleados en el tratamiento de aguas residuales. Durante el tiempo de tratamiento se tomó una muestra simple de agua en un recipiente plástico previamente lavado, donde fue llevado al laboratorio de manera inmediata, a fin de realizar los análisis correspondientes a los parámetros de monitoreo para las descargas industriales de mantenimiento y reparación de vehículos automotrices, que son DBO5, DQO, SS, detergentes, plomo, aceites y grasas; se compararon con la normativa de límites aceptables para la evacuación de aguas residuales hacia un sistema de alcantarillado propuesto en la tabla 11 del Libro VI Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes recurso agua del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA). En los resultados finales del periodo de tratamiento se determinó que los parámetros SS, DBO5, DQO, detergentes, plomo, aceites y grasas obtuvo una concentración de 108 mg/l, 247 mg/l, 468 mg/l, 1.88 mg/l, 0.13 mg/l y 87.53 mg/l con un porcentaje de remoción de 84.80 %, 8.59 %, 23.73 %, 59.39 %, 51.83 % y 19.17 % respectivamente. Se concluye que los parámetros SS, DBO5, DQO, detergentes plomo, aceites y grasas del agua tratada de la prueba corregida cumplen los límites establecidos por la normativa del TULSMA. Se recomienda no trabajar con ningún tipo de sustrato como azúcar para los microorganismos, debido a que ocasiona una mayor contaminación por el proceso de fermentación.

Palabras clave: <AGUAS RESIDUALES>, <BIOFILTRO>, <MICROORGANISMOS>, <KÉFIR>, <DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)>, <DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)>, <SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SS)>, <ACEITE Y GRASAS>.



1463-DBRA-UTP-2021

## **ABSTRACT**

The aim of this work is the design and construction of a biofilter using water kefir granules as useful microorganisms for the degradation of pollutants for an automotive washing machine in Riobamba. The biofilter was designed through a bibliographic review of the hydraulic conditions used for the design of sand and gravel filters used in wastewater treatment. During the treatment time, a simple water sample was taken in a previously washed plastic container, where it was taken to the laboratory immediately, in order to carry out the analyzes corresponding to the monitoring parameters for industrial vehicle maintenance and repair discharges automotive, which are BOD5, COD, SS, detergents, lead, oils and greases. They were compared with the norm of acceptable limits for the evacuation of wastewater towards a sewerage system proposed in table 11 of Book VI Annex 1 of the Environmental Quality Norm and water resource effluent discharge of the Unified Text of Secondary Environmental Legislation Environment (TULSMA). In the final results of the treatment period it was determined that the parameters SS, BOD5, COD, detergents, lead, oils and fats obtained a concentration of 108 mg / l, 247 mg / l, 468 mg / l, 1.88 mg / l, 0.13 mg / l and 87.53 mg / l with a removal percentage of 84.80%, 8.59%, 23.73%, 59.39%, 51.83% and 19.17% respectively. It is concluded that the parameters SS, BOD5, COD, lead detergents, oils and fats of the treated water of the test corrected comply with the limits established by the TULSMA regulations. It is recommended not to work with any type of substrate such as sugar for microorganisms, because it causes greater contamination by the fermentation process.

Keywords: <WASTE WATER>, <BIOFILTER>, <MICROORGANISMS>, <KÉFIR>, <CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) >, < BIOCHEMICAL DEMAND OF OXYGEN (BOD5) >, < SUSPENDED SOLIDS (SS) >, <OIL AND FATS >.

## **INTRODUCCIÓN**

El agua es un recurso natural y básico para la vida en la Tierra, pero al transcurso del tiempo se ha visto perjudicada debido a su alta demanda para satisfacer de las necesidades humanas donde la alteración de este recurso es una catástrofe, ya que se encuentra relacionada con diferentes actividades humanas e industriales adicionando a esto la falta de tecnología enfocada para la protección de tan valioso recurso provocando la degradación del ecosistema acuático desde el punto de vista ambiental (Cirelli, 2012, pp.148-154).

Las lavadoras y lubricadoras de la Provincia de Chimborazo, están en la categoría de actividades de riesgo ambiental por la aparición de contaminantes que alteran la calidad del agua, lo que ha llevado a la implementación de sistemas de tratamientos de agua para disminuir los efectos perjudiciales al medio ambiente.

La intención de tratar aguas residuales es reducir la carga contaminante y convertirla en un parámetro inofensivo para el medio ambiente y seres vivos, razón por la cual se requieren de mecanismos físicos, químicos y biológicos.

Un biofiltro, también conocido como humedales artificiales, es un dispositivo que elimina varios compuestos contaminantes a partir de una corriente de fluido por medio de un proceso biológico. La lavadora y lubricadora automotriz “LA JOYA” es un negocio que brinda servicio de lavado completo, lavado exprés, cambios de aceite y limpieza de motor de los vehículos livianos, la industria se encuentra localizada en la ciudad de Riobamba en las calles José Joaquín Olmedo y Diego de Almagro.

Por lo anteriormente mencionado, el presente trabajo está enfocado en el diseño y construcción de un biofiltro con materiales accesibles facilitando su implementación para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora, utilizando gránulos de kéfir de agua como microorganismos útiles para la remoción de contaminantes, la misma que se evalúa gracias a la comparación de los parámetros de monitoreo para las actividades de mantenimiento de vehículos automotrices que están normados según el Código Internacional Industrial Uniforme (CIIU), y el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) libro VI, anexo 1 de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del problema

Actualmente las lavadoras y lubricadoras de autos, generan cada vez más residuos contaminantes y aguas residuales, lo que ha llevado a la implementación de sistemas de tratamiento para poder mitigar la contaminación que perjudica al ambiente.

En las zonas afectadas se han realizado estudios en esta área, implementando diferentes tácticas por ejemplo un “Filtro de arcilla cocida” que ha dado resultados positivos al tratar aguas de las lavadoras y lubricadoras de autos, ya que son grandes generadoras de contaminación, representando un problema grave para el medio ambiente (Martín, 2000, p.9).

De igual manera, se han diseñado trampas de grasa para reducir el impacto ambiental en los sistemas de recolección de aguas residuales (Miño, 2015, p.41).

En regiones y zonas del Ecuador, al no poseer tecnología de sistemas de tratamientos de aguas residuales de tipo industrial, comercial y doméstico, se han implementado proyectos de filtración caseros hechos a base de cerámica de arcilla (ladrillo), con el objetivo de remover los microorganismo y sustancias contaminantes; al realizar la evaluación del material filtrante se han observado ventajas en cuanto a valores de eficiencia de remoción entre 99,70 % y 99,99 %, además de su fácil elaboración, mantenimiento y control (Matamorro, 2009, p.3).

Generalmente, la importancia de tratar el agua residual proveniente de lavadoras de autos de la provincia de Chimborazo pasa desapercibida en comparación con efluentes producidas por otras industrias.

Debido a este factor este trabajo se enfoca en el diseño y construcción de un biofiltro para el tratamiento de aguas residuales a partir del uso de gránulos de kéfir de agua, de modo que será aprovechado para la degradación de contaminantes presentes en el agua en la lavadora y lubricadora.

## 1.2. Justificación del proyecto

Las lavadoras y lubricadoras de la Provincia de Chimborazo están en la categoría de actividades de riesgo ambiental por la aparición de elementos contaminantes, que tienen origen en el denominado “ciclo del agua”. En alguna parte de este ciclo las actividades humanas producen contaminación del agua o mejor dicho la alteración de su calidad, siendo las aguas residuales las principales vías de entrada de contaminantes en el medio ambiente acuático, entre las que se incluyen aguas urbanas, industriales, agrícolas y ganaderas.

A día de hoy, los países en vías de desarrollo carecen de condiciones sanitarias adecuadas y la falta de disponibilidad de agua para el consumo humano, han generado la necesidad de plantear nuevos proyectos innovadores en el campo del tratamiento de agua residual, proponiendo alternativas viables y económicas con un interés amigable al medio ambiente.

Por lo tanto, este trabajo se justifica en el diseño y construcción de un biofiltro con materiales de fácil acceso facilitando su implementación para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora, utilizando gránulos de kéfir de agua como microorganismos útiles para la remoción de contaminantes, promoviendo un método biológico que conlleve un menor costo y a su vez sea inocuo, es decir, no contribuya un peligro contra la salubridad.

## 1.3. Beneficiarios directos e indirectos

**Tabla 1-1:** Beneficiarios directos e indirectos

<b>DIRECTOS</b>	<b>NÚMERO DE BENEFICIARIO</b>
Trabajadores	3
Propietario	1
Moradores cercanos	60
<b>INDIRECTOS</b>	<b>NÚMERO DE BENEFICIARIO</b>
Clientes	No determinado

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

## 1.4. Objetivos del proyecto

### 1.4.1. Objetivo general

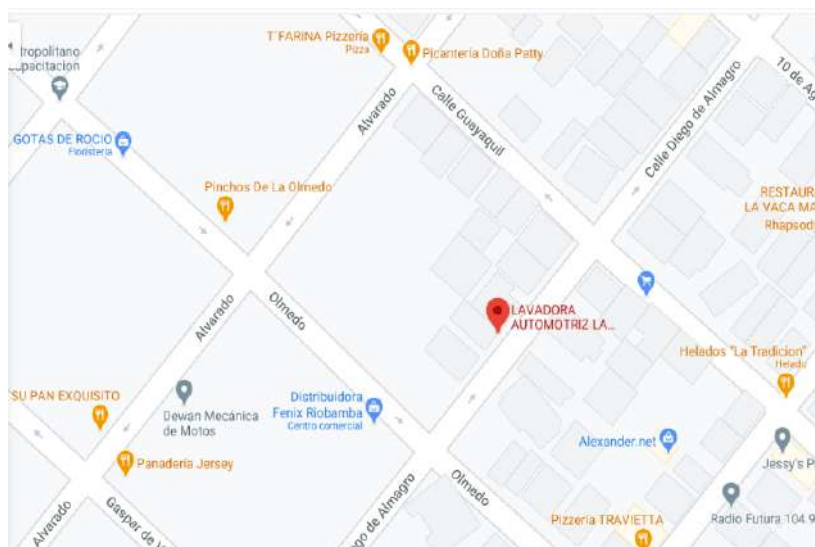
Diseñar y construir un biofiltro con gránulos de kéfir de agua para la degradación de contaminantes de aguas residuales de la lavadora y lubricadora de autos.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Monitorear las características físicas y químicas de las aguas residuales en su origen y posteriormente del filtrado.
- Comparar los resultados de los parámetros planteados con los límites aceptables por el TULSMA.
- Determinar la eficiencia de remoción de los parámetros de control del agua residual.
- Analizar la efectividad de los gránulos de kéfir de agua como microorganismos útiles en el pretratamiento de agua residuales.

## 1.5. Localización del proyecto

La industria de lavado automotriz se encuentra ubicada en las calles José Joaquín Olmedo y Diego de Almagro, en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. Sus coordenadas son: 1°40'37.5"S 78°38'48.5"W.



**Figura 1-1.** Croquis de la ubicación del proyecto

Fuente: Rasmussen, 2005.



**Figura 2-1.** Establecimiento

Fuente: Rasmussen, 2005.



## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Antecedentes de la industria

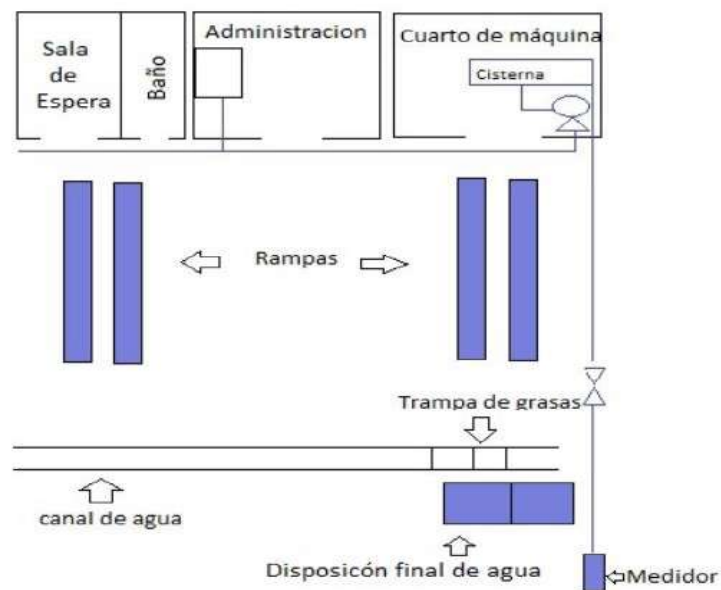
La industria automotriz se fundó el 18 de noviembre del 2006, surgiendo como consecuencia de una oportunidad de negocio para brindar un servicio a la ciudadanía de lavado completo, lavado exprés, aspirado, cambios de aceite y limpieza de motor de los vehículos.

Los servicios mencionados se realizan especialmente para vehículos livianos, debido a que las instalaciones no están adaptadas para vehículos pesados.

El sistema para el lavado se desarrolla con bombas y pistola de pulverización con la finalidad reducir la cantidad de agua utilizada y aumentar la presión, ayudando a mejorar el servicio de lavado de vehículos.

##### 2.1.1. Distribución del lugar

La lavadora automotriz está compuesta por dos rampas de lavado, una pequeña construcción para la sala de espera, baño, administración y cuarto de máquina. En la disposición final, el alcantarillado en donde el flujo de agua residual pasa por una trampa de grasas culminando en un pozo de disposición final.



**Figura 1-2.** Distribución del establecimiento

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

## **2.2. Agua residual**

Las aguas residuales son aquellas que contienen una gran cantidad de sustancias y microorganismos que son muy peligrosos para los seres humanos debido a la modificación de su calidad, estas provienen de los usos industriales, comerciales, domésticos, sanitarios, y agrícolas (GARCÍA, 1997, p.2).

### ***2.2.1. Aguas residuales industriales***

Las aguas residuales industriales son las que poseen una composición variable, esto depende de las diferentes actividades industriales realizadas de los establecimientos que por sus procesos realizados estas pueden contener detergentes, antibióticos, aceites y grasas y otros subproductos de origen químico, vegetal, mineral o animal dependiendo de la actividad que se realice (GARCÍA, 1997, p.2).

Las aguas residuales industriales deben ser tratadas mediante plantas de tratamiento, con la finalidad que su descarga final a los colectores correspondientes se encuentre por debajo de los límites establecidos por la legislación ambiental nacional vigente (Gafurri, 1997, p.6).

### ***2.2.2. Tratamiento de aguas residuales industriales***

De manera simplificada una planta de tratamiento de agua residuales tiene como finalidad depurar sólidos de mayor tamaño, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, reducir la materia orgánica y contaminantes restaurando la presencia de oxígeno (Troconis, 2010, p.1).

Entre los sólidos de mayor tamaño tenemos trapos, madera que son depuradas mediante el sistema de cribado donde se instala rejillas para obstruir el paso de estos objetos, los contaminantes como grasas y aceites se depuran mediante trampas de grasas que por su densidad estas son retenidas, los sólidos sedimentables se depura mediante desarenadores y sedimentadores, los sólidos suspendidos se realiza su depuración mediante tanques de sedimentación donde se usa floculantes y coagulantes de tal manera que formen partículas de mayor tamaño y precipiten, para disminuir las trazas de sólidos suspendidos se usa filtros de arena y graba para retener la mayor cantidad de estos. La materia orgánica se reduce mediante el uso de bacterias y otros microorganismos útiles para consumir la materia orgánica residual mediante el uso de reactores, luego son separados de forma de lodos para obtener una agua libre de impurezas (Troconis, 2010, p.2).

### ***2.2.3. Tratamiento ecológico de aguas industriales***

En la actualidad varios países se encuentran protegiendo el más valioso recurso, que es el agua fresca de buena calidad. Esta perspectiva ha llevado a industrias, organizaciones e incluso gobiernos a buscar alternativas más amigables para el recurso hídrico, por lo que se han implementado el uso de humedales artificiales o filtros biológicos como alternativa de tratamiento de aguas residuales industriales, con la idea de reutilizar principalmente en agricultura y jardinería por lo que se han diseñado sistemas de tratamiento ecológicos (Naranjo, 2011, p.1).

### ***2.2.4. Proceso ecológico para tratamiento de aguas industriales***

Para el proceso ecológico de tratamiento de aguas industriales tenemos.

#### ***2.2.4.1. Recepción***

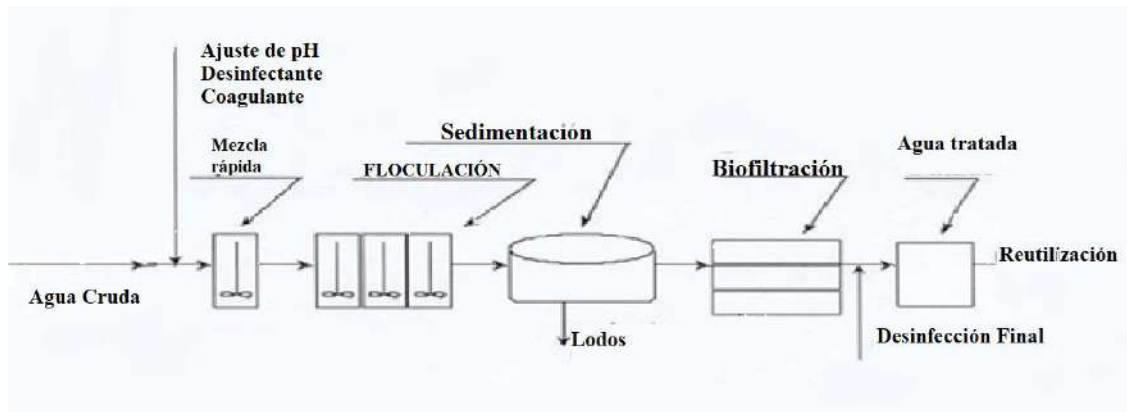
La recepción se lo realiza mediante tanques verticales impermeabilizados, en este proceso incluye la toma de muestras para los análisis físicos, químicos y microbiológicos (Ambiental, 2013, párr.1).

#### ***2.2.4.2. Tratamiento físico – químico***

La separación de partículas de menor tamaño y aceites se realiza mediante gravedad lo que es recomendable el uso de agentes flocculantes y trampa de grasas, incluyendo al control de pH mediante estabilizadores ácidos o alcalinos. Posterior de este tratamiento se toma nuevamente muestras para el análisis de laboratorio para poder determinar que los parámetros estén por debajo de lo exigido por la normativa ambiental (Ambiental, 2013, párr.2).

#### ***2.2.4.3. Tratamiento biológico***

En este proceso el agua fluye por un filtro biológico compuesto por piedra y arena a diferentes diámetros, donde se encuentran plantas cuyas raíces promueven la degradación de agentes residuales como cromo, plomo entre otros materiales particulados sobrante en los procesos anteriores (Ambiental, 2013, párr.3).



**Figura 2-2.** Tratamiento ecológico de aguas industriales

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 2.3. Toma de muestras de agua residual

El objetivo de tomar muestras del agua residual es para obtener el análisis de la calidad asegurando el conocimiento y funcionamiento del tratamiento de las mismas, para la toma de muestras de agua se realiza mediante los siguientes aspectos (Reutelshofer, 2015, p.4).

#### 2.3.1. Lugar

Los resultados influyen dependiendo del lugar donde se tome la muestra, ya que al tomar en un lugar inadecuado los resultados podrían variar lo que se tiene los siguientes pasos (Reutelshofer, 2015, p.4).

##### 2.3.1.1. Elija un lugar donde el agua esté bien mezclada

Asegurarse que el agua se encuentre mezclada de la mejor manera, ya sea en un tanque de depósito o al final de la tubería de drenaje o canal (Reutelshofer, 2015, p.5).

##### 2.3.1.2. No tocar el fondo o las paredes

El recipiente para la toma de la muestra debe tener suficiente espacio de la superficie de las paredes con la finalidad de no tocar con el mismo, evitando contaminación o generar una concentración alta en los resultados (Reutelshofer, 2015, p.5).

### ***2.3.2. Tiempo***

Se recomienda tomar la muestra de agua en las primeras horas del día considerando el clima, debido a que si existe días de lluvia la dilución puede alterar los resultados (Reutelshofer, 2015, p.6).

### ***2.3.3. Frecuencia***

Para tomar una muestra de agua se puede alternar la hora y el día, para lo cual se aconseja realizar un cronograma de toma de muestras (Reutelshofer, 2015, p.11).

### ***2.3.4. Técnica***

Las técnicas de muestreo presentan sus ventajas y desventajas con sus distintos usos y técnicas (Reutelshofer, 2015, p.12).

#### ***2.3.4.1. Muestra simple***

Este tipo de muestra es tomada de manera fácil y sencilla en la cual se toma la muestra de agua con un recipiente al final de una tubería o caída de un canal, se cierra el recipiente y se lleva antes de las 24 horas al laboratorio para su respectivo análisis, es empleado cuando se tiene un tiempo corto para la toma de muestra en la descarga de agua industrial donde la situación no facilita una muestra compuesta (Reutelshofer, 2015, p.12).

#### ***2.3.4.2. Muestra compuesta***

La muestra compuesta es aquella que se toma un número de muestras simples durante cierto periodo de tiempo, donde son analizadas independientemente con la finalidad de obtener las condiciones promedio del agua (Reutelshofer, 2015, p.12).

#### ***2.3.4.3. Muestra cualificada***

Esta técnica consiste en tomar cinco muestras de agua simples tomadas en menos de ocho minutos en un intervalo de menos dos minutos, para luego ser mezcladas en un balde para analizar un promedio de la contaminación del agua en un tiempo razonable (Reutelshofer, 2015, p.13).

### ***2.3.5. Transporte de las muestras***

Las muestras tomadas se deben transportar en las condiciones de obscuridad a temperaturas entre 1-5 °C mediante el uso de hielera, de esta manera se asegura que las muestras se encuentren estables hasta 24 h (Reutelshofer, 2015, p.19).

## **2.4. Normativa ambiental nacional**

### ***2.4.1. TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente)***

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente es una normativa que realiza gestiones de productos y servicios del Ministerio del Ambiente, donde hace ejercer en forma eficaz y eficiente el rol de autoridad ambiental nacional del Ecuador, garantizando un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (Ambiente, 2003, p.5).

#### ***2.4.1.1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua***

La norma técnica ambiental presente es documentada bajo la ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en la cual establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistema de alcantarillado (Ambiente, 2003, p.287).

## **2.5. Parámetros de monitoreo de aguas residuales industriales**

Para diferentes industrias los parámetros de monitoreo de aguas industriales se realizan mediante el estudio de impacto ambiental, con el fin de minimizar los riesgos y el impacto negativo, para lo cual se engloba una toma de datos de cada estudio de impacto ambiental relacionado para cada industria, lo que ayuda a obtener un parámetro de monitoreo estándar dependiendo de la actividad industrial (Tamayo, 2014, p.357).

Los parámetros de monitoreo para las actividades de mantenimiento de vehículos automotrices se identifican según el Código Internacional Industrial Uniforme (CIU), conforme se detalla a continuación (CENSOS, 2012, párr.33).

**Tabla 1-2:** Parámetros de monitoreo de las descargas industriales

CIU	Actividad Industrial	Parámetro de monitoreo
5020	Mantenimiento de vehículos automotrices	DBO <sub>5</sub> , DQO, SS, Detergentes, Aceites y grasas, Plomo (Pb).

Fuente: CENSOS, 2012.

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### **2.5.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es una medida que representa la cantidad de materia orgánica que puede ser oxidada químicamente, el DQO se lo expresa en unidades de mg O<sub>2</sub>/l. Es un parámetro fundamental dentro de los análisis de aguas residuales, el cual corresponde a una oxidación química de sustancias susceptibles existentes en una muestra (Ramírez, 2001, pp.13-15).

Dicha contaminación se debe por la acumulación de compuestos derivados de pesticidas, colorantes, hidrocarburo, compuestos fenólicos, etc. Estos elementos se encuentran de manera industrializada o natural que por falta de compromiso medioambiental se transforman en contaminantes del agua alterando su calidad (Lecca, 2014, p.75).

### **2.5.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad o estimación de oxígeno necesario que requiere una población microbiana para la degradación de materia orgánica de una muestra de agua en un tiempo de 5 días (Lecca, 2014, p.76). La concentración de materia orgánica biodegradable DBO<sub>5</sub> se lo calcula basándose en la disminución de la concentración que la muestra tiene de oxígeno disuelto, se lo expresa en unidades de mg O<sub>2</sub>/l, este es un parámetro importante dentro de los análisis de aguas residuales (Le Anh, 2014, p.139).

### **2.5.3. Detergentes**

Los detergentes se encuentran en aguas limpias y residuales principalmente por descarga de residuos acuosos del lavado doméstico e industrial y otras operaciones de limpieza, los detergentes están constituidos por sustancias tensoactivas. Un tensoactivo combina una sola molécula a un grupo hidrófobo con uno hidrófilo. Estas moléculas se añaden en las interfases entre el medio acuoso y otras fases del sistema como líquidos oleosos y partículas formando espuma, emulsificación y suspensión de partículas. Sus concentraciones regularmente se miden en mg/l (Romero, 2001, p.1).

#### **2.5.4. Plomo (Pb)**

El plomo es un metal tóxico, altamente contaminante que provoca inconvenientes a la salud de los seres vivos. Las principales fuentes de plomo son la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje, el uso continuo de pinturas, gasolinas y derivados del petróleo (OMS, 2019, párr.1).

#### **2.5.5. Sólidos suspendidos (SS)**

Son partículas insolubles de tamaño reducido que flotan en la superficie o están suspendidos en aguas residuales u otros líquidos, estas partículas tienen varios tipos de tratamiento de acuerdo al tamaño y porción de la partícula (Mayo, 2009, párr.1).

Los valores de concentraciones típicas fluctúan entre 100 y 2500 mg/l, donde los altos valores se generan en las zonas de lavandería y cocina. Cabe recalcar que las aguas provenientes de actividades de lavado también pueden contener partículas de arena y arcilla, al igual que las aguas grises provenientes de la actividad de lavado de frutas y verduras (Eriksson, 2001; citado en Auchen, 2010 ).

#### **2.5.6. Aceites y grasas**

Las grasas y aceites tanto de origen animal como vegetal son triglicéridos o llamados también como ésteres de glicerina, los ácidos grasos de larga cadena de hidrocarburos son sustancias derivadas del petróleo, de manera general cuando se presentan en estado líquido se denomina como aceites y cuando se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente se le conoce como grasas, su densidad varía entre los 0.92 a 0.964 g/l donde puede aumentar dependiendo de la temperatura (Herrera, 2016, p.10).

La contaminación por aceites y grasas en aguas residuales son casos típicos en procesos industriales, debido a la utilización de detergentes y productos de limpieza a presión lo que genera mezclas de aceite y agua, la descarga de estas aguas conlleva a la contaminación del medio ambiente (Herrera, 2016, p.12).

### **2.6. Eficiencia de remoción**

La eficiencia de remoción de contaminantes permite conocer el porcentaje removido de las concentraciones de contaminantes en un tratamiento de aguas, está dado por la siguiente ecuación (Malacacus, 2017, p.62).



$$Eficiencia = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100$$

Ec. (1-2)

En el cual:

E = Eficiencia de remoción (%)

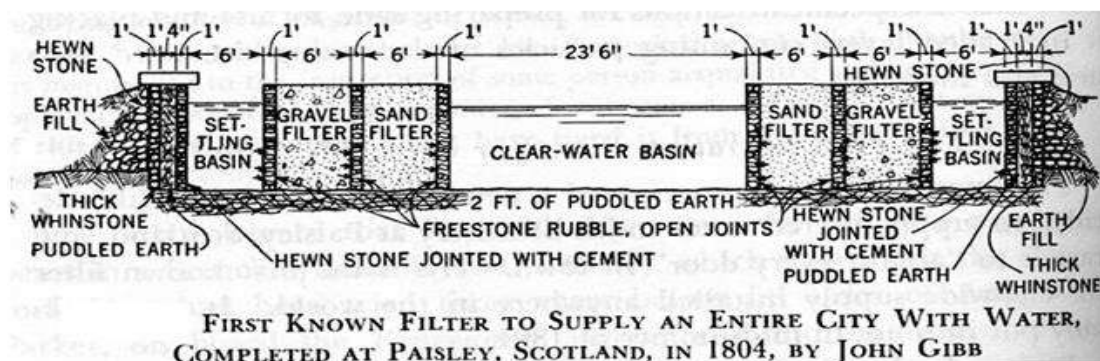
S = Carga de contaminante final o de salida (mg/l)

S<sub>0</sub> = Carga de contaminante inicial o de entrada (mg)

## 2.7. Historia de la filtración

Durante el transcurso del año 1500 d. C la tecnología asociada a la potabilidad del agua era escasa, enfermedades relacionadas con la higiene, principalmente debido a la contaminación de plomo generado por la minería y excremento como consecuencia de la ausencia de un sistema de alcantarillado, razón por la cual la gente enfermaba y moría (Brish, 1998, párr.8).

Alrededor del año 1804 John Gibb implementó el primer suministro de agua potable a una ciudad completa que fue construido en Paisley, Escocia. En tres años comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow (Brish, 1998, párr.8).



**Figura 3-2.** Sistema de filtración de John Gibb

Fuente: ALTIMIR, 2002.

En 1806 funcionó la planta más grande de tratamiento de agua en la ciudad de París, utilizando sedimentadores durante doce horas y un sistema de filtros de arena y carbón durante un periodo de tiempo de seis horas (Brish, 1998, párr.8).

En 1827 el inglés James Simplón construyó un filtro utilizando arena para la purificación del agua potable. Hoy en día es considerado el sistema más efectivo con fines de salud pública (Brish, 1998, párr.9).

## **2.8. Filtración**

Es la operación donde se separa el sólido de un líquido produciendo un desprendimiento de partículas a través de un medio filtrante, logrando que el líquido se depure de las partículas que se encuentra en su mezcla (Martín, 2011, p.14).

### ***2.8.1. Sistema para poder filtrar***

Los sistemas para poder filtrar son todos aquellos dispositivos o filtro de cualquier material que ayude a colar el líquido dejando partículas en su interior del medio (Brito, 2017, p.24).

### ***2.8.2. Sistema a filtrar***

El sistema a filtrar o líquido turbio es un fluido que en su seno posee una cantidad de materiales suspendidos particulados que se desea separar para tener un fluido libre de sólidos (Brito, 2017, p.24).

### ***2.8.3. Material filtrante***

Según Brito (2017, p.24) considera que al escoger el material filtrante se tiene que identificar la capacidad para la retención de sólidos sin obstrucción y sin derramamiento de partículas, donde la filtración funciona como una red quedando todos los sólidos en una capa en el material denominado torta de filtración. No obstante, deberán considerarse todas las cualidades desde el punto de vista químico – técnico para el estudio de la filtración lo que se debe:

- Seleccionar el tipo de medio filtrante
- Tener la capacidad de dimensionar filtros para las aplicaciones respectivas.
- Dirigir las condiciones bajo las cuales va a enfocar el medio filtrante en una operación de filtración y lavado.
- El medio filtrante deberá tener resistencia para soportar la degradación química del líquido

### 2.8.4. Clasificación de filtros

Los filtros se clasifican en:

**Tabla 2-2:** Clasificación de filtros

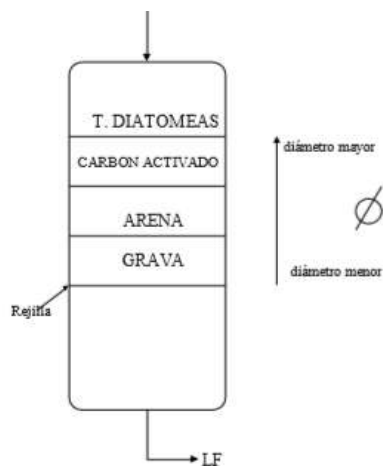
Presión ejercida	Tipo de filtro
Carga hidrostática del líquido	Gravedad
De presión producida por una succión	De vacío: Continuos Descontinuos
Debido a una presión producida por una bomba	De presión: Filtro prensa de cámaras, placas y marcos Filtro de caja
Fuerza Centrífuga	Centrifugas (hidroextractores)

Fuente: Brito, 2017, p.25.

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

#### 2.8.4.1. Filtros de gravedad

Por lo general es un tanque con un fondo hueco y una cobertura de medio filtrante. En su mayoría los filtros por gravedad utilizan una cobertura de arena y grava como material filtrante y se utilizan para filtrar soluciones o agua (Brito, 2017, p.26).

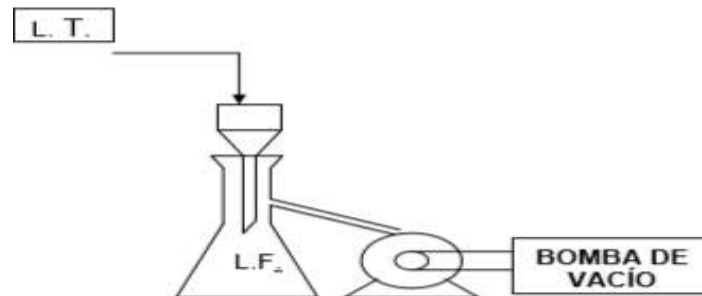


**Figura 4-2.** Filtros de gravedad

Fuente: Brito, 2017, p.26.

#### 2.8.4.2. Filtros de vacío intermitentes o discontinuos

Son serie de conductos donde se coloca el sistema a filtrar que al aplicar una fuerza de succión genera la evacuación del líquido. Ej. Crisol de Goch, son muy utilizados en el ámbito de laboratorio para filtración de pequeñas cantidades (Brito, 2017, p.26).

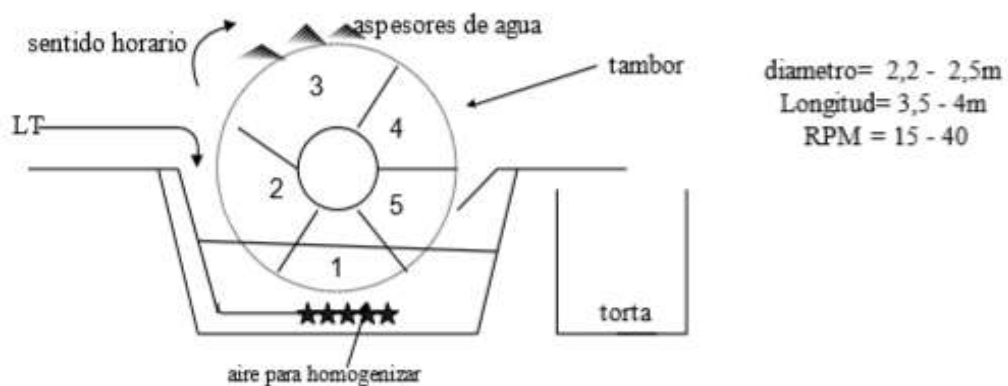


**Figura 5-2.** Filtros intermitentes

Fuente: Brito, 2017, p.26.

#### 2.8.4.3. Filtros de vacío continuos

Estos filtros denominados Oliver se clasifican en tambor rotativo y disco rotativo. Es un cilindro cuyo alrededor forma la superficie filtrante; esta superficie puede ser externa o interna y se divide en compartimentos. Cada compartimiento está independientemente conectado a una válvula de control automático que regula el período de vacío para conformar la torta. Se utiliza Industrialmente en las empresas azucareras (Brito, 2017, p.26).

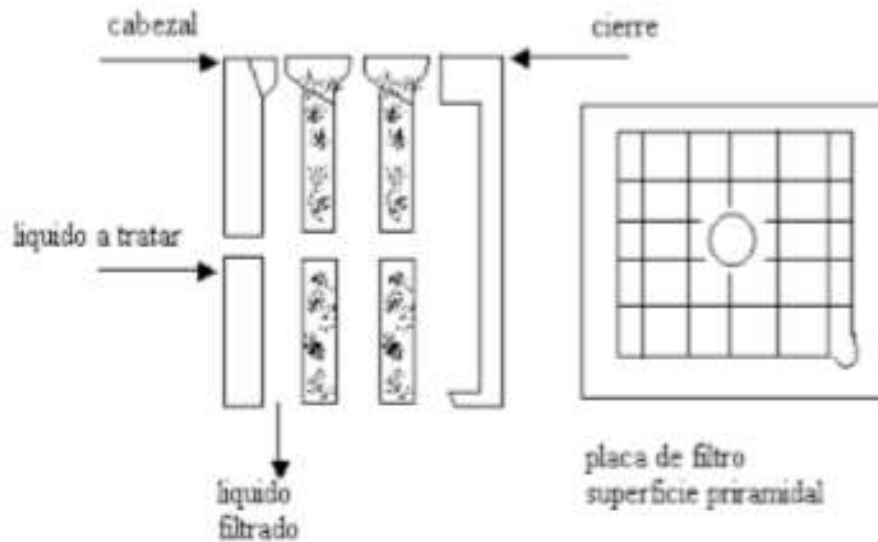


**Figura 6-2.** Filtros de vacío continuos

Fuente: Brito, 2017, p.26.

#### 2.8.4.4. Filtro prensa de cámaras:

Se compone de cámaras que comprende varias placas cóncavas desunidas donde se deposita el sistema a filtrar cuya parte superficial se encuentra ranuras que fluye el líquido filtrado (Brito, 2017, p.26).

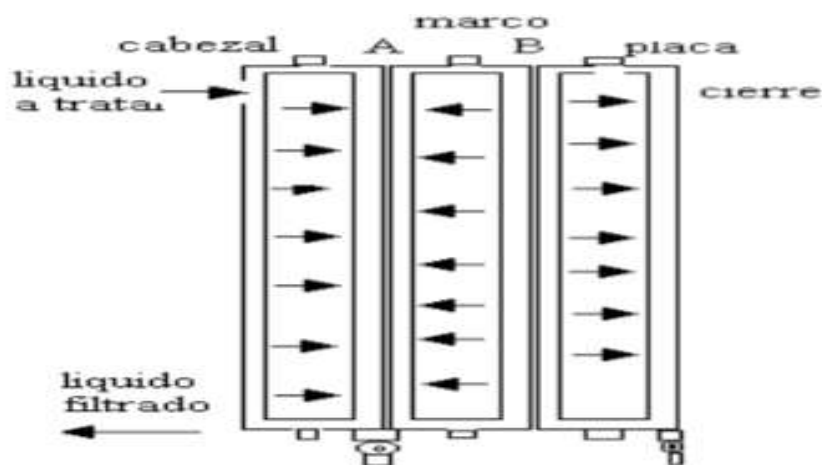


**Figura 7-2.-** Filtro prensa de cámaras.

Fuente: Brito, 2017, p.26.

#### 2.8.4.5. Filtro prensa de placas y marcos

Se compone de placas y cuadros huecos con orejas laterales, de modo que pueda montarse sobre dos barras horizontales, paralelas y afianzarse juntas (Brito, 2017, p.26).



**Figura 8-2.** Filtro prensa de placas y marcos

Fuente: Brito, 2017, p.26.

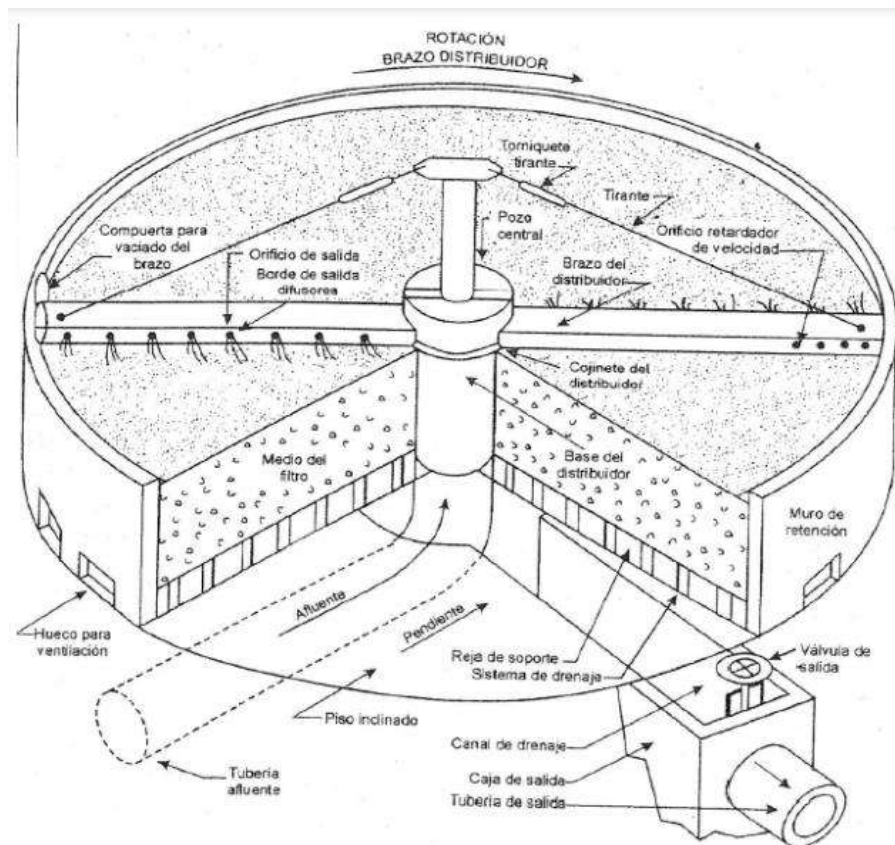
## 2.9. Biofiltro

Es un sistema que asemeja a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales reducen su contaminación por procesos naturales. Los biofiltros son humedales artificiales de flujo subterráneo o superficial, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales (Program, COSUDE ( Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperacion) y WSP (Water and Sanitation program), 2006, p.19).

### 2.9.1. Tipos de biofiltros

#### 2.9.1.1. Biofiltros percoladores

Los biofiltros percoladores son sistemas de tratamiento biológico aeróbico donde el agua se distribuye mediante rociadores a través de un medio filtrante, el mismo se encuentra a lo largo del biofiltro que puede ser natural (antracita, escoria, arena) o artificial (plástico) (Mildred Bracho, 2016, p.16).



**Figura 9-2.** Filtro percolador

Fuente: Romero, 2000; citado en Rincón, 2019.

### 2.9.1.2. Biofiltros híbridos

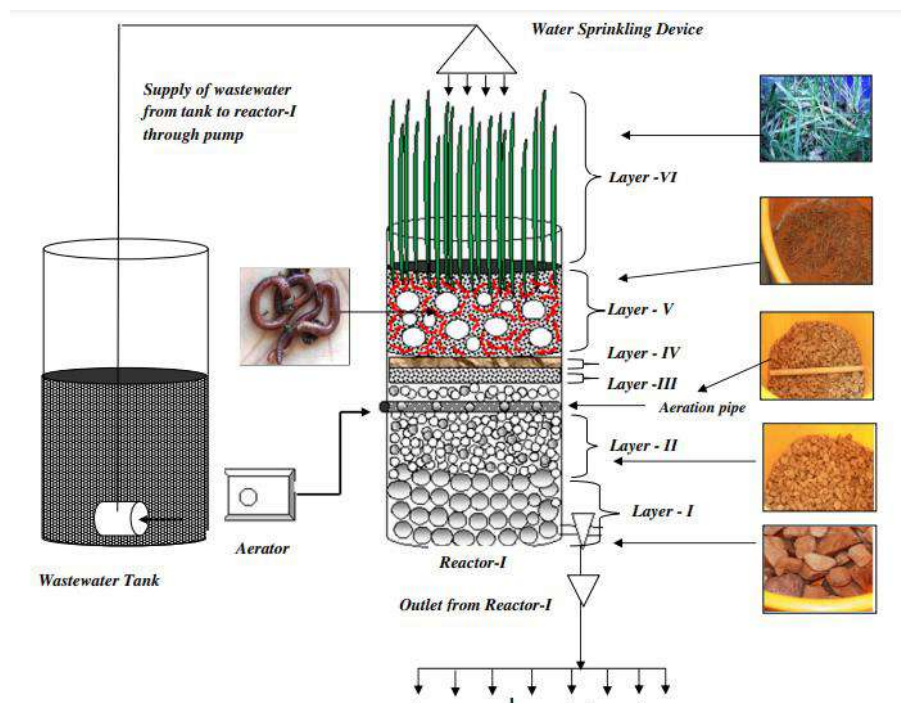
Los biofiltros que combinan varios materiales de filtrado se denominan biofiltros híbridos, en este tipo de sistemas existe la interacción entre plantas, lombrices y microorganismos con otros materiales porosos como arena, carbón, grava lo que permite tener eficiencias superiores de remoción de contaminantes de las que se obtiene por separado (Samal, 2017, p.370).

### 2.9.1.3. Vermifiltros

El uso de lombrices en sistemas de tratamiento de aguas residuales, se conoce como vermifiltración. Estos biofiltros se basan en un proceso de adaptación de lombrices en un medio filtrante que permita su crecimiento (Tomar, 2011, p.95)

Las lombrices interactúan con microorganismos que favorecen la descomposición y estabilización de la materia orgánica (Samal, 2017, p.366).

Los vermifiltros están constituidos por capa activa y capa de filtrante, en donde se encuentran las lombrices y su sustrato (Zhao et al, 2012, p.4049).



**Figura 10-2.** Vermifiltros

Fuente: Tomar, 2011, p.98.

## **2.10. Componentes de un sistema de biofiltración**

### **2.10.1. Lecho filtrante**

Las principal función del lecho filtrante es depurar los sólidos de la superficie que contienen las aguas residuales, donde se desarrollarán los microorganismos que se encargarán de degradar aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante ( Program, COSUDE ( Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperacion) y WSP (Water and Sanitation program), 2006, p.19).

#### **2.10.1.1. Lecho de arena fina**

El lecho de arena fina provoca que el agua reduzca su velocidad por medio de la gravedad, logrando retener las partículas de menor tamaño y adsorber las impurezas. Este tipo de filtración genera resultados excelentes cuando la carga superficial es baja, reduciendo considerablemente la turbidez (Molina, 2016, p.19).

#### **2.10.1.2. Lecho de arena y grava**

El lecho de arena y grava cuyo método es la filtración rápida se utilizan cuando existe una alta carga superficial, ya que permite la separación de partículas relativamente grandes utilizando lechos de arena y grava la cual actúa como soporte, esto va a permitir que las partículas de gran diámetro se queden retenidas en la capa superior del filtro, pero a una rapidez mayor mediante la gravedad (Molina, 2016, p.19).

#### **2.10.1.3. Plantas de pantano**

Las plantas cumplen funciones de proceso de tratamiento de aguas residuales debido a que atribuyen un componente fundamental en la biofiltración, gracias a que las raíces ayudan a aumentar los efectos tales como la filtración y el desarrollo de los microorganismos en su área superficial ( Program,COSUDE ( Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperacion) y WSP (Water and Sanitation program), 2006, p.11).

### **2.10.2. Microorganismos**

Los microorganismos son aquellos organismos de tamaño reducido imperceptibles a la vista que tienen la capacidad de realizar procesos vitales como crecer, alimentarse, producir energía y



reproducirse con una capacidad increíble para sobrevivir en una variedad de ambientes diversos (Ramírez et al. 2015, p.1).

Una alternativa para solucionar los problemas de la contaminación hídrica han sido los microorganismos debido a que estos tienen la capacidad de depurar las aguas al utilizar compuestos contaminantes presente en las mismas como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento (Romero, 2017, p.88).

## 2.11. Gránulos de kéfir

El origen de los gránulos de kéfir es desconocido, no obstante, según la diversa literatura se cree que la especie de hongos de Tíbet popularmente conocidos como túbicos o kéfir de agua se originó en México, gracias a que fue la Madre Teresa de Calcuta quien los trajo de una de sus visitas a su país, en donde se expandieron por todo el continente. La literatura recalca que la Madre Teresa de Calcuta, con el afán y deseo de ayudar a curar enfermedades de las personas que vivían apartados de la población no contaban con los recursos económicos necesarios, luego al Tíbet donde se comunicó con los monjes quienes entregaron los hongos curativos con el fin de ayudar a las personas, por sus cualidades desintoxicantes que los hongos poseían (Disegni, 2012, párr.1).

### 2.11.1. Composición

#### 2.11.1.1. Composición microbiológica

Los gránulos de kéfir de agua están compuestos por cepas microbianas en la cual consta de bacterias y levaduras (Bergmann, 2010, p.1024).

**Tabla 3-2:** Bacterias y levaduras que se encuentran en los gránulos de kéfir de agua

Bacterias	%
<i>Lactobacillus paracasei</i>	23.8
<i>Acetobacter lovaniensis</i>	16.61
<i>Lactobacillus parabuchneri</i>	11.76
<i>Lactobacillus kefir</i>	10.03
<i>Lactococcus lactis</i>	10.03
<i>Lactobacillus casei</i>	8.6
<i>Lactobacillus paracasei subsp. Paracasei</i>	7.96
<i>Leuconostoc citreum</i>	5.54
<i>Lactobacillus paracasei subsp. Tolerans</i>	3.11
<i>Lactobacillus buchneri</i>	2.42

Levaduras	%
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	54.26
<i>Kluyveromyces lactis</i>	20.15
<i>Lachancea meyersii</i>	10.85
<i>Kazachstania aerobia</i>	14.73

**Fuente:** Magalhães, 2011, p.697.

**Realizado por:** Robalino, Diego, 2021.

### 2.11.1.2. Composición física

Los gránulos de kéfir se asemejan a una coliflor de diámetro promedio de 0.3 a 0.5 cm con una apariencia marrón y una superficie elástica (Bergmann, 2010, p.1023).

### 2.11.1.3. Composición química

Los gránulos de kéfir producen un líquido con ácido láctico, etanol y dióxido de carbono debido a que estos hongos se alimentan de azúcares para producir estas sustancias (Bergmann, 2010, p.1024).

## 2.11.2. Usos de los gránulos de kéfir

### 2.11.2.1. Bebida desintoxicante

Los gránulos de kéfir son colonias de microorganismos útiles para la elaboración de una bebida carbonatada, con una cantidad de alcohol de 0.789 g/ml formada a partir de la fermentación de frutas y otros sustratos ricos en azúcar, esta bebida posee altos valores de microorganismos que benefician al consumidor como un agente de desintoxicación natural ayudando a fortalecer el sistema nervioso y digestivo, esta bebida posee un sabor ácido debido a la acidificación del etanol y compuestos fenólicos que produce las colonias de microorganismos encargados de la fermentación (López, 2017, pp. 405-407).

Para la preparación de esta bebida se tiene que considerar que para 237.5 ml hace falta 7 g de microorganismo y 12.5 g de azúcar morena con un reposo de 24 h como mínimo (López, 2017, p.405).

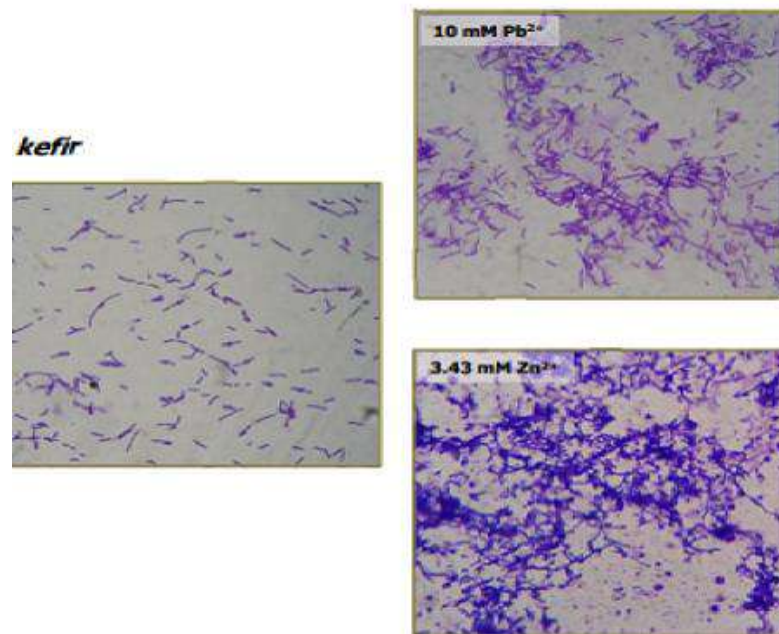


**Figura 11-2.** Gránulos de kéfir de agua

**Realizado por:** Robalino, Diego, 2021.

#### *2.11.2.2. Reductor de metales pesados*

Mediante el desarrollo investigativo según Gerbino (2013, pp.55-64) se comprobó que los microorganismos kéfir ayudan a reducir los metales pesados como plomo, cadmio, zinc y níquel. La presencia de plomo se deposita sobre la superficie bacteriana, se debe no solo a un intercambio iónico sino también a la participación de diferentes mecanismos químicos, como la reducción de plomo catiónico a plomo metálico. La tolerancia de los microorganismos kéfir apoya su uso como adsorbentes de trazas de metales pesados, en función de los resultados investigativos resulta interesante un modelo desarrollado que permita cuantificar la remoción de metales pesados en un uso práctico con la interacción microorganismos / metal, lo que generaría un cambio ambiental en la contaminación de metales pesados procedentes de industrias de pinturas, colorantes y derivados del petróleo.



**Figura 12-2.** Imagen microscópica de microorganismos con presencia de metal

Fuente: Gerbino, 2013, p.55.

## 2.12. Parámetros de diseño y construcción de filtro de arena fina y grava para aguas residuales

### 2.12.1. Parámetros de capacidad del filtro

Según Abellán (2014) para diseñar filtros de arena y grava se debe gestionar la capacidad volumétrica del filtro y la altura del medio filtrante. Dado las condiciones de la cámara filtrante deben proporcionar un volumen de 50 % a 75 %, el almacenamiento temporal superior debe abarcar un 25 % o mayor capacidad.

### 2.12.2. Periodo de operación

Para dimensionar el área del filtro rápido se debe tomar en cuenta el tiempo de drenaje completo en un periodo de 40 h máximo, con la finalidad de tratar la mayor cantidad de volumen durante ese periodo por lo que se toma en consideración el estudio del tiempo de retención hidráulica (Abellán, 2014, párr.3).

Al igual que con los procesos continuos, esto se define como el cociente entre el volumen total de reacción y el flujo (Arandis, 2011, p.30).

$$THR = \frac{V_{at}}{Q}$$

Ec. (2-2)

Donde:

THR = Tiempo de Retención Hidráulico (h)

V<sub>AT</sub> = Volumen de agua tratada (l)

Q = Caudal (l/h)

### 2.12.3. Cálculo del área del material

Para realizar el cálculo del área transversal del flujo para el diseño de un filtro de arena y grava se toma a consideración la teoría de la conductividad hidráulica, en donde se utiliza la siguiente ecuación tomando como valor de la conductividad hidráulica un valor de 1 m/h (Abellán, 2014. párr.1).

$$A_{tf} = \frac{V_t * l}{t * k * H}$$

Ec. (3-2)

Donde:

T = tiempo (h)

H = Altura almacenamiento posterior a la filtración (m)

l = Espesor del medio filtrante (m)

V<sub>t</sub> = Volumen a tratar (m<sup>3</sup>)

A<sub>tf</sub> = Área transversal de flujo (m<sup>2</sup>)

K = Conductividad hidráulica (m/h)

Si la estructura es cuadrada, los lados serán:

$$L = (A_{tf})^{0.5}$$

Ec. (4-2)

Donde:

L = Lado (m)

A<sub>tf</sub> = Área transversal de flujo (m<sup>2</sup>)

Si el filtro es de estructura circular el diámetro será:

$$D = \left( \frac{4 * A_{tf}}{\pi} \right)^{0.5}$$

Ec. (5-2)

Donde:

D = Diámetro (m)

A<sub>tf</sub> = Área transversal de flujo (m<sup>2</sup>)

#### 2.12.4. Parámetros de profundidad

La profundidad del medio filtrante debe estar a 0.45 y 0.60 m, estas consideraciones ayuda al diseño de un filtro con una filtración rápida cuyo caudal es de 2 l/h (Abellán, 2014, párr. 1).

#### 2.12.5. Selección del lecho filtrante y de soporte

Para la capa filtrante o capa media se recomienda la siguiente granulometría (Rocha, 2008, p.17).

**Tabla 4-2:** Lecho filtrante

<b>Tipo</b>	<b>TAMAÑO DE PARTÍCULA (mm)</b>
Arena fina	0.10-0.15
Arena	0.25-0.35

Fuente: Rocha, 2008, p. 17.

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Para el lecho de soporte se recomienda las siguientes características.

**Tabla 5-2:** Lecho de soporte

<b>TIPO</b>	<b>TAMAÑO DE PARTÍCULA (mm)</b>
Grava fina	7-10
Grava	10-25

Fuente: Rocha, 2008, p. 17.

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 2.12.6. Cálculo del volumen de un material poroso

Para el cálculo del volumen del material poroso se considera la porosidad del material, donde se refiere el espacio entre grano y grano que representa el volumen poroso con respecto al volumen total que ocupa el material (Rodríguez, 2010, p.3).

$$n = \frac{V_M}{V_v}$$

Ec. (6-2)

Donde:

n = Porosidad (Adimensional)

$V_v$  = Volumen de vacío ( $m^3$ )

$V_M$  = Volumen del material ( $m^3$ )

**Tabla 6-2:** Porosidad del lecho filtrante y de soporte

Porosidad	Valor (adimensional)
Porosidad de la arena	0.28
Porosidad de la grava	0.35

Fuente: Sanders, 1998.

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 2.12.7. Cálculo de la cantidad de material

La densidad de un material ayuda a determinar la cantidad de material utilizado, se define como la masa del material que ocupa el volumen total de la roca, se determina mediante formas geométricas como cilindros, prismas y a partir de esto se puede determinar la medida precisa del volumen (Rodríguez, 2010, p.2).

$$m = \rho * V$$

Ec. (7-2)

Donde:

m = masa

$\rho$  = Densidad ( $kg/m^3$ )

V = Volumen ( $m^3$ )

**Tabla 7-2:** Densidad de arena y grava

Densidad del material	Valor (kg/m <sup>3</sup> )
Densidad de la arena	1500
Densidad de la grava	1700

Fuente: Ingemecánica, 2004.

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### ***2.12.8. Periodo de diseño***

Se recomienda un periodo de diseño entre 8 a 12 años para lo cual se debe utilizar materiales adecuados y resistentes a la corrosión (Salud, 2005, p.11).

### ***2.12.9. Materiales ocupados para la construcción de filtros***

Dado las consideraciones en la implementación de filtros en áreas reducidas como en zonas rurales, se debe considerar que las unidades de filtración pueden construirse en dos tipos de materiales locales. Para la construcción de filtros cilíndricos y cuadrangular, se puede realizar como primer material mediante el uso de cemento y membrana de poliuretano para evitar filtraciones hacia el exterior. También se realiza mediante el uso de barriles plásticos o recipientes de uso común como reservorios de agua, cabe recalcar que estos están dispuestos en unidades en serie por lo que es necesario obtener un barril con las características similares del diseño, se recomienda trabajar con esta opción por su viabilidad tanto técnica como económica debido a que es un material más resistente y fácil de manipular (Rocha, 2008, p.4).

### ***2.12.10. Captación del agua***

La manera más simplificada para la captación del agua se realiza por sistema de tuberías que ayude a fluir el agua residual hacia el filtro, canales de circulación o mediante un reservorio denominado también como tanque de distribución, cuya opción es proveer de manera controlada el agua a tratar. Se considera que en el caso de realizar canales es necesario considerar posibles inundaciones, época de avenida conocida también como crecida de río, donde el nivel de un curso de agua es significativamente mayor que el flujo medio, para esto se debe evaluar la topografía del terreno y del medio para asegurar un buen nivel de entrada de agua al filtro (Salud, 2005, p.5).



### *2.12.10.1 Volumen de agua captada*

Para tomar el volumen de captación de agua se considera el espacio que ocupa un cuerpo considerando cálculos de capacidad del canal donde se toma en consideración la forma y el estado del recipiente (Cano, 2000, pp.4-6).

### **2.13. Limpieza del filtro**

Para la limpieza y su respectivo mantenimiento según los parámetros de Rocha (2008, p.17) se debe realizar cuando los niveles de la altura de agua han superado los niveles de almacenamiento temporal para lo cual se debe seguir los siguientes pasos.

- Paso 1: Drenar el agua sobrante mediante la válvula de drenaje.
- Paso 2: Con una pala pequeña raspar el lecho filtrante aproximadamente 5 cm y retirar la arena con mayor suciedad para su lavado.
- Paso 3: Iniciar de nuevo la operación del biofiltro con agua limpia una vez retirado la parte superficial de arena con mayor suciedad.
- Paso 4: después de la limpieza verificar el nivel de arena, si ha bajado aproximadamente 35 cm reponer con arena limpia lo más uniformemente posible.

### *2.14. Modelado en la ingeniería*

La mayoría de las descripciones de problemas científicos incluyen ecuaciones relacionadas con cambios en algunas variables importantes. En general, cuanto menor es el incremento seleccionado para una variable, mayor es la descripción de dónde se obtiene la ecuación. Se vuelve más general y precisa, proporcionando fórmulas matemáticas precisas para principios y leyes de la física, pero muchos problemas del mundo real pueden resolverse sin recurrir a ecuaciones diferenciales y su complejidad asociada (Cengel, 2001, p.21).

### **2.15. Técnicas para la resolución de problemas**

El primer paso para aprender las ciencias es comprender los conceptos básicos y comprenderlos bien. El siguiente paso es dominar los conceptos básicos al probar este conocimiento. Esto se hace resolviendo problemas importantes del mundo real. Resolver estos problemas, especialmente los más complejos, requiere un proceso sistemático. Siguiendo un proceso paso a paso, los ingenieros pueden reducir problemas complejos a problemas simples. Una vez que se solucione el problema, recomendamos los siguientes pasos (Cengel, 2001, p.21).

### ***2.15.1 Paso 1: Enunciado del problema***

Describa brevemente el problema con sus propias palabras, junto con la información importante y la cantidad que debe buscar. Esto es para asegurarse de que comprende el problema y su propósito antes de intentar resolverlo. (Cengel, 2001, p.22).

### ***2.15.2. Paso 2: Esquema***

Dibuje un diagrama realista del sistema físico que se está procesando y enumere la información asociada con ese diagrama. El diagrama no tiene que ser complicado, pero debe verse como un sistema real y mostrar características clave. Poner una lista de la información proporcionada en el diagrama le ayudará a visualizar todo el problema de una vez. También define las propiedades que se mantienen constantes durante el proceso como la temperatura, caudal, presión, etc. (Cengel, 2001, p.22).

### ***2.15.3. Paso 3: Hipótesis y aproximaciones***

Se han establecido supuestos y estimaciones apropiadas para simplificar el problema y proporcionar una solución. En las cantidades faltantes suponga un valor razonable. Por ejemplo, si no tiene datos específicos de presión barométrica, puede tratarlos como 1 atmósfera. Sin embargo, debe tenerse en cuenta en el análisis que la presión atmosférica disminuye al aumentar la altitud. Por ejemplo, en Denver (altitud 1610 m) desciende a 0,83 atm (Cengel, 2001, p.23).

### ***2.15.4. Paso 4: Leyes físicas***

Aplicar todas las leyes y los principios fundamentales de la física (como la ley de conservación de la masa) y reducir a su forma más simple. En primer lugar, se debe definir claramente las áreas donde se aplican las leyes de la física. Por ejemplo, el aumento en la velocidad del agua que fluye en una tobera se analiza aplicando la ley de conservación de masa entre la entrada y la salida de la boquilla (Cengel, 2001, p.23).

### ***2.15.5. Paso 5: Propiedades***

Determinar las propiedades desconocidas, en estados conocidos, necesarias para resolver el problema con base en relaciones o tablas de las propiedades. Realice una lista por separado de las propiedades e indique su origen, si es aplicable (Cengel, 2001, p.23).

### ***2.15.6. Paso 6: Cálculos***

Reemplace la cantidad y realice los cálculos para determinar la cantidad desconocida. Preste atención a las unidades y tenga en cuenta que las cantidades dimensionales sin una unidad no tiene significado. Además, no copie todos los números que se muestran en la pantalla de su calculadora, redondee los resultados al número apropiado de dígitos significativos (Cengel, 2001, p.23).

### ***2.15.7. Paso 7: Razonamiento, verificación y comentario***

Asegúrese de que los resultados obtenidos sean lógicos e intuitivos y confirme la hipótesis sospechosa. Repita el cálculo para el valor sospechoso. Por ejemplo, en las mismas condiciones de prueba, la resistencia que actúa sobre el automóvil no aumenta una vez que la forma del automóvil se vuelve más aerodinámica (Cengel, 2001, p.23).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de estudio

El presente trabajo de titulación es de tipo técnico, considerando su punto de partida en las necesidades y requerimientos de un biofiltro para tratar aguas residuales de la lavadora y lubricadora de autos, para la cual se ha desarrollado el diseño con base a la revisión bibliográfica y lineamientos normativos ambientales que garantizan el cumplimiento de los límites establecidos para agua residuales.

#### 3.2. Recolección de datos

##### 3.2.1. Cantidad de vehículos

La lavadora lleva un conteo diario de los vehículos que visita la industria gracias a que se cuenta con cámaras instaladas para obtener un registro sobre la cantidad de vehículos como se muestra en la Tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Cantidad semanal de vehículos livianos del mes de marzo

SEMANA	DÍAS						VEHÍCULOS SEMANALES
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
1	3	6	1	4	3	4	21
2	4	3	2	5	4	5	23
3	4	5	1	6	5	2	23
4	5	4	2	2	5	7	25
<b>Vehículos promedio del mes</b>							23

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

##### 3.2.2. Cantidad de volumen de agua

Para determinar la cantidad de volumen de agua se tomó en base al método de captación del canal de agua, donde se midió el ancho, largo y altura del canal a nivel de agua captada, por lo que se obtuvo la siguiente información como se muestra en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Muestreo de agua residual

SEMANA	Volumen de agua	DÍAS						Total
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
1	m <sup>3</sup>	0.6	1.2	0.2	0.8	0.6	0.8	4.2
2	m <sup>3</sup>	0.8	0.6	0.4	1	0.8	1	4.6
3	m <sup>3</sup>	0.8	1	0.3	1.3	1.1	0.7	5.2
4	m <sup>3</sup>	1	0.8	0.5	0.45	1	1.4	5.15
<b>Volumen promedio total semanal</b>								4.8
<b>Volumen promedio diario</b>		0.50	0.9	0.35	0.88	0.87	0.95	0.74

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 3.3. Cálculo del material y dimensiones del biofiltro

#### 3.3.1. Cálculo del volumen de agua tratada

$$THR = \frac{V_{at}}{Q}$$

Ec. (1-3)

$$V_{at} = \frac{2 l}{h} * 48 h$$

$$V_{at} = 96 l$$

#### 3.3.2. Cálculo del almacenamiento posterior a la filtración

$$H = l * 25 \%$$

Ec. (2-3)

$$H = 0.46 m * 0.25$$

$$H = 0.11 m$$

#### 3.3.3. Área transversal del flujo

$$A_{tf} = \frac{V_t * l}{t * k * H}$$

Ec. (3-3)

$$A_{tf} = \frac{4.8 m^3 * 0.46 m}{48 h * 1 \frac{m}{h} * 0.11 m}$$

$$A_{tf} = 0.43 m^2$$

### 3.3.4. Cálculo del radio del filtro cilíndrico

$$D = \left( \frac{4 * A_{tf}}{\pi} \right)^{0.5}$$

Ec. (4-3)

$$D = \left( \frac{4 * 0.43 \text{ m}^2}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$D = 0.73 \text{ m}$$

$$r = 0.36 \text{ m}$$

### 3.3.5. Cálculo de la altura total del filtro

$$h_{total} = (H + l + 0.15) \text{ m}$$

Ec. (5-3)

$$h_{total} = (0.46 + 0.11 + 0.15) \text{ m}$$

$$h_{total} = 0.72 \text{ m}$$

### 3.3.6. Cálculo del volumen total del filtro

$$V_f = \pi * r^2 * h$$

Ec. (6-3)

$$V_f = \pi * (0.36 \text{ m})^2 * 0.72 \text{ m}$$

$$V_f = 0.29 \text{ m}^3$$

### 3.3.7. Cálculo del volumen del material filtrante y de soporte

$$n = \frac{v_{material}}{v_{vacío}}$$

Ec. (7-3)

$$V_{Mf} = \pi * r^2 * h_1 * n_1$$

Ec. (8-3)

$$V_{Mf} = \pi * (0.36 \text{ m})^2 * 0.23 \text{ m} * 0.28$$

$$V_{Mf} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$V_{MS} = \pi * r^2 * h_2$$

Ec. (9-3)

$$V_{MS} = \pi * (0.36 \text{ m})^2 * 0.23 \text{ m} * 0.35$$

$$V_{MS} = 0.034 \text{ m}^3$$

### 3.3.8. Cálculo de la cantidad de la masa del material filtrante y de soporte

$$m = \rho * V$$

Ec. (10-3)

$$m_{MF} = \rho_1 * V_1$$

Ec. (11-3)

$$m_{MF} = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.025 \text{ m}^3$$

$$m_{MF} = 37 \text{ kg}$$

$$m_{MS} = \rho_2 * V_2$$

Ec. (12-3)

$$m_{MS} = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.034 \text{ m}^3$$

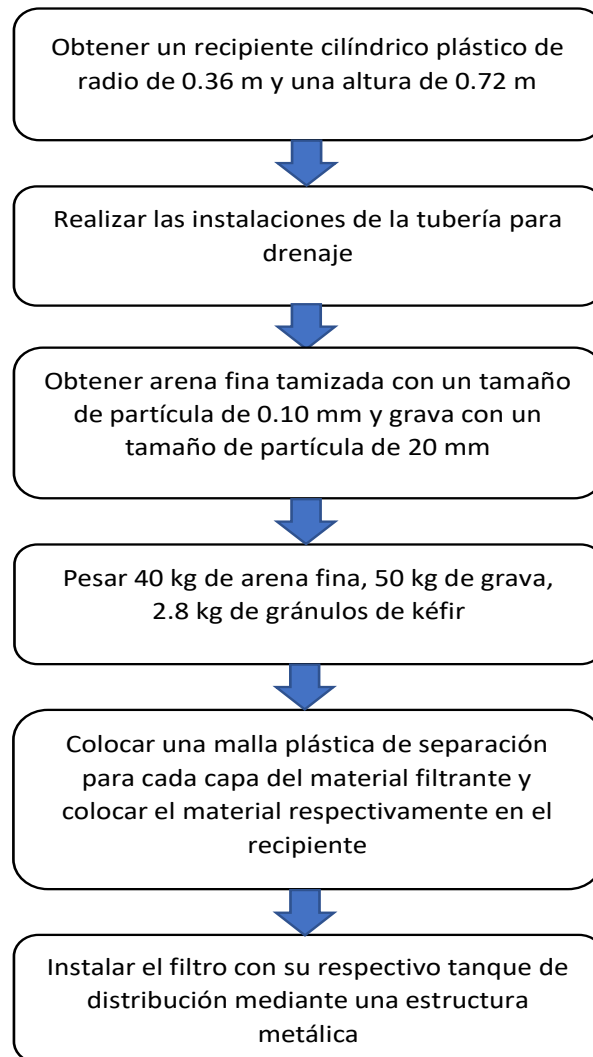
$$m_{MS} = 48 \text{ kg}$$

## 3.4. Construcción del biofiltro

### 3.4.1. Materiales

- Recipiente plástico
- Grava de 20 mm de tamaño de partícula
- Arena Fina de 0.10 mm de tamaño de partícula
- Tubería PVC de  $\frac{3}{4}$
- Válvula de bola de  $\frac{3}{4}$
- Estructura metálica
- Pintura metálica
- Malla plástica

### 3.4.2. Método de la construcción del filtro



**Gráfica 1-3.** Procedimiento para la elaboración del filtro

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 3.5. Fase de Tratamiento

Ya instalado el biofiltro con su respectivo tanque de distribución comenzó la prueba piloto a partir del 5 al 7 de abril donde se utilizó azúcar como sustrato para los microorganismos, porque es el nutriente que generalmente estos microorganismos se alimentan, en la cual se vio resultados no favorables debido a la reacción de fermentación causado por los microorganismos, lo que generó un fluido ácido debido a la acidificación del etanol y compuestos fenólicos, mencionado anteriormente en la revisión bibliográfica, ocasionando un incremento de contaminantes en el agua residual alterando aún más su calidad, posteriormente se omitió el azúcar para los



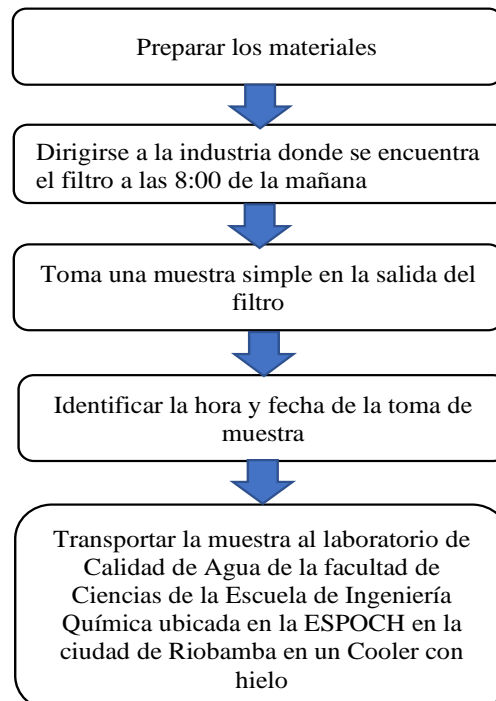
microorganismos donde se realizó otra toma de muestras del 5 al 7 de julio donde se obtuvieron resultados favorables debido a que los microorganismos tienen la capacidad de utilizar compuestos contaminantes como sustrato, promoviendo energía para su metabolismo y crecimiento, de esta manera se generó una solución para el tratamiento de agua proveniente de la lavadora automotriz .

### 3.6. Procedimiento para la toma de muestra

Una vez construido e instalado el filtro se realizó el muestreo cuyo procedimiento se menciona a continuación.

#### 3.6.1. Materiales

- Recipiente plástico previamente lavado
- Guantes de nitrilo
- Cooler o hielera
- Hielos



**Gráfica 2-3.** Procedimiento para la toma de muestra

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

**Tabla 3-3:** Muestreo y caracterización de agua residual de la prueba piloto

FECHA	TIPO DE AGUA	VOLUMEN (l)
5 de abril 2021	Cruda	2
6 de abril de 2021	Tratada 1	2
7 de abril de 2021	Tratada 2	2

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

**Tabla 4-3:** Muestreo y caracterización de agua residual de la prueba corregida

FECHA	TIPO DE AGUA	VOLUMEN (l)
5 de julio 2021	Cruda	2
6 de julio de 2021	Tratada 1	2
7 de julio de 2021	Tratada 2	2

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 3.7. Métodos aplicados para el análisis de la muestra

Los métodos para los análisis de agua residual efectuados en el laboratorio se muestran en la Tabla 7-3.

**Tabla 5-3:** Métodos para análisis físico – químicos de agua residual

Parámetro	Método
<b>Físicos</b>	
Sólidos Suspendedos (SS)	STANDARDMETHODS 5210 –B
Potencial de hidrógeno (pH)	STANDARDMETHODS
<b>Químicos</b>	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	STANDARDMETHODS 5210 – D
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	STANDARDMETHODS 5220 – C
Aceites y grasas	EPA 418.1
Detergentes	STANDARDMETHODS 5540 – C mod
Plomo	STANDARDMETHODS 3500 Pb

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 3.8. Procedimiento para los análisis del laboratorio

Una vez obtenido la muestra se procede a realizar el análisis en el laboratorio de acuerdo al procedimiento detallado a continuación.

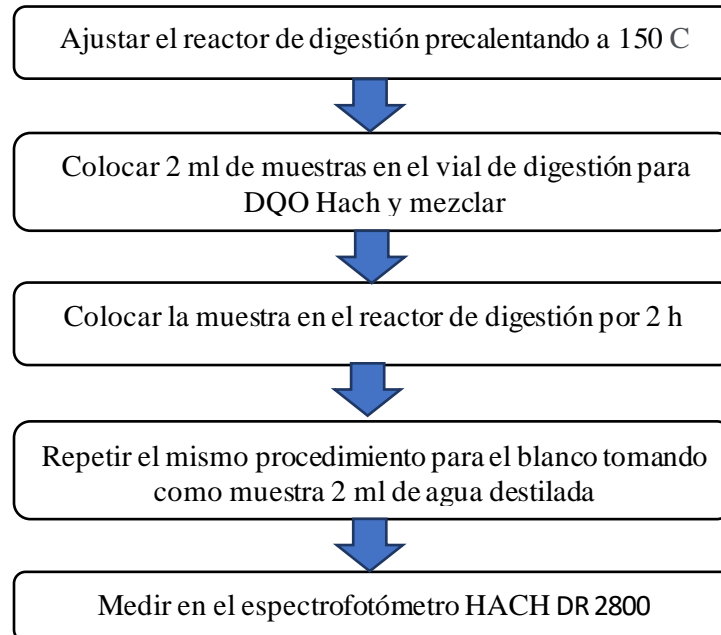
#### 3.8.1. Procedimiento para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

##### 3.8.1.1. Materiales y equipos

- Pipeta graduada de 2 ml
- Pera de succión
- Reactor de digestión
- Espectrofotómetro HACH DR 2800

##### 3.8.1.2. Reactivos

- Viales de digestión para DQO



**Gráfica 3-3.** Procedimiento para el análisis de la DQO

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

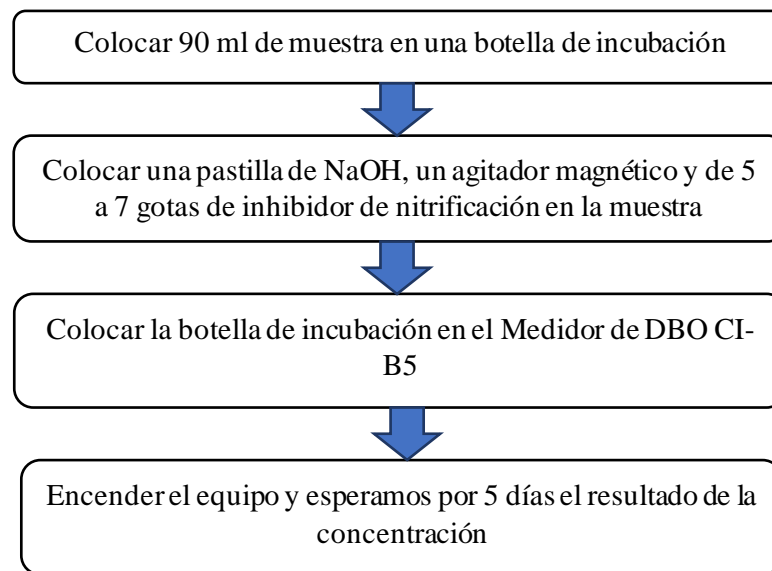
### 3.8.2. Procedimiento para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

#### 3.8.2.1. Materiales y equipos

- Botella de incubación
- Agitador Magnético
- Probeta Graduada de 100 ml
- Medidor de DBO
- Pipeta Pasteur

#### 3.8.2.2. Reactivos

- Pastilla de NaOH
- Inhibidor de nitrificación



**Gráfica 4-3.** Procedimiento para el análisis de la DBO<sub>5</sub>

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 3.8.3. Procedimiento para la determinación de Aceite y grasas

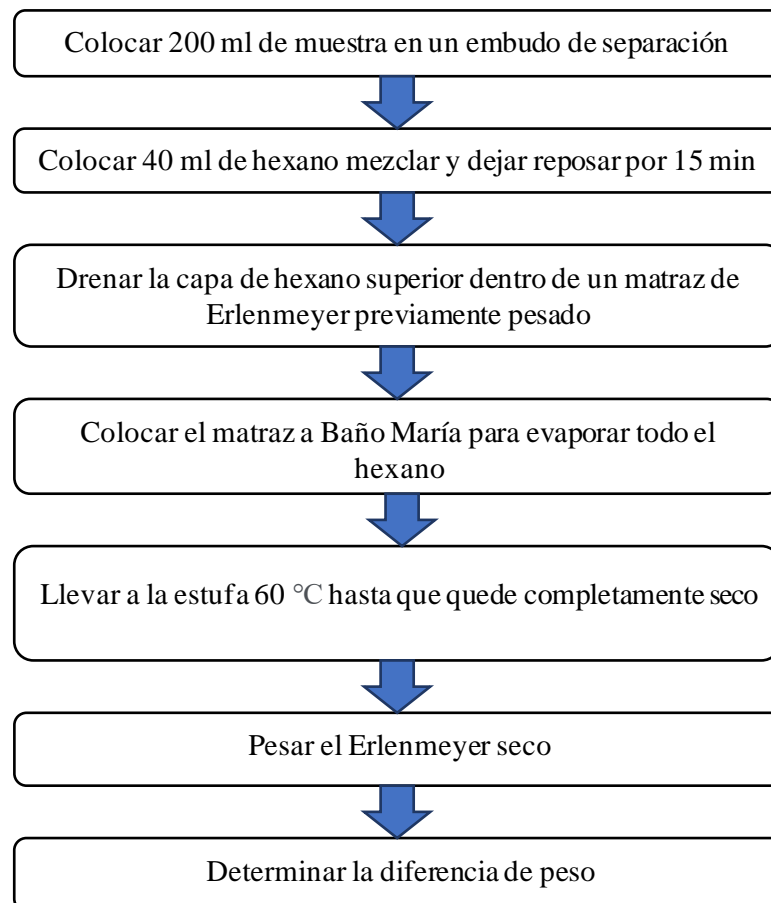
#### 3.8.3.1. Materiales y equipos

- Embudo de separación
- Aro metálico

- Soporte universal
- Probeta graduada de 200 ml
- Matraz Erlenmeyer
- Balanza analítica
- Estufa
- Baño maría

### 3.8.3.2. Reactivos

- Hexano



**Gráfica 5-3.** Procedimiento para el análisis de aceites y grasas

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

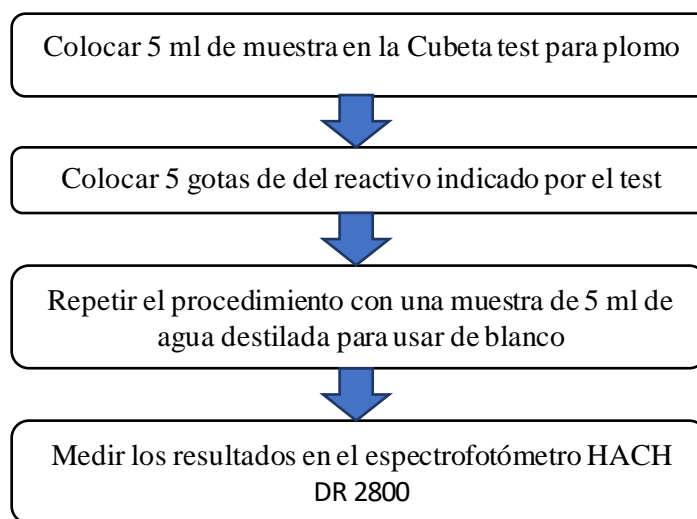
### 3.8.4. Procedimiento para la determinación de plomo

#### 3.8.4.1. Materiales y equipos

- Espectrofotómetro HACH DR 2800
- Pipeta graduada de 5 ml

#### 3.8.4.2. Reactivos

- Test de plomo



**Gráfica 6-3.** Procedimiento para el análisis de plomo

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

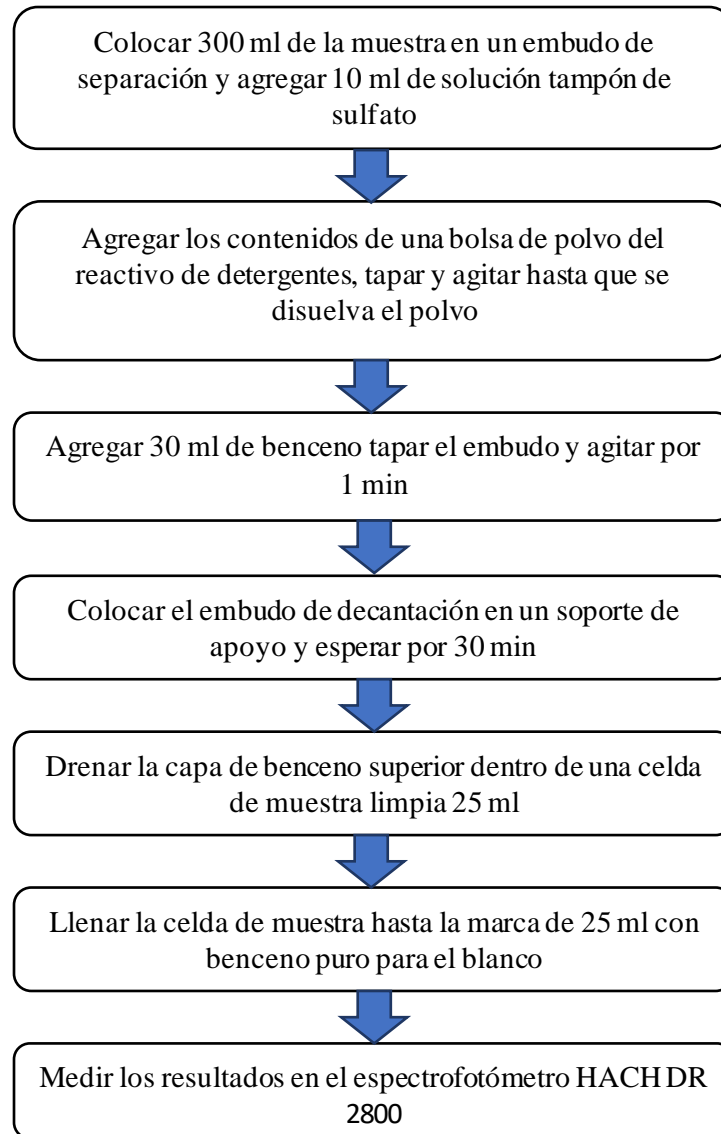
### 3.8.5. Procedimiento para la determinación de detergentes

#### 3.8.5.1. Materiales y equipos

- Espectrofotómetro HACH DR 2800
- Pipeta graduada de 2 ml
- Embudo de separación
- Aro metálico
- Soporte universal
- Probeta graduada de 200 ml

### 3.8.5.2. Reactivos

- Reactivo de detergentes
- Tampón de sulfato
- Benceno



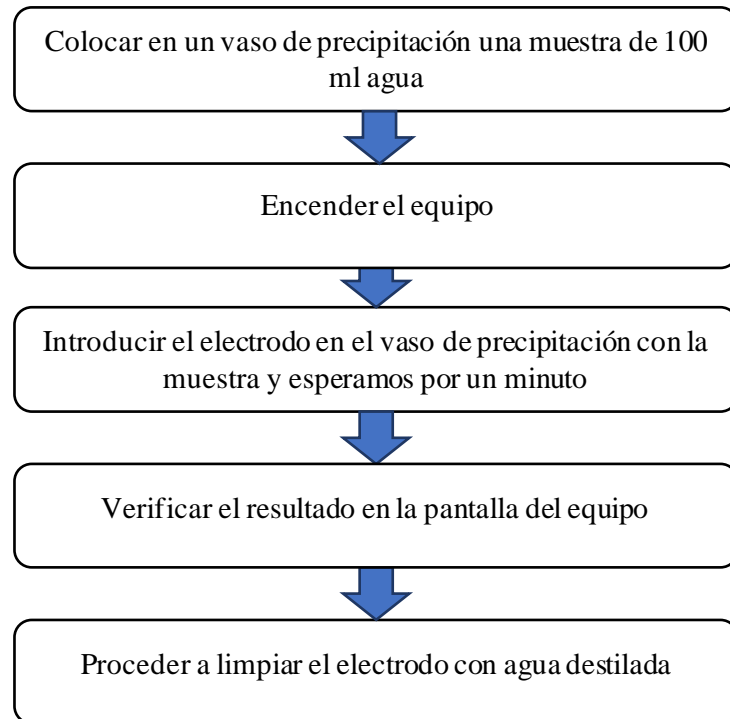
**Gráfica 7-3.** Procedimiento para el análisis de detergentes

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 3.8.6. Procedimiento para la determinación de pH

#### 3.8.6.1. Materiales y equipos

- Vaso de precipitación de 100 ml
- Potenciómetro



**Gráfica 8-3.** Procedimiento para el análisis de pH

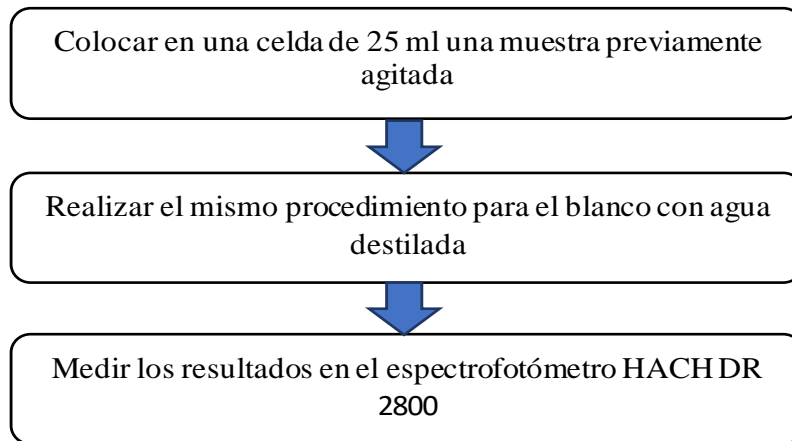
Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

### 3.8.7. Procedimiento para la determinación de sólidos suspendidos

#### 3.8.7.1. Materiales y equipos

- Espectrofotómetro HACH DR 2800
- Celda de 25 ml





**Gráfica 9-3.** Procedimiento para el análisis de sólidos suspendidos

**Realizado por:** Robalino, Diego, 2021.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

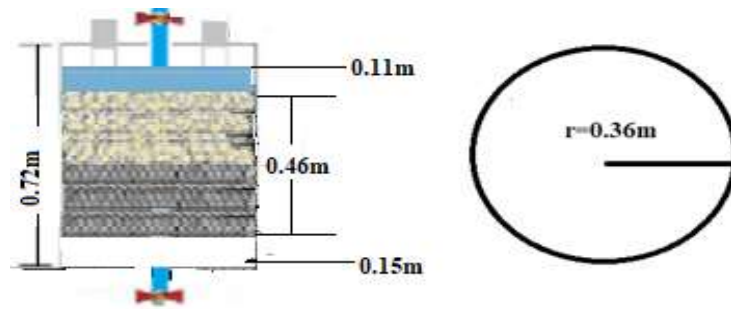
#### 4.1. Análisis de los resultados de diseño del biofiltro

**Tabla 1-4:** Datos de diseño

DATOS DE DISEÑO			
Símbolo	Significado	Unidad	Valor
$V_f$	Volumen de filtro	$m^3$	0.29
$V_{at}$	Volumen de agua residual tratada	l	96
R	Radio	m	0.36
H	Altura almacenamiento posterior a la filtración (carga hidráulica)	m	0.11
l	Espesor del material filtrante y de soporte	m	0.46
$h_{total}$	Altura total del filtro	m	0.72
$m_{Mf}$	Masa del material filtrante	kg	37
$m_{Mf}$	Masa del material de soporte	kg	48
$m_{GK}$	Masa de Gránulos de kéfir	kg	2.88

**Realizado por:** Robalino, Diego, 2021.

A partir de la Tabla 1-4 se observa los parámetros de diseño para la construcción del biofiltro, donde se utilizó un cilindro plástico con un radio de 0.36 m y una altura total de 0.72 m, se ocupó una cantidad de 37 kg de arena fina utilizado como material filtrante de tamaño de partícula de 0.10 mm, 48 kg de grava cuyo diámetro de partícula de 20 mm utilizado como material de soporte y 2.88 kg de gránulos de kéfir de agua cuyo tamaño de partícula es de 15 mm de diámetro como microorganismos. Se obtuvo un volumen de agua filtrada de 96 l, por lo que el filtro tiene la capacidad de trabajar constantemente para tratar el agua residual (los datos de los diámetros de partícula se tomaron del autor Rocha).



**Figura 1-4.** Biofiltro

Realizado por: Robalino, Diego, 2021

## 4.2. Análisis de resultados de los parámetros de control con los límites establecidos a la normativa nacional

Dado los resultados de los análisis físico y químico de los parámetros de control para las actividades de mantenimiento de vehículos automotrices, se realizó un análisis comparativo con los límites aceptables para la evacuación de aguas residuales hacia un sistema de alcantarillado, indicado en la tabla 11 del Libro VI Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental de descarga de efluentes recurso: Agua del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA).

### 4.2.1. Análisis de los resultados de la prueba piloto

En el periodo de filtración de la prueba piloto se utilizó azúcar como sustrato para los microorganismos en la cual se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 4.2.1.1. Análisis de los resultados de la prueba piloto de sólidos suspendidos (SS)

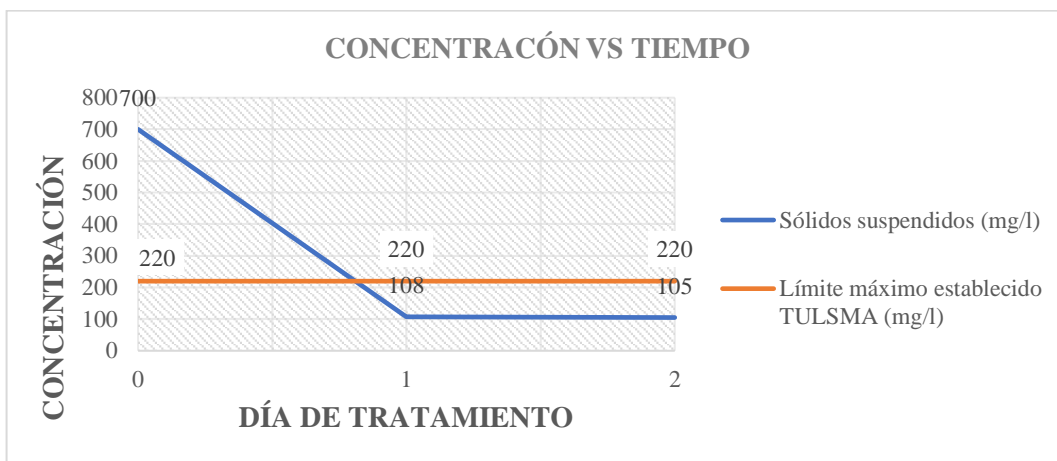
Los resultados obtenidos de los (SS) en el laboratorio durante la filtración en la fase de prueba son mostrados en la Tabla 2-4 con estos datos se realizó la Gráfica 1-4 para mejor interpretación.

**Tabla 2-4:** Resultados de la prueba piloto de sólidos suspendidos (SS)

<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)</b>	<b>RESULTADO SS (mg/l)</b>	<b>LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)</b>

Muestra Cruda	0	700	220
Muestra Tratada 1	1	108	220
Muestra Tratada 2	2	105	220

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 1-4.** Resultados de la prueba piloto de sólidos suspendidos (SS)

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Basándose en la Gráfica 1-4 se observa el valor final de sólidos suspendidos de 105 mg/l por debajo de lo solicitado por la normativa del TULSMA, debido a su capacidad filtrante del material utilizado.

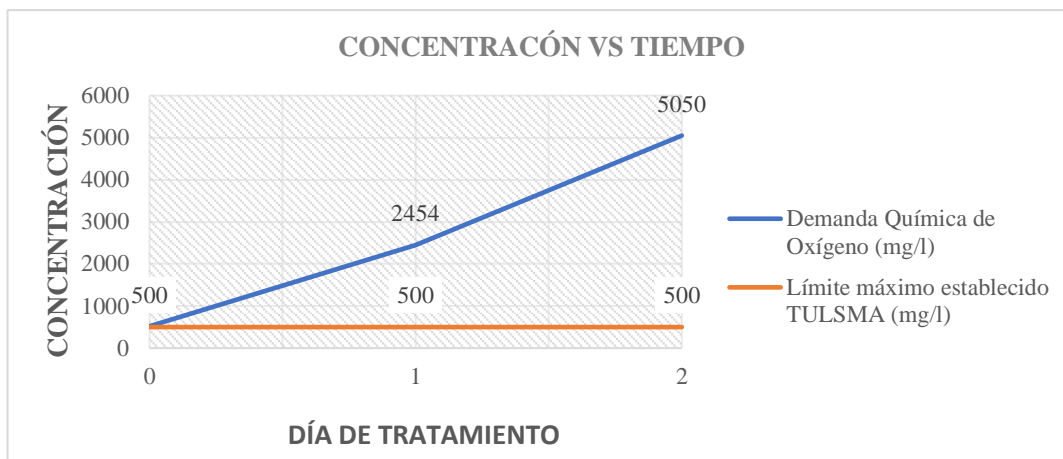
#### 4.2.1.2. Análisis de los resultados de la prueba piloto de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Los resultados obtenidos de la DQO en el laboratorio durante la filtración en la fase de prueba son mostrados en la Tabla 3-4 con estos datos se realizó la Gráfica 2-4 para mejor interpretación.

**Tabla 3-4:** Resultados de la prueba piloto de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO DQO (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	527	500
Muestra Tratada 1	1	2454	500
Muestra Tratada 2	2	5050	500

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 2-4.** Resultados de la prueba piloto de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

En base a la Gráfica 2-4 se observa que el valor de DQO aumenta con el tiempo alcanzando una concentración de 5050 mg/l superando el límite establecido por la normativa, a causa de que los microorganismos fermentan los azúcares formando compuestos fenólicos causando una mayor contaminación al agua residual.

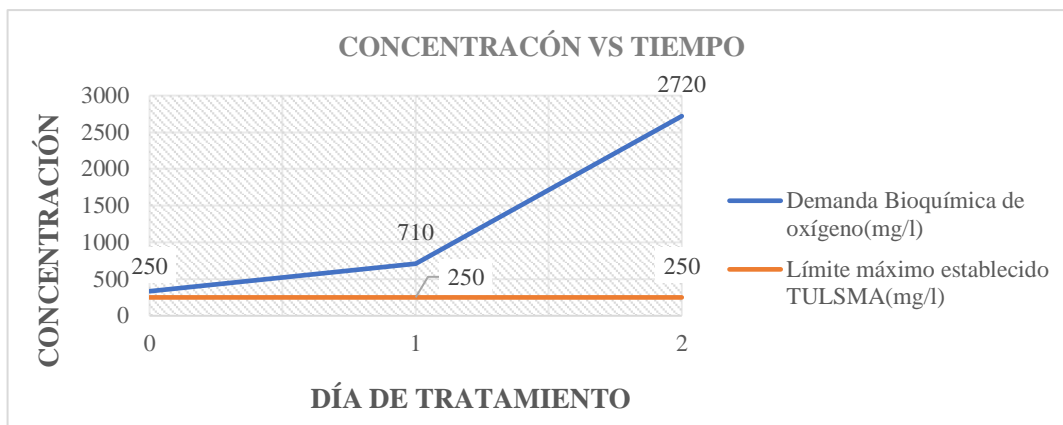
#### 4.2.1.3. Análisis de los resultados de la prueba piloto de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Los resultados obtenidos de la DBO<sub>5</sub> en el laboratorio durante la filtración en la fase de prueba son mostrados en la Tabla 4-4 con estos datos se realizó la Gráfica 3-4 para mejor interpretación.

**Tabla 4-4:** Resultados de la prueba piloto de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO DBO <sub>5</sub> (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	334	250
Muestra Tratada 1	1	710	250
Muestra Tratada 2	2	2710	250

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 3-4.** Resultados de la prueba piloto de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Mediante la Gráfica 3-4 se observa que el valor de concentración de DBO<sub>5</sub> aumenta alcanzando un valor de 2720 mg/l por encima del límite establecido, debido a la presencia de carga orgánica que generan los gránulos de kéfir.

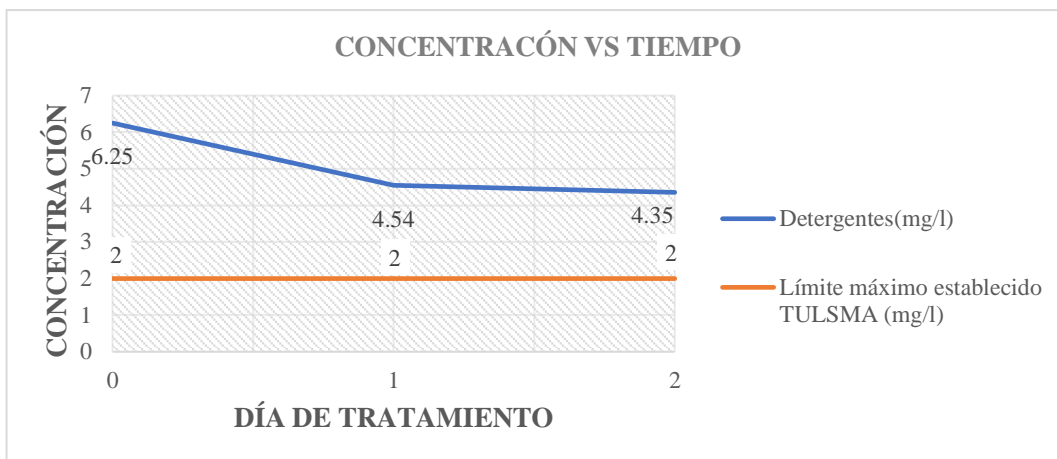
#### 4.2.1.4. Análisis de los resultados de la prueba piloto de detergentes

Los resultados obtenidos de detergente en el laboratorio durante la filtración en la fase de prueba son mostrados en la Tabla 5-4 con estos datos se realizó la Gráfica 4-4 para mejor interpretación.

**Tabla 5-4:** Resultados de la prueba piloto de detergentes

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO DETERGENTES (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	6.25	2
Muestra Tratada 1	1	4.54	2
Muestra Tratada 2	2	4.35	2

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 4-4.** Resultados de la prueba piloto de Detergentes

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Dado la Gráfica 4-4 se observa que la concentración de detergentes disminuye, alcanzando un valor de 4.335 mg/l encontrándose por encima del límite solicitado.

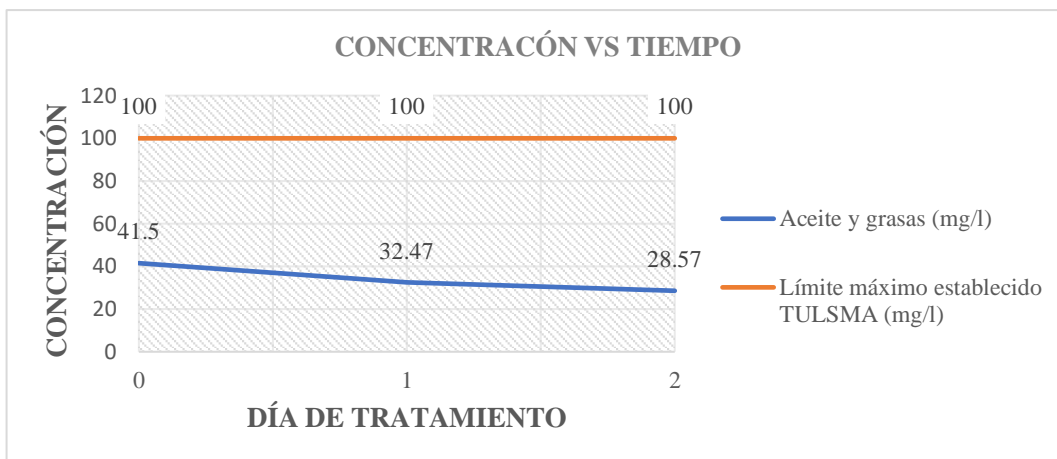
#### 4.2.1.5. Análisis de los resultados de la prueba piloto de aceites y grasas

Los resultados obtenidos de aceites y grasas en el laboratorio durante la filtración en la fase de prueba son mostrados en la Tabla 6-4 con estos datos se realizó la Gráfica 5-4 para mejor interpretación.

**Tabla 6-4:** Resultados de la prueba piloto de Aceites y grasas

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO ACEITES Y GRASAS (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	41.5	100
Muestra Tratada 1	1	32.47	100
Muestra Tratada 2	2	28.57	100

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 5-4.** Resultados de la prueba piloto de Aceites y grasas

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

En relación con la Gráfica 5-4 se observa que el valor de concentración de aceites y grasas es de 28.57 mg/l por debajo del límite establecido.

#### 4.2.1.6. Análisis de los resultados de la prueba piloto de plomo (Pb)

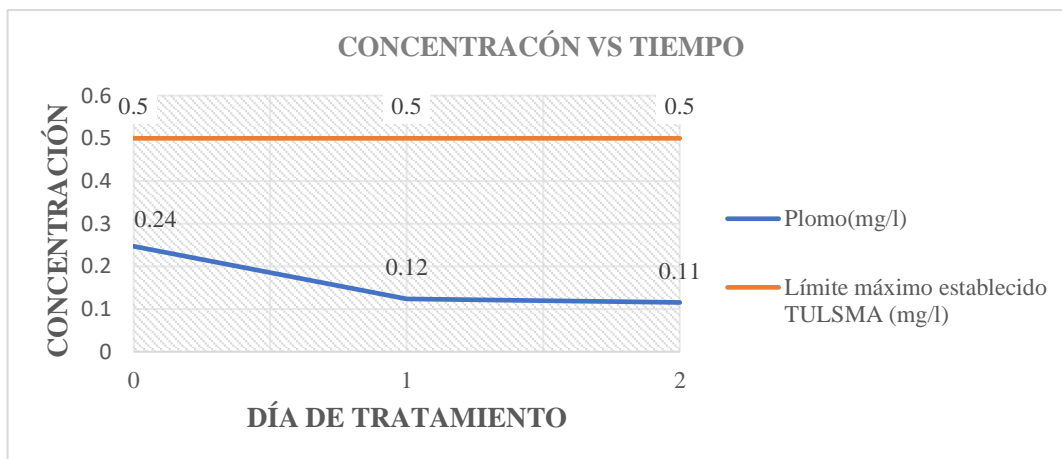
Los resultados obtenidos de Pb en el laboratorio durante la filtración en la fase de prueba son mostrados en la Tabla 7-4 con estos datos se realizó la Gráfica 6-4 para mejor interpretación.

**Tabla 7-4:** Resultados de la prueba piloto de plomo (Pb)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO Pb (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	0.24	0.5
Muestra Tratada 1	1	0.12	0.5
Muestra Tratada 2	2	0.11	0.5

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.





**Gráfica 6-4.** Resultados de la prueba piloto de plomo (Pb)

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Mediante la Gráfica 6-4 se examina que la concentración de plomo disminuye con el tiempo alcanzando un valor de 0.1155 mg/l por debajo de lo solicitado por la normativa.

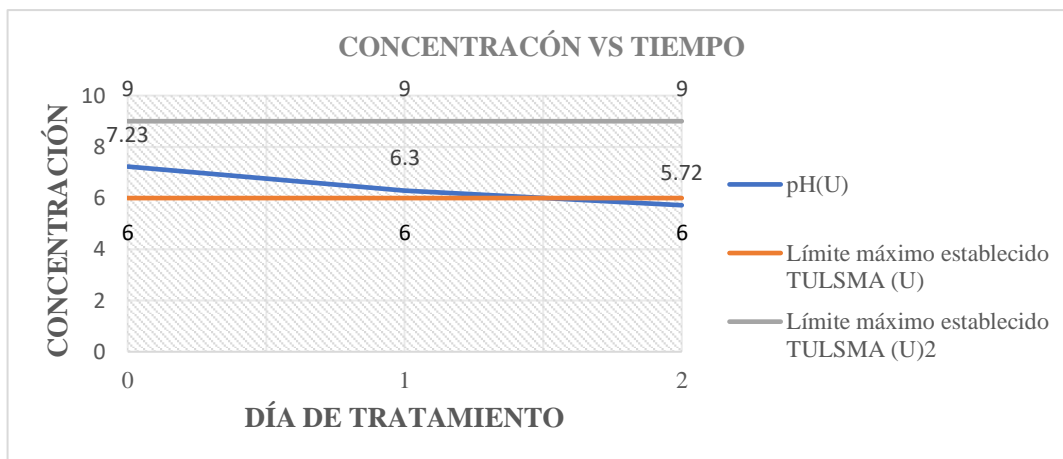
#### 4.2.1.7. Análisis de los resultados de la prueba piloto de pH

Los resultados obtenidos de pH en el laboratorio durante la filtración en la fase de prueba son mostrados en la Tabla 8-4 con estos datos se realizó la Gráfica 7-4 para mejor interpretación.

**Tabla 8-4:** Resultados de la prueba piloto de (pH)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO pH	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA
Muestra Cruda	0	7.23	9-6
Muestra Tratada 1	1	6.30	9-6
Muestra Tratada 2	2	5.72	9-6

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 7-4.** Resultados de la prueba piloto de pH

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Dado la Gráfica 7-4 se observa que el valor de pH es de 5.72 U, debido a la producción de etanol y compuestos fenólicos que generan los gránulos de kéfir, donde favorece la acidificación del medio, por lo cual el pH disminuye al transcurso del tiempo obteniendo un valor por debajo de lo solicitado por la normativa del TULSMA.

#### 4.2.2. Análisis de los resultados de la prueba corregida

En el periodo de tratamiento de la prueba corregida se omitió el azúcar como sustrato para los microorganismos obteniendo los siguientes resultados.

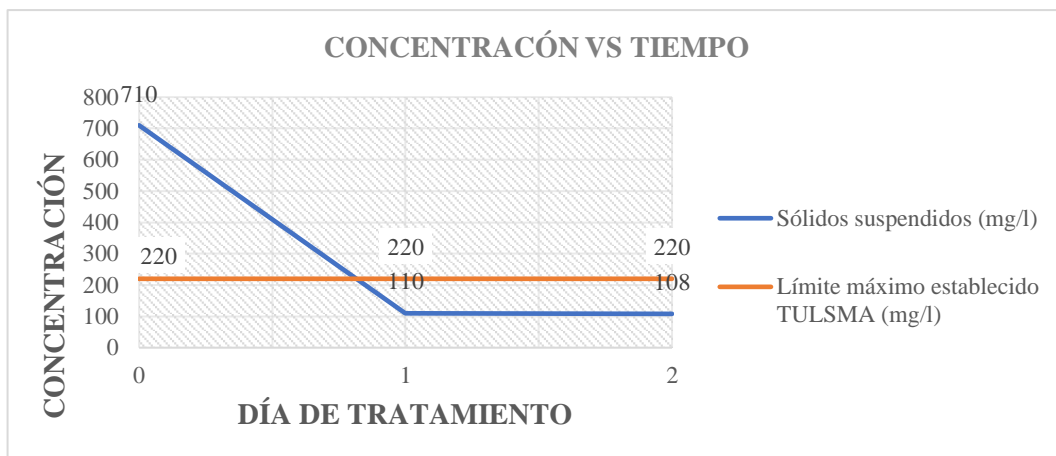
##### 4.2.2.1 Análisis de los resultados de la prueba corregida de sólidos suspendidos (SS)

Los resultados obtenidos de los (SS) en el laboratorio durante la filtración son mostrados en la Tabla 9-4 con estos datos se realizó la Gráfica 8-4 para mejor interpretación de los datos obtenido.

**Tabla 9-4:** Resultados de la prueba corregida de sólidos suspendidos (SS)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO SS (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	710	220
Muestra Tratada 1	1	110	220
Muestra Tratada 2	2	108	220

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 8-4.** Resultados de la prueba corregida de sólidos suspendidos (SS)

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Basándose en la Gráfica 8-4 se observa el valor final de sólidos suspendidos de 108 mg/l por debajo de lo solicitado por la normativa del TULSMA, debido a que la mayor cantidad de partículas suspendidas quedaron retenidas por el medio filtrante, donde disminuye la concentración con respecto al tiempo.

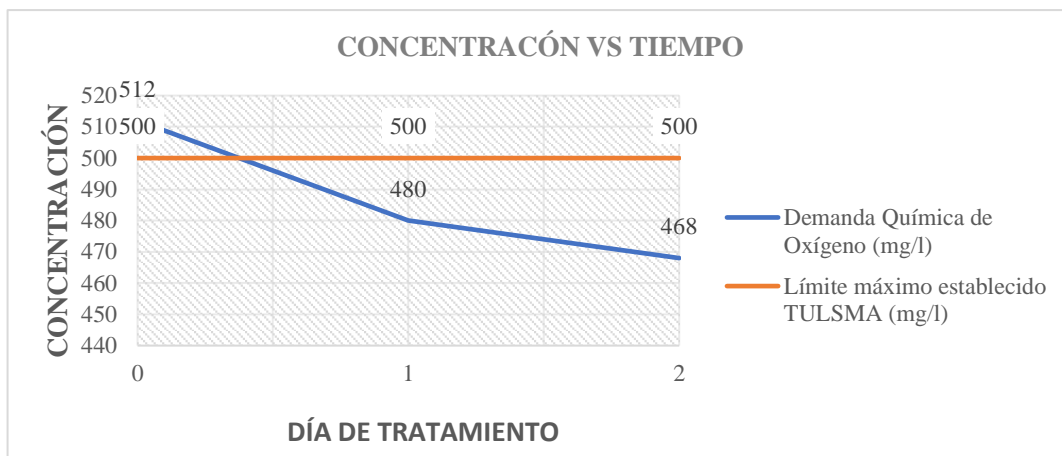
#### 4.2.2.2. Análisis de los resultados de la prueba corregida de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Los resultados obtenidos de la DQO en el laboratorio durante la filtración son mostrados en la Tabla 10-4 con estos datos se realizó la Gráfica 9-4 para mejor interpretación de los datos obtenidos.

**Tabla 10-4:** Resultados de la prueba corregida de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO DQO (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	512	500
Muestra Tratada 1	1	480	500
Muestra Tratada 2	2	468	500

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 9-4.** Resultados de la prueba corregida de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

En base a la Gráfica 9-4 se observa que el valor de DQO disminuye con el tiempo alcanzando una concentración de 468 mg/l por debajo del límite establecido por la normativa, a causa de que los microorganismos tienen la capacidad de utilizar los compuestos contaminantes como fuente de carbono y energía.

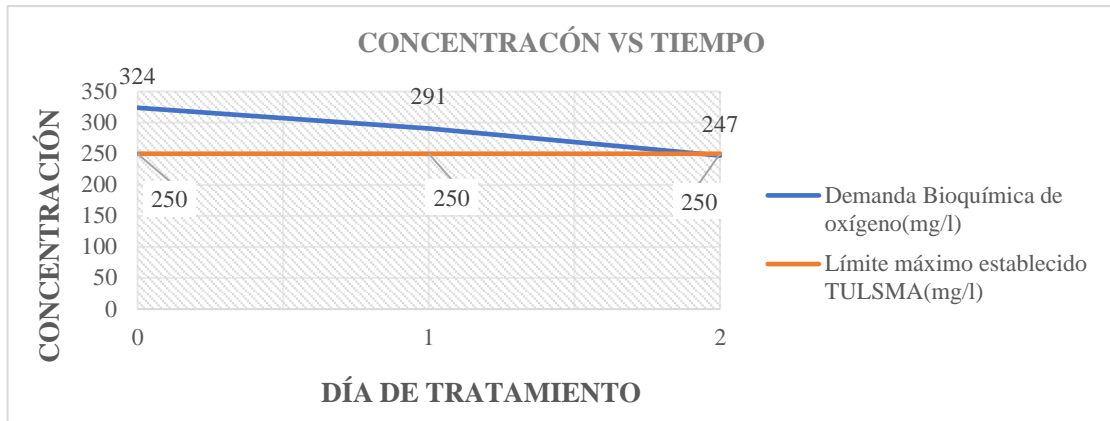
#### 4.2.2.3. Análisis de los resultados de la prueba corregida de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Los resultados obtenidos de la DBO<sub>5</sub> en el laboratorio durante la filtración son mostrados en la Tabla 11-4 con estos datos se realizó la Gráfica 10-4 para mejor interpretación de los datos obtenidos.

**Tabla 11-4:** Resultados de la prueba corregida de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO DBO <sub>5</sub> (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	324	250
Muestra Tratada 1	1	291	250
Muestra Tratada 2	2	247	250

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 10-4.** Resultados de la prueba corregida de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Realizado por:** Robalino, Diego, 2021.

Mediante la Gráfica 10-4 se observa que el valor de concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye alcanzando un valor de 247 mg/l cumpliendo con los límites establecidos por la normativa nacional, debido a la degradación de carga orgánica producida por los microorganismos utilizados.

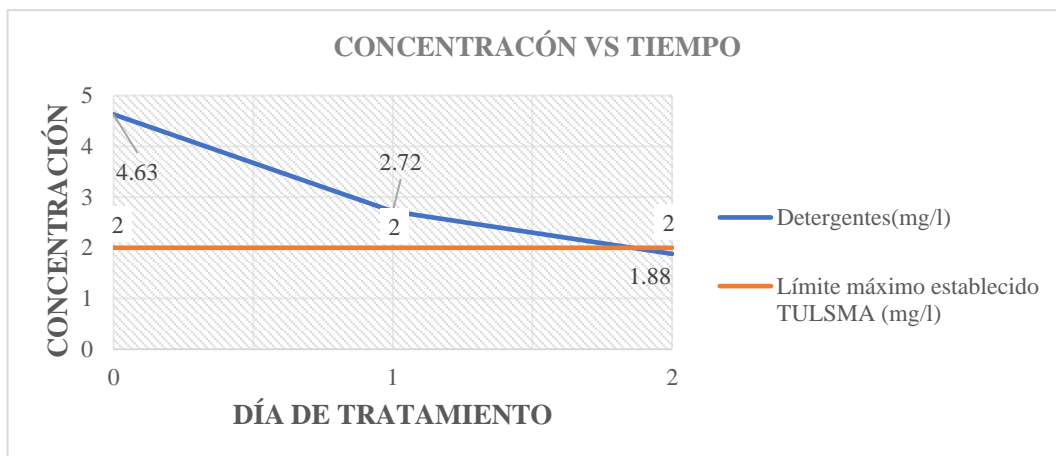
#### 4.2.2.4. Análisis de los resultados de la prueba corregida de detergentes

Los resultados obtenidos de detergente en el laboratorio durante la filtración son mostrados en la Tabla 12-4 con estos datos se realizó la Gráfica 11-4 para mejor interpretación de los datos obtenidos.

**Tabla 12-4:** Resultados de la prueba corregida de detergentes

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO DETERGENTES (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	4.63	2
Muestra Tratada 1	1	2.72	2
Muestra Tratada 2	2	1.88	2

**Realizado por:** Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 11-4.** Resultados de la prueba corregida de detergentes

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Dado la Gráfica 11-4 se observa que la concentración de detergentes disminuye, por consecuencia de la degradación de sus componentes al transcurrir el tiempo de filtrado, alcanzando un valor de 1.88 mg/l encontrándose por debajo del límite solicitado.

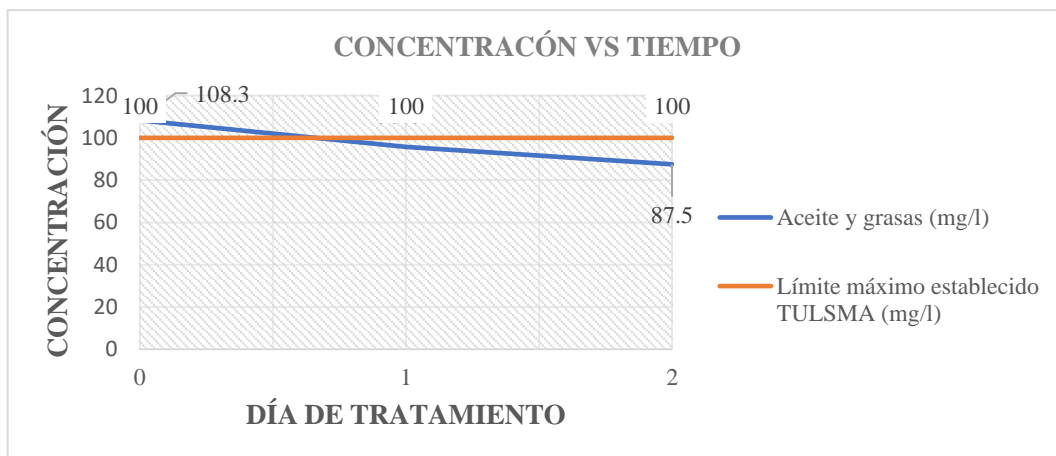
#### 4.2.2.5. Análisis de los resultados de la prueba corregida de aceites y grasas

Los resultados obtenidos de aceites y grasas en el laboratorio durante la filtración son mostrados en la Tabla 13-4 con estos datos se realizó la Gráfica 12-4 para mejor interpretación de los datos obtenidos.

**Tabla 13-4:** Resultados de la prueba corregida de aceites y grasas

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO ACEITES Y GRASAS (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	108.30	100
Muestra Tratada 1	1	95.81	100
Muestra Tratada 2	2	87.53	100

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 12-4.** Resultados de la prueba corregida de aceites y grasas

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

En relación con la Gráfica 12-4 se observa que el valor de concentración de aceites y grasas es de 87.5 mg/l por debajo del límite establecido, debido a que el biofiltro funciona como una trampa de grasa reteniendo dicho parámetro en el medio filtrante, a causa de que posee una densidad menor al agua residual.

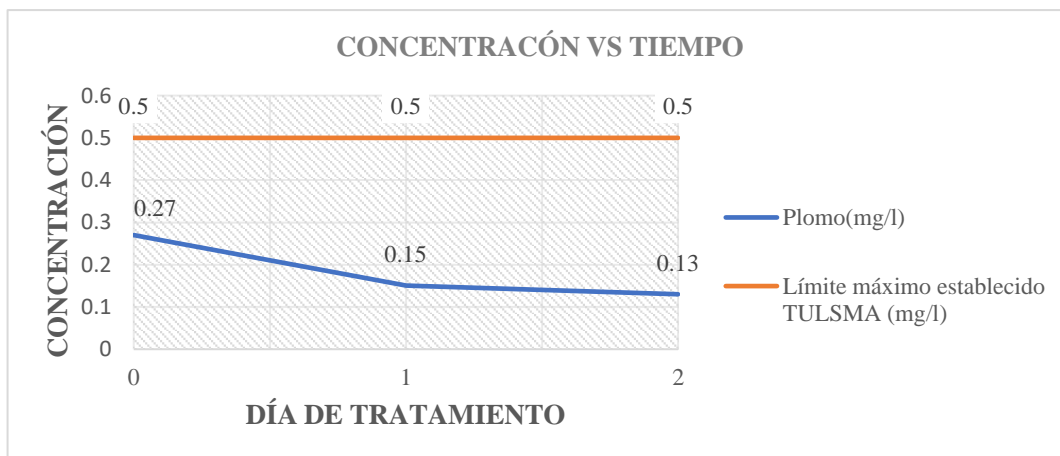
#### 4.2.2.6. Análisis de los resultados de la prueba corregida de plomo (Pb)

Los resultados obtenidos de Pb en el laboratorio durante la filtración son mostrados en la Tabla 14-4 con estos datos se realizó la Gráfica 13-4 para mejor interpretación de los datos obtenidos.

**Tabla 14-4:** Resultados de la prueba corregida de plomo (Pb)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO Pb (mg/l)	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA (mg/l)
Muestra Cruda	0	0.27	0.5
Muestra Tratada 1	1	0.15	0.5
Muestra Tratada 2	2	0.13	0.5

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 13-4.** Resultados de la prueba corregida de plomo (Pb)

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Mediante la Gráfica 13-4 se examina que la concentración de plomo disminuye con el tiempo alcanzando un valor de 0.13 mg/l por debajo de lo solicitado por la normativa, esto se debe a que la presencia de plomo se deposita sobre la superficie de los gránulos de kéfir removiendo los metales pesados del agua contaminada.

#### 4.2.2.7. Análisis de los resultados de la prueba corregida de pH

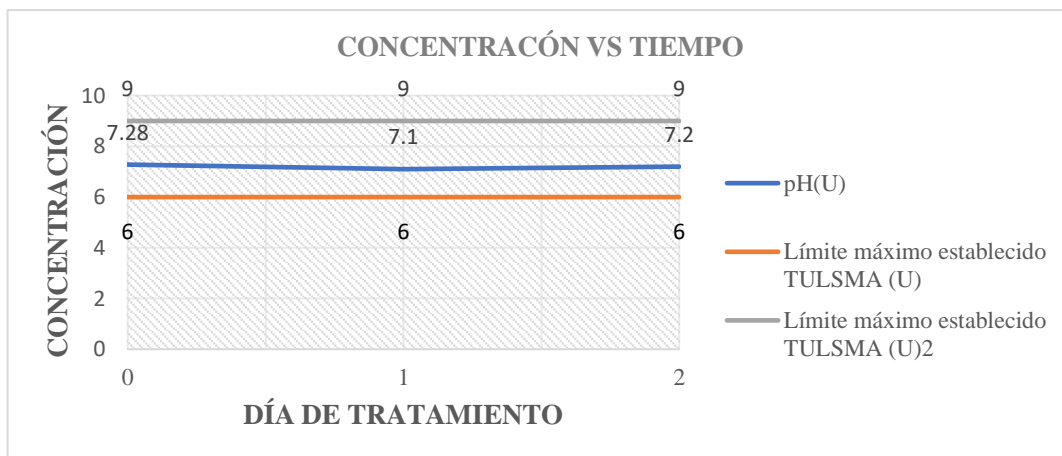
Los resultados obtenidos de pH en el laboratorio durante la filtración son mostrados en la Tabla 15-4 con estos datos se realizó la Gráfica 14-4 para mejor interpretación de los datos obtenidos.

**Tabla 15-4:** Resultados de la prueba corregida de (pH)

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
MUESTRA	TIEMPO DE ESTUDIO (DÍAS)	RESULTADO pH	LÍMITE ESTABLECIDO POR EL TULSMA
Muestra Cruda	0	7.28	9-6
Muestra Tratada 1	1	7.10	9-6
Muestra Tratada 2	2	7.20	9-6

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.





**Gráfica 14-4.** Resultados de la prueba corregida de pH

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Dado la Gráfica 14-4 se observa que el valor de pH es de 7.2 U, en donde no se observa una alteración de este parámetro por lo cual se mantuvo constante al transcurso del tiempo debido a que los microorganismos no facilitan un medio ácido, permaneciendo en el límite establecido por la normativa del TULSMA.

#### 4.3. Análisis para el agua residual comparado con los parámetros del TULSMA

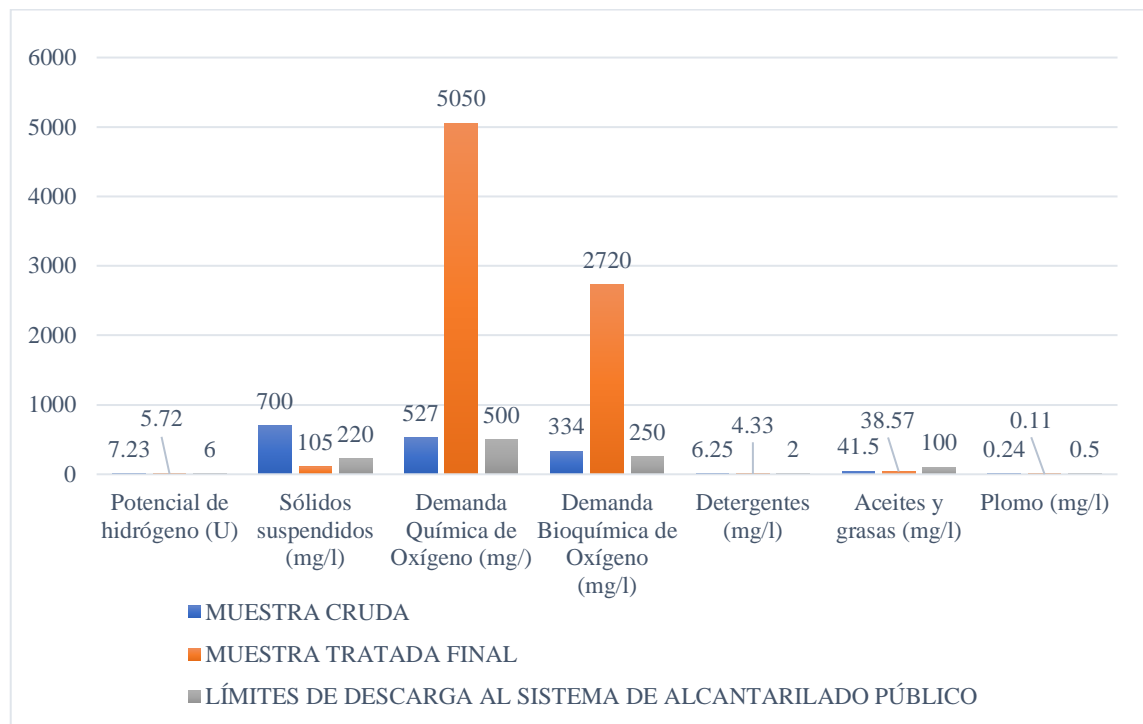
Dado el resultado de los análisis se comparó con los parámetros establecidos por el TULSMA dado la siguiente información.

**Tabla 16-4:** Análisis de los resultados de la prueba piloto del cumplimiento del TULSMA

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA CRUDA	MUESTRA TRATADA FINAL	LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILADO PÚBLICO	CUMPLIMIENTO
Potencial de hidrógeno (pH)	U	7.23	5.72	6-9	NO CUMPLE
Sólidos suspendidos (SS)	(mg/l)	700	105	220	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/l)	527	5050	500	NO CUMPLE

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	(mg/l)	334	2720	250	NO CUMPLE
Detergentes	(mg/l)	6.25	4.33	2	NO CUMPLE
Aceites y grasas	(mg/l)	41.5	28.57	100	CUMPLE
Plomo (Pb)	(mg/l)	0.24	0.11	0.5	CUMPLE

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 15-4.** Análisis de los resultados la prueba piloto del cumplimiento del TULSMA

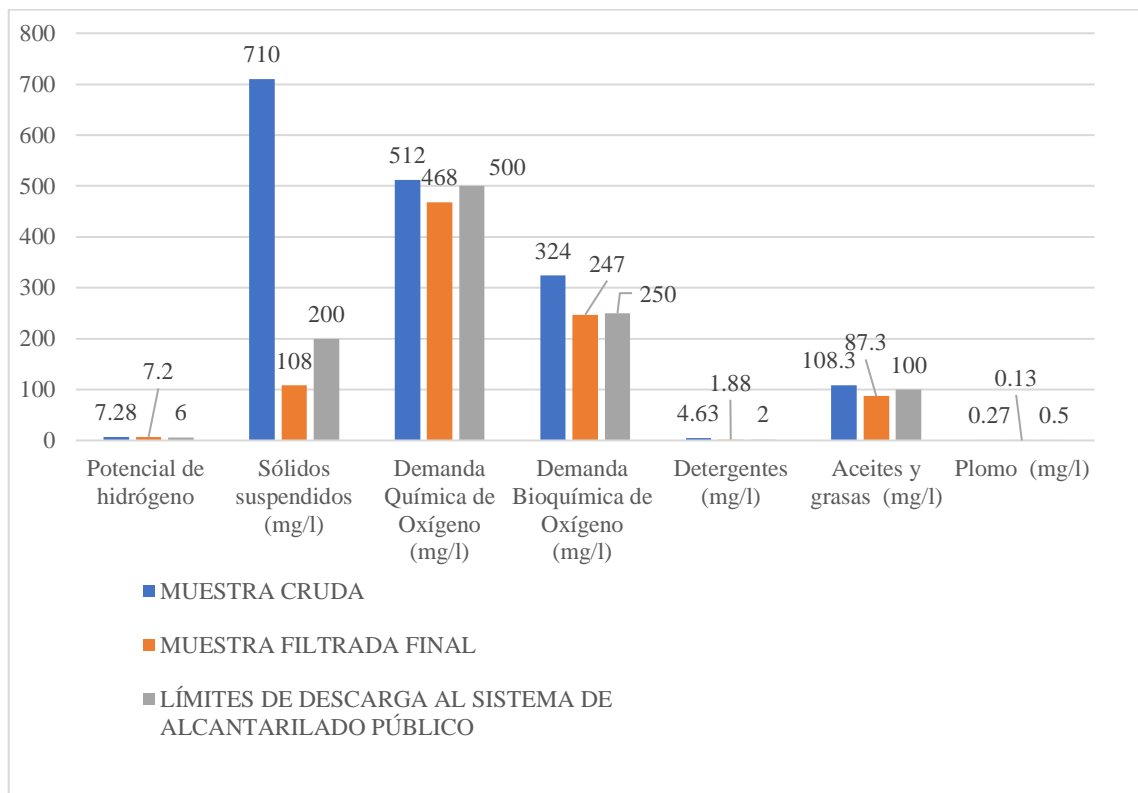
Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

**Tabla 17-4:** Análisis de los resultados la prueba corregida del cumplimiento del TULSMA

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA CRUDA	MUESTRA TRATADA FINAL	LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILADO PÚBLICO	CUMPLIMIENTO
Potencial de hidrógeno (pH)	U	7.28	7.20	6-9	CUMPLE
Sólidos suspendidos (SS)	(mg/l)	710	108	220	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/l)	512	468	500	CUMPLE

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	(mg/l)	324	247	250	CUMPLE
Detergentes	(mg/l)	4.63	1.88	2	CUMPLE
Aceites y grasas	(mg/l)	108.3	87.53	100	CUMPLE
Plomo (Pb)	(mg/l)	0.27	0.13	0.5	CUMPLE

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 16-4.** Análisis de los resultados de la prueba corregida del cumplimiento del TULSMA

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Mediante la Tabla 16-4 se observa que los parámetros como potencial de hidrógeno (pH), Detergentes, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de la muestra tratada no cumple con los límites establecidos dado por TULSMA, a causa de la fermentación del azúcar provocado por el uso de los microorganismos, mientras que en la Tabla 17-4 podemos observar que todos los parámetros de control cumplen con los límites de descarga al sistema de alcantarillado establecidos dado por TULSMA, dado que se retiró el sustrato para los microorganismos evitando que genere una fermentación, disminuyendo la concentración parámetros planteados.

#### 4.4. Análisis de eficiencia de remoción

##### 4.4.1. Análisis de la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos (SS)

**Tabla 18-4:** Resultados de la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos (SS)

<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SS)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO (mg/l)</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>
Inicial	710	0
Muestra Tratada 1	110	84.5
Muestra Tratada 2	108	84.80

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Respecto a la Tabla 10-4 se observa que la eficiencia de remoción de contaminantes de sólidos suspendidos obtuvo un 84.80 % lo que demuestra que un 15.2 % no se eliminó, analizando así que el biofiltro ayuda a retener drásticamente las partículas suspendidas presentes en las aguas provenientes de la lavadora automotriz.

##### 4.4.2. Análisis de la eficiencia de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 19-4:** Resultados de la eficiencia de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO (mg/l)</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>
Muestra Cruda	512	0
Muestra Tratada 1	480	6.25
Muestra Tratada 2	468	8.59

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Dado la Tabla 11-4 se observa que la eficiencia de remoción de contaminantes DQO es de 8.59 %, lo que demuestra que no existe una remoción suficiente de materia orgánica, comprobando que el biofiltro con gránulos de kéfir de agua no favorece a la reducción total de este parámetro.

#### 4.4.3. Análisis de la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Tabla 20-4:** Resultados de la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO (mg/l)</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>
Inicial	324	0
Muestra Tratada 1	291	10.18
Muestra Tratada 2	247	23.73

Realizado por: Robalino, Diego, 2021

Mediante la tabla 12-4 se observa que la eficiencia de remoción de contaminantes es de 23.73 % lo que demuestra que un 76.27 % no se removió, lo que indica que los gránulos de kéfir de agua no garantizan la reducción mayoritaria de este parámetro.

#### 4.4.4. Análisis de la eficiencia de remoción detergentes

**Tabla 21-4:** Resultados de la eficiencia de remoción de detergentes

<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DETERGENTES</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO (mg/l)</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>
Inicial	4.63	0
Muestra Tratada 1	2.48	46.43
Muestra Tratada 2	1.88	59.39

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Referente a la Tabla 13-4 se observa que la eficiencia de remoción de contaminantes de detergentes es de 59.39 % lo que demuestra que un 40.61 % no obtuvo una remoción, lo que indica que el medio filtrante y el uso de microorganismos utilizados elimina más del 50 % este parámetro.

#### 4.4.5. Análisis de la eficiencia de remoción de aceites y grasas

**Tabla 22-4:** Resultados de la eficiencia de remoción de aceites y grasas

<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE ACEITE Y GRASAS</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO (mg/l)</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>
Inicial	108.3	0
Muestra Tratada 1	95.81	11.53
Muestra Tratada 2	87.53	19.17

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Mediante la Tabla 14-4 se verifica que la eficiencia de remoción de contaminantes de aceites y grasas es de 19.17 % lo que demuestra que un 80.83 % no se depuró, demostrando que el biofiltro con gránulos de kéfir de agua no garantiza a la reducción drástica de este parámetro.

#### 4.4.6. Análisis de la eficiencia de remoción de plomo (Pb)

**Tabla 23-4:** Resultados de la eficiencia de remoción de plomo (Pb)

<b>EFICIENCIA DE PLOMO (Pb)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO (mg/l)</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>
Inicial	0.27	0
Muestra Tratada 1	0.15	44.44
Muestra Tratada 2	0.13	51.85

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

Según la Tabla 15-4 se observa que la eficiencia de remoción de contaminantes de plomo es de 51.85 %, logrando una disminución de este contaminante superior al 50 %

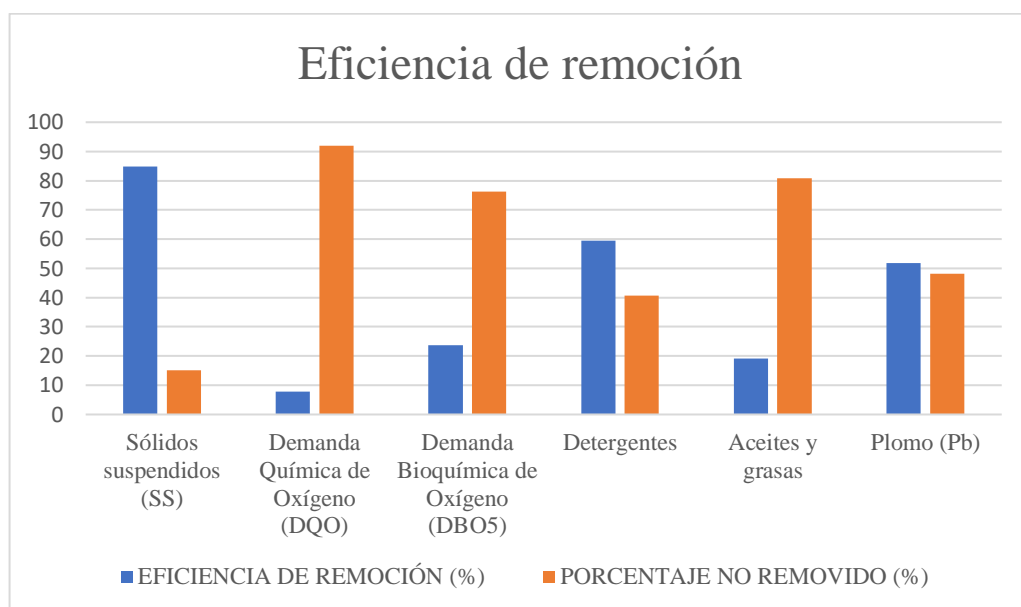
#### 4.5. Análisis global de la eficiencia de remoción

**Tabla 24-4:** Análisis global de la eficiencia de remoción

<b>PARÁMETRO (MG/L)</b>	<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)</b>	<b>PORCENTAJE NO REMOVIDO (%)</b>
Sólidos suspendidos (SS)	84.80	15.2

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	8.59	91.40
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	23.73	76.27
Detergentes	59.39	40.61
Aceites y grasas	19.17	80.83
Plomo (Pb)	51.85	48.15

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.



**Gráfica 17-4.** Análisis global de la eficiencia de remoción

Realizado por: Robalino, Diego, 2021.

#### 4.6. Análisis del costo del biofiltro

**Tabla 25-4:** Análisis del costo de la elaboración del biofiltro

COSTOS DE LA ESTRUCTURA DEL BIOFILTRO		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO (\$)
ESTRUCTURA METÁLICA	1	80
RECIPIENTE DE PLÁSTICO	1	3
TANQUE DE 300 litros	2	30
TUBERÍA PVC DE ¾ PULGADA	1	2

VALVULA DE BOLA DE ¾ PULGADA	2	6
CONECTOR DE ROSCA MACHO	2	3
PEGAMENTO PARA PVC	1	20
TOTAL (\$)		144
<b>COSTOS DEL MEDIO FILTRANTE Y MICROORGANISMOS</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>	<b>COSTO (\$)</b>
GRAVA	48	4
ARENA FINA	37	4
GRÁNULOS DE KÉFIR DE AGUA	3	200
TOTAL (\$)		208
<b>COSTOS DE ANÁLISIS DEL LABORATORIO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO (\$)</b>
ANÁLISIS DE GRASA Y ACEITES	2	50
ANÁLISIS DE DETERGENTES	1	10
ANÁLISIS DE PLOMO	1	10
ANÁLISIS DBO <sub>5</sub>	1	10
REACTIVOS	12	54
TOTAL		134
COSTO TOTAL DE LA ELABORACIÓN DEL BIOFILTRO		486

Realizado por: Robalino, Diego, 2021

En la Tabla 16-4 se observa que para la elaboración del biofiltro se realizó una inversión de \$ 486 lo que se considera que es sumamente bajo a comparación de un sistema tradicional de tratamiento de agua residual, donde se detalla a continuación.

Para los costos de la estructura del biofiltro fue de \$ 144, donde se adquirió todos los elementos para su construcción de la estructura. La estructura metálica se fabricó en un taller mecánico utilizando aluminio de serie 5000 debido a su bajo costo y durabilidad, su costo fue de \$ 80 donde se ocupó 30 kg de material a un precio \$ 2 el kg, adicionando a esto la mano de obra cuyo valor fue de \$ 20. El cilindro plástico se adquirió en Plásticos "El Monito" cuyo costo de los recipientes cilíndricos de 300 litros fue de \$ 30. Se compró 1.20 m de tubería de PVC, accesorios y pegamento para PVC en la ferretería "ÉXITO" cuyo valor total fue de \$ 29.

Para los costos del medio filtrante y microorganismo alcanzo un total de \$ 208. Se compró arena fina y grava a una granulometría determinada para el uso del biofiltro como medio filtrante y de soporte, donde se adquirió de manera online a la empresa constructora "CONSTRUC



SOLUTIONS" cuyo valor fue de \$ 8 incluido el envío. Se realizó la compra de 3 kg de los gránulos de kéfir a la tienda online "KÉFIUR" cuyo valor fue de \$ 200.

Para los costos de los análisis del laboratorio fue de \$ 134, donde se utilizó para reactivos y análisis del laboratorio de detergentes, plomo, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Los análisis de aceites y grasas de la muestra tratada y análisis de plomo, detergentes de la muestra cruda se efectuaron en el laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional del Chimborazo, cuya proforma fue de \$ 13 para cada análisis de la muestra con un costo total de \$ 80. Se realizó los análisis de detergentes, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el laboratorio de calidad de agua en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde se ocupó reactivos cuyo valor fue de 6 \$ por reactivo, donde se empleó un reactivo para cada análisis de la muestra tanto cruda como tratada utilizando un total de 9 reactivos con un costo total de \$ 54.

## CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de un biofiltro mediante la revisión bibliográfica de las condiciones hidráulicas para el diseño de filtros utilizados para aguas residuales, posteriormente se construyó con materiales resistentes a la corrosión y fácil de manipular.
- Se analizó los resultados de la prueba piloto y corregida, obteniendo sobresalientes resultados cuando se omitió el sustrato para los microorganismos, llegando a cumplir con los objetivos propuestos.
- Se monitoreó las características físicas y químicas de las aguas residuales en la prueba corregida donde los parámetros como Sólidos Suspendidos (SS), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Detergentes, Plomo (Pb), aceite y grasas obtuvieron una reducción de concentración después del filtrado, mientras que los parámetros como Potencial de Hidrógeno(pH) se mantuvo constante después del filtrado, mostrado así en la Gráfica 16-4.
- Se comparó los parámetros de control con los límites aceptables para la evacuación de aguas residuales hacia un sistema de alcantarillado propuesto por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA). Las concentraciones de la prueba corregida de los parámetros como sólidos suspendidos (SS), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Plomo (Pb), Potencial de hidrógeno (pH), Detergentes, Aceite y grasas del agua tratada de la lavadora automotriz cumple con los límites establecidos propuesto por el TULSMA, mostrado así en la Tabla 17-4.
- Se determinó durante el periodo de filtración la eficiencia de remoción de los parámetros de control, donde la reducción de los Sólidos Suspendidos (SS), Detergentes, y Plomo (Pb) fue superior al 50%, mientras que, en los parámetros como Aceites y grasas, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) se obtuvo una eficiencia de remoción reducida, como se muestra en la Tabla 24-4.
- Al finalizar el periodo de filtración, se analizó que los gránulos de kéfir de agua no requirieron modificaciones como lavado o reemplazo de nuevos microorganismos, donde su uso obtuvo una efectividad para reducir metales pesados y detergentes, mientras que en la reducción de materia orgánica no obtuvo una efectividad notable mostrado así en la Gráfica 17-4

## RECOMENDACIONES

- No trabajar con ningún tipo de sustrato para los microorganismos como azúcar, debido a que ocasiona una mayor contaminación porque estos fomentan una fermentación alcohólica generando compuestos fenólicos.
- Colocar el biofiltro cerca de un drenaje sin obstruir el paso a las trabajaderas de la industria automotriz.
- Tomando en consideración los resultados obtenidos de DQO y DBO<sub>5</sub>, se recomienda realizar otro tipo de tratamiento como proceso de aireación mediante difusores de burbujas finas porque permite la mayor biodegradación aerobia de los contaminantes.
- Trabajar con otro tipo de material filtrante como carbón activado para reducir aún más los contaminantes presentes en el agua residual, debido a que el carbón activado es un material poroso que retiene compuestos orgánicos presentes en líquidos.
- Implementar un sistema de tratamiento ecológico de agua residual para la lavadora automotriz con la finalidad de reutilizar el agua tratada para uso agrícola o en jardinería porque evita el consumo del agua potable para estas actividades.

## BIBLIOGRAFÍA

**Abellán, Ana.** SuD Sostenible. *SuD Sostenible*. [En línea] Catch Themes, 27 de 5 de 2014. [Consulta: 14 de marzo de 2021.] Disponible en: <http://sudsostenible.com/disenio-de-los-filtros-de-arena/>.

**ALTIMIR, GRUPO.** *higieneambiental.com*. [En línea] SAFY GLOBAL GEST, SL, 2002. [Citado el: 15 de mayo de 2021.]. Disponible en: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/la-historia-del-tratamiento-del-agua-potable-un-camino-hacia-la-mejora-radical-de-la-salud-publica>

**Ambiental, Eco.** Cía. Ltda. *Eco Ambiental Andina Cía. Ltda.* [En línea]. Ecuador: Eco Ambiental Andina, 1 de enero 2013. [Consulta: 16 de mayo de 2021.] Disponible en: <https://ecoambiental.com.ec/servicios/tratamiento-de-aguas-industriales/>.

**Ambiente, Ministerio.** *T.U.L.S.M.A* [En línea]. Ecuador: 2003. pp. 5-430. [Consulta: 7 de abril de 2021.] Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

**Arnandis, Esther Balaguer.** Estudio de la influencia del tiempo de retención hidráulico en un reactor biológico secuencial (SBR) de depuración de aguas residuales procedentes de una tenería y optimización de la fase de sedimentación (Trabajo de titulación) (maestría). [En línea] Universidad Politécnica de Valencia Valencia-España. 2011. p. 30. [Consulta: 4 de junio de 2021.]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15367/TRABAJO\\_M%C3%81STER\\_FINAL\\_Esther\\_Balaguer.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15367/TRABAJO_M%C3%81STER_FINAL_Esther_Balaguer.pdf?sequence=1)

**AUCHEN, JACOBO HOMSI.** *ACTUALIZACIÓN PARA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS DEL “REGLAMENTO GENERAL DE ALCANTARILLADOS PARTICULARES, FOSAS SÉPTICAS, CÁMARAS FILTRANTES, CÁMARASCAMARAS DE CONTACTO, CAMARAS ABSORBENTES Y LETRINAS DOMICILIARIAS”, DECRETO SUPREMO N0 236 DE 1926 DEL MINISTERIO DE HIGIENE, ASISTENCIA, PREVISION SOCIAL Y TRABAJO* [En línea]. 1ª ed. Chile-Santiago de Chile: Dirección general de aguas (DGA) 2010. p. 9. [Consulta: 18 de 3 de 2021.] Disponible en: [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11\\_08-42-00140076.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_08-42-00140076.pdf)

**Bergmann, Rafaela Strada de Oliveira.** “Microbial profile of a kefir sample preparations - grains in natura and lyophilized and fermented suspension”. *Scielo* [En línea], 2010, (Brazil) 30(4), pp. 1022-1026. [Consulta: 10 de marzo de 2021.]. ISSN: 0101-2061. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1590/s0101-20612010000400029>

**Brish, Lenntech.** Water Treatment. *Water Treatment*. [En línea] Copyright, 12 de 2 de 1998. [Consulta: 23 de marzo de 2021.] Disponible en: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm>

**Brito, Hannibal.** *TEXTO BASICO DE OPERACIONES UNITARIAS II* [En línea]. Riobamba-Ecuador: ResearchGate, 2017. pp. 24-27. [Consulta: 20 de marzo de 2021.]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/315778840\\_Texto\\_Basico\\_Operaciones\\_Unitarias\\_II](https://www.researchgate.net/publication/315778840_Texto_Basico_Operaciones_Unitarias_II)

**Cano, Miguel Martín.** *Cidead*. [En línea] 2000. [Consulta: 9 de junio de 2021.]. Disponible en: [https://proyectodescartes.org/EDAD/materiales\\_didacticos/EDAD\\_2eso\\_volumen\\_cuerpos\\_geometricos-JS-LOMCE/2quincena11.pdf](https://proyectodescartes.org/EDAD/materiales_didacticos/EDAD_2eso_volumen_cuerpos_geometricos-JS-LOMCE/2quincena11.pdf)

**Cengel, Yunus.** *MECÁNICA DE FLUIDOS*. 1ª ed. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2001. pp. 21-23.

**CENSOS, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA.** SISTEMA INTEGRADO DE CONSULTA DE CLASIFICACIONES Y NOMENCLATURA. *SISTEMA INTEGRADO DE CONSULTA DE CLASIFICACIONES Y NOMENCLATURA*. [En línea] Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2012. [Consulta: 14 de marzo de 2020.] Disponible en: [https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/resul\\_correspondencia.php?id=G5020.01&ciiu=1](https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/resul_correspondencia.php?id=G5020.01&ciiu=1).

**Cirelli, Alicia Fernández.** “El agua: un recurso esencial”. *Revista Química Viva* [En línea], 2012, (Argentina) 11(3), pp. 147-170. [Consulta: 14 de marzo de 2021.]. ISSN: 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

**Disegni, Carolina.** *GUIOTECA*. [En línea] Emol, 21 de 9 de 2012. [Consulta: 28 de mayo de 2021.] Disponible en: <https://www.guioteca.com/cultura-india/madre-teresa-de-calcuta-su-insolita-historia-con-los-hongos-tibetanos/>.

**Gafurri, Walter.** “Tratamiento de efluentes líquidos en la industria automotriz”. *Énfasis ambiental* [En línea], 1997, (Argentina) 3(31), pp. 6-8. [Consulta: 1 de marzo de 2021.]. ISSN 138980. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/bin-138980>

**GARCÍA, ESPIGARES.** *AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN* [En línea]. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico 1997. [Consulta: 25 de mayo de 2021.] Disponible en: [https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf).

**Gerbino, Esteban.** Interacción de Lactobacillus kéfir con plomo cadmio, zinc y níquel: Análisis estructural y estudio de la capacidad secuestrante a nivel molecular (Trabajo de titulación) (Licenciatura). [En línea] Universidad Nacional de La Plata, Departamento de Ciencias Biológicas. La Plata-Argentina. 2013. pp. 55,64. [Consulta: 12 de marzo de 2021.]. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26281/Documento\\_completo.%20Gerbino%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26281/Documento_completo.%20Gerbino%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**Herrera, Carlos; & OSORNO, Carlos José.** ROPUESTA DE UN TRATAMIENTO PARA ACEITES Y GRASAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA MICROEMPRESA “PRODUCTOS VERDES” LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA, UNAN – MANAGUA, MARZO - JULIO 2016. [En línea] (Trabajo de titulación) (Licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua, facultad de ciencias e ingenierías. 2016. pp. 10-12. [Consulta: 2 de mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/3504/1/61591.pdf>

**Ingemecánica.** *Pesos Específicos y Densidades de Materiales y Elementos Constructivos* [En línea] JIMECA S.L, 2004. [Consulta: 12 de enero de 2021.]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutoriales/pesos.html>.

**Le Anh Tu Nguyen, Andrew James; et al.”** Utilisation of turbidity as an indicator for biochemical and chemical oxygen demand”. *Elsevier* [En línea], 2014, (Australia) 4(1), pp. 137-142. [Consulta: 22 de marzo de 2021.]. ISSN: 2214-7144. Disponible en: <https://scihub.se/10.1016/j.jwpe.2014.09.009>

**Lecca, Eduardo Raffo.”** Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno”. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* [En línea]. 2014, (Perú) 1(17), pp. 75-76. [Consulta: 4 de mayo de 2021.]. ISSN: 1810-9993. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

**López, Jesús Romero.** “ESTUDIO DE LA FERMENTACION DE KÉFIR DE AGUA DE PIÑA CON TIBICOS”. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* [En línea], 2017, (México) 16(2), p

405-407. [Consulta: 11 de mayo de 2021.]. ISSN: 1665-2738. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/620/62052087007.pdf>

**Magalhães, Karina Teixeira.** “Brazilian kefir: structure, microbial communities and chemical composition”. *Brazilian Journal of Microbiology* [En línea], 2011, (Brazil) 42(2), pp. 693-702. [Consulta: 11 de marzo de 2021.]. ISSN: 1517-8382. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1590/s1517-83822011000200034>

**Malacatus, Paúl; & Chamorro Erika.** “Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes”. *FIGEMPA. Investigación y Desarrollo* [En línea], 2017, (Ecuador) 2(7), pp. 61-68. [Consulta: 14 de mayo de 2021.]. ISSN: 1390-7042. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/888/899>

**Martín; & R. Salcedo, R.** *MECÁNICA DE FLUIDOS Tema5. Operaciones separación Sólido-Fluido* [En línea]. 1ª ed. California-USA. Universidad de Alicante, 2011. p. 14. [Consulta: 18 de marzo de 2021.]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5\\_operaciones%20separacion.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones%20separacion.pdf)

**Martín, Alejandra.** “Tecnología de Tratamiento y Desinfección de Aguas Residuales para el Uso y Consumo Humano”. *ResearchGate* [En línea], 2000, (México), pp. 1-8. [Consulta: 20 de marzo de 2021.]. Disponible en: [file:///C:/Users/IDC/Downloads/TECNOLOGIAS\\_DE\\_TRATAMIENTO\\_Y\\_DESINFECCION\\_DE\\_AGUA\\_.pdf](file:///C:/Users/IDC/Downloads/TECNOLOGIAS_DE_TRATAMIENTO_Y_DESINFECCION_DE_AGUA_.pdf)

**Matamoros, David.** “Evaluación de sistemas de Filtración Agua de Bajo costo para el Consumo Humano”. *ResearchGate* [En línea], 2009, (Ecuador) 1(1), pp. 1-8. [Consulta: 2021 de febrero de 23.]. ISSN 09-01-5863. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28797009\\_Proyecto\\_Semilla\\_Evaluacion\\_De\\_Sistemas\\_De\\_Filtracion\\_Agua\\_De\\_Bajo\\_De\\_Costo\\_Para\\_Consumo\\_Humano](https://www.researchgate.net/publication/28797009_Proyecto_Semilla_Evaluacion_De_Sistemas_De_Filtracion_Agua_De_Bajo_De_Costo_Para_Consumo_Humano)

**Mayo, Rodrigo.** Aguamarket. *Aguamarket*. [En línea] WEFTEC, 31 de 3 de 2009. [Consulta: 15 de 3 de 2021.] Disponible en: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2735>.

**Mildred Bracho, Marcos Barquilla.** *Tratamiento no convencional de las aguas residuales urbanas de Tucaní*. Tucaní [En línea]. 1ª ed. Venezuela: Escuela de Organización Industrial, 2016. p. 16. [Consulta: 18 de marzo de 2021.]. Disponible en:

<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://static.eoi.es/savia/documents/proyectorresumenpresentacion.pdf>

**Miño, Juan Fernando Contreras.** Análisis hidrosanitario de trampa de grasa con aireación para disminuir los compuestos tensoactivos y aceites lubricantes (Trabajo de titulación) (maestría). [En línea] UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, Quito-Ecuador. 2015. p. 41. [Consulta: 4 de junio de 2021.]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2198/1/T-UIDE-1247.pdf>

**Molina, García.** Elaboración de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generada por una lavadora de autos (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [En línea]. Universidad Técnica DE Ambato, Facultad de Ingeniería Civil Y Mecánica, carrera de ingeniería civil. Ambato-Ecuador. 2016. p. 19. [Consulta: 12 de febrero de 2021.]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24606/1/Tesis%201086%20-%20Molina%20Garc%C3%ADa%20Mishel%20Estefan%C3%ADa.pdf>

**Naranjo, Francisco.** “Alternativas ecológicas para el manejo”. *Éxito Empresarial CEGEST* [En línea], 2011, 20(152), pp. 1-3. [Consulta: 4 de marzo de 2021.]. ISSN 1. Disponible en: [http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_152\\_130611\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_152_130611_es.pdf)

**OMS, Organización Mundial de la Salud.** *Organización Mundial de la Salud.* [En línea]. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: Plomo. [Consulta: 14 de marzo de 2020.] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=La%20OMS%20ha%20incluido%20el,las%20mujeres%20en%20edad%20fecunda.>

**Program, COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperacion), & WSP (Water and Sanitation; et al.** *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades.* Nicaragua [En línea]. 1ª ed. AZER, 2006. p. 19. [Consulta: 12 de marzo de 2021.]. Disponible en: <https://documents1.worldbank.org/curated/es/943351468247792589/pdf/360810WSP0rev0biofiltro01PUBLIC1.pdf>



**Ramírez, Bueno; et al.** *Microorganismos y enfermedades* [En línea]. 1ª ed. Santiago de Chile-Chile: Universidad Católica de Chile, 2015, p. 1. [Consulta: 12 de mayo de 2021.]. Disponible en: [http://www.imii.cl/wp-content/uploads/2015/10/Libro\\_IMII\\_Microbiologia.pdf](http://www.imii.cl/wp-content/uploads/2015/10/Libro_IMII_Microbiologia.pdf)

**Ramírez, Landy Irene.** *DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO* [En línea]. 1ª ed. México DF: UNAM, 2001. pp. 13-15. [Consulta: 10 de junio de 2021.]. Disponible en: [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf)

**Rasmussen, Jens Eilstrup.** Google Maps. *Google Maps*. [En línea] máquina virtual Java, 8 de febrero de 2005. [Consulta: 23 de marzo de 2021.] Disponible en: <https://www.google.com.ec/maps/@-1.6537438,-78.6505229,15z>.

**Reutelshöfer, Tina.** *Guía para la toma de muestras de agua residual* [En línea]. 1ª ed. La Paz: PERIAGUA, 2015. pp. 4-19. [Consulta: 8 de marzo de 2021.]. Disponible en: [https://www.bivica.org/files/5376\\_aguas-residuales-muestra.pdf](https://www.bivica.org/files/5376_aguas-residuales-muestra.pdf)

**RINCON.C; et al.** *FILTRO PERCOLADOR* [En línea]. 1ª ed. Pamplona-España: FACULTAD DE INGENIERÍA Y AGRICULTURA, 2019, p. 30. [Consulta: 18 de marzo de 2021.]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/omarelpapi/trabajo-filtro-percolador>

**Rocha, Olver Coronado.** *MENU DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO* [En línea], 1ª ed. Cochabamba-Bolivia: Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad Mayor de San Simón, 2008. pp. 7-17. [Consulta: 12 de abril de 2021.] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/246015579/Menu-de-Alternativas-de-Tratamiento-Texto-Final>

**Rodríguez, Alonso.** *LA POROSIDAD COMO PROPIEDAD FÍSICA. LA POROSIDAD COMO PROPIEDAD FÍSICA* [En línea]. Oviedo-España: Universidad de Oviedo, 2010, pp. 2-3. [Consulta: 7 de marzo de 2021.] Disponible en: [http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/4887/mod\\_resource/content/1/T3b-DensidadPorosidad.pdf](http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/4887/mod_resource/content/1/T3b-DensidadPorosidad.pdf)

**Romero, Jesús.** “Uso de microorganismos eficientes para tratar agua contaminada”. *Scielo* [En línea], 2017, (Cuba) 38(3). [Consulta: 9 de marzo de 2021.]. ISSN: 1680-0338. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008)

**Salud, Organización.** *GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN* [En línea], Lima-Perú: Centro panamericano de ingeniería, 2005. p. 6. [Consulta: 9 de marzo de 2021.]. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/Guia%20dise%C3%B1o%20filtraci%C3%B3n%20en%20múltiples%20etapas.pdf>

**Samal, Kundan.** “Performance assessment of a Canna indica assisted vermifilter for synthetic dairy wastewater treatment”. *ELSEVIER* [En línea], 2017, (India) 111(2), pp. 363-374. [Consulta: 13 de mayo de 2021.]. ISSN S0957-5820(17)30242-2. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.psep.2017.07.027>

**Sanders.** Valores estimados de la porosidad. *Valores estimados de la porosidad* [En línea] 1998. [Consulta: 12 de abril de 2021.] Disponible en: [https://hidrologia.usal.es/Complementos/Valores\\_perm\\_porosidad.pdf](https://hidrologia.usal.es/Complementos/Valores_perm_porosidad.pdf)

**Tamayo, Susana Suárez.** “El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente”. *SciELO* [En línea]. 2014, (Cuba) 52(3), pp. 357-363. [Consulta: 10 de mayo de 2021.]. ISSN 1561-3003 Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300008)

**Tomar, Priyanka.** “Urban wastewater treatment using vermi-biofiltration system”. *ELSEVIER* [En línea]. 2011, (India) 283(1), pp. 95-103. [Consulta: 19 de marzo de 2021.]. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.desal.2011.09.007>

**Troconis, A.** *Tratamiento de Aguas Residuales.* [En línea]. Miami-USA: Kelli Herbert, 2010. pp. 1-2. [Consulta: 16 de enero de 2021.]. Disponible en: [https://www.belzona.com/es/solution\\_maps/wastewater/money\\_map.pdf](https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf)

**Zhao, Yong; et al.** “Effect of C/N ratios on the performance of earthworm eco-filter for treatment of synthetic domestic sewage”. *Environmental Science and Pollution Research* [En línea]. 2012, (China) 19(1), pp. 4049-5059. [Consulta: 17 de mayo de 2021.]. ISSN: 4049-4059. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1007/s11356-012-0871-7>

**ANEXOS**

**ANEXO A : TABLA 11. LIBRO VI, ANEXO 1 DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE**



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

**4.2.2.3** Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación (ver tabla 11):

**TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b> Cero
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0,1

Continúa...

Continuación...

**TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
			caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		<b>Ausencia</b>
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40
Kjedahl			
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5

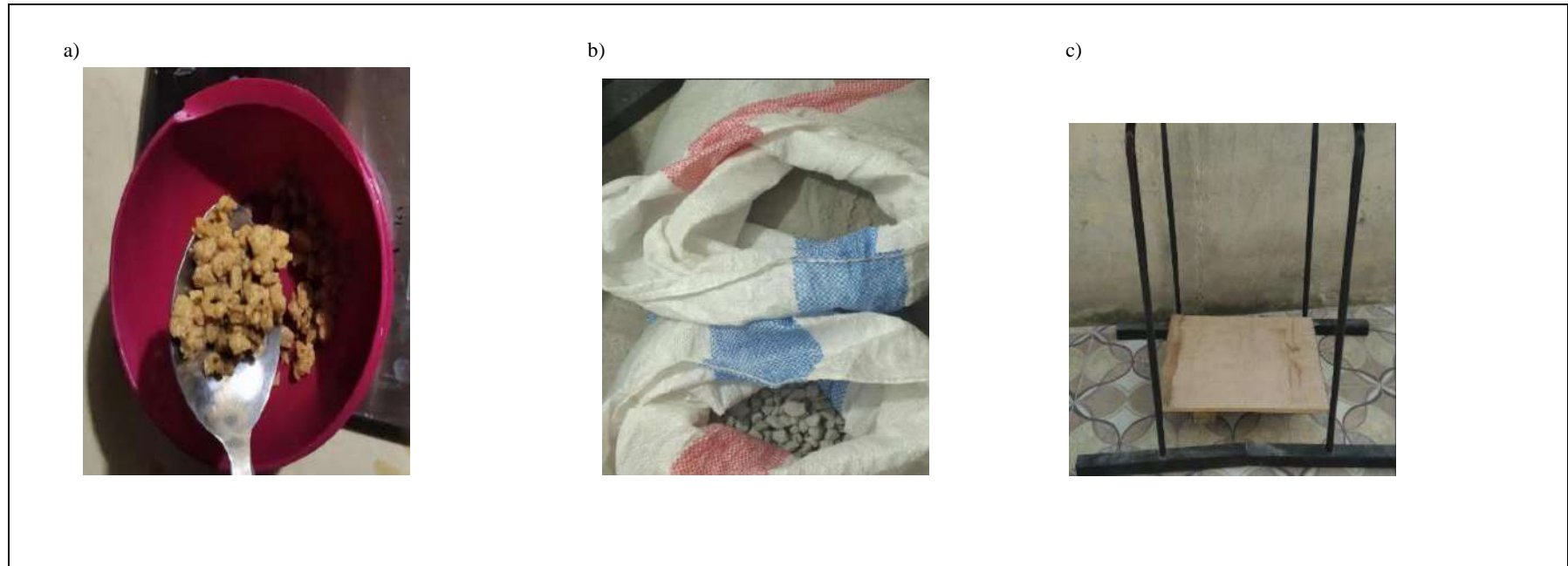
Continuación...

**TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10




**4.2.2.4** Toda área de desarrollo urbanístico, turístico o industrial que no contribuya al sistema de alcantarillado público, deberá contar con instalaciones de recolección y

**ANEXO B: MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO**

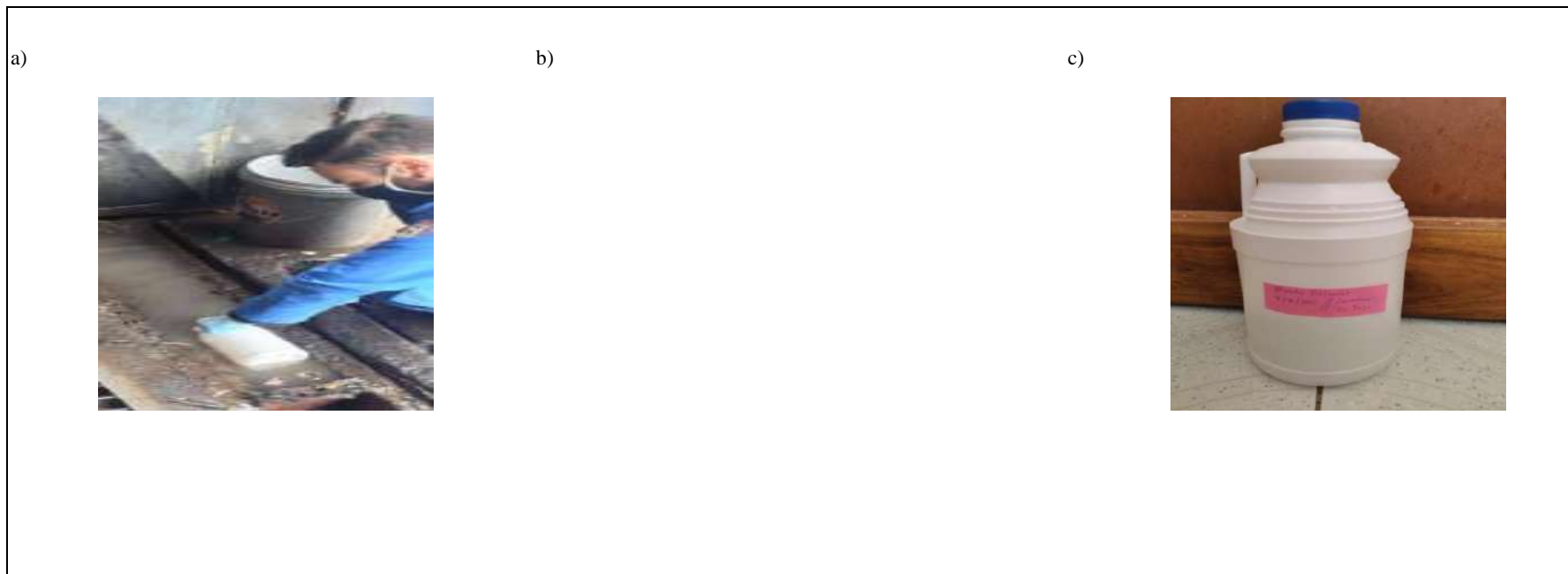


<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR                  POLITECNICA DE                  CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERIA                  QUIMICA                  ELABORADO POR:                  Robalino Salas Diego Israel</b>	<b>CONSTRUCCION DEL BIOFILTRO</b>		
a) Gránulos de Kéfir de agua	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
b) Lecho filtrante y de soporte (Arena fina y graba)			1	1:1	2021/4/1
c) Estructura de soporte del filtro					

**ANEXO C: CONSTRUCCION DEL BIOFILTRO**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Robalino Salas Diego Israel</p>	<p>MUESTRAS DE AGUA RESIDUALES Y TRATADAS</p>		
<p>a) Pesaje de la grava y arena b) Elaboración del biofiltro c) Biofiltro</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado            <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado            <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información            <input type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
<p>2</p>	<p>1:1</p>		<p>2021/4/2</p>		





**ANEXO D: TOMA DE MUESTRA**



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Robalino Salas Diego Israel</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS</b>		
a) Toma de muestra de agua cruda	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
b) Recepción de la muestra			3	1:1	2021/4/5
c) Etiquetado de la muestra					



**ANEXO E: PROCEDIMIENTO METODO DO ESTANDAR PARA EL ANÁLISIS DE AGUA**

a)	b)	c)	d)		
					
<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>            ELABORADO POR:            Robalino Salas Diego Israel         </p>	<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS</b>		
a) Determinación de pH y conductividad b) Determinación de DBO <sub>5</sub> c) Determinación de solidos suspendidos, color. DQO, plomo d) Determinación de turbidez	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar				
			4	1:1	2021/6/07

e)



f)






g)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Robalino Salas Diego Israel	RESULTADOS FINALES DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
e) Determinación de detergentes	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	6	1:1	2021/5/07
f) Set de Reactivos de plomo					
g) Determinación de aceite y grasas					

**ANEXO F: MUESTRAS DE AGUA CRUDA Y TRATADA**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 							
<p><b>NOTAS:</b></p> <p>a) Muestra de agua cruda</p> <p>b) Muestra de agua tratada dentro 24 horas</p> <p>c) Muestra de agua tratada dentro de 48 horas</p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Robalino Salas Diego Israel</p>	<p><b>RESULTADOS FINALES DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1563 1034 1724 1085">LÁMINA</th> <th data-bbox="1724 1034 1892 1085">ESCALA</th> <th data-bbox="1892 1034 2042 1085">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1563 1085 1724 1332">6</td> <td data-bbox="1724 1085 1892 1332">1:1</td> <td data-bbox="1892 1085 2042 1332">2021/5/07</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	6	1:1	2021/5/07
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
6	1:1	2021/5/07							

## ANEXO G: RESULTADOS DE AGUA CRUDA PRUEBA PILOTO



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



N° SE: 030 - 21

#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Ing. Diego Robalino **INFORME N°:** 030 - 21  
**EMPRESA:** Lavadora de autos La Joya **N° SE:** 030 - 21  
**DIRECCIÓN:** Diego de Almagro y Olmedo  
**TELÉFONO:** 0969899489 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 04 - 04 - 21  
**FECHA DE INFORME:** 09 - 04 - 21

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual, Lavadora de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 046 - 21 Muestra de Agua Cruda Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 046-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	UI(F=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARDMETHODS 5540 - C mod	6.25	N/A	06-04-21
* Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARDMETHODS 5210 - B	700	N/A	06-04-21
* Demanda Bioquímica De Oxígeno	mg/l	STANDARDMETHODS 5220 - D	334	N/A	06-04-21
* Demanda Química de Oxígeno	mg/l	STANDARDMETHODS 5210 - C	527	N/A	06-04-21
* Plomo	mg/l	STANDARDMETHODS 3500 Pb	0.24	N/A	06-04-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Probables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23<sup>ra</sup> EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23<sup>ra</sup> EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN APLICADA:** No aplica

#### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L. S.A.



**ANEXO H: RESULTADOS DE ACEITE Y GRASAS DE LAS MUESTRA FILTRADA 2  
PRUEBA PILOTO**



**LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES**  
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

N° SE: 030 - 21

**INFORME DE ANALISIS**

**NOMBRE:** Ing. Diego Robalino **INFORME N°:** 030 - 21  
**EMPRESA:** Lavadora de autos La Joya **N° SE:** 030 - 21  
**DIRECCIÓN:** Diego de Almagro y Olmedo

**TELÉFONO:** 0969899489 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 7 - 04 - 21  
**FECHA DE INFORME:** 9 - 04 - 21

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual filtrada, Lavadora de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 046 - 21 Muestra 1 filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

MA - 046-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	28.57	N/A	07-04-21

**MÉTODO UTILIZADO:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

**RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:**

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L. S.A. 

**ANEXO I: RESULTADOS FINALES DE LA MUESTRA FILTRADA 2 PRUEBA PILOTO**

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Robalino Salas Diego Israel	RESULTADOS FINALES DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Resultados de DQO diluido 100:10	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		7	1:1	2021/5/07
b) Resultados de DBO diluido 100:10					
c) Resultados de sólidos suspendidos					

# ANEXO J: RESULTADOS INICIALES DE LA MUESTRA CRUDA DE AGUA



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



N° SE: 100 - 21

### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Miguel Cabrera **INFORME N°:** 100 - 21  
**EMPRESA:** Lavadora de autos La Joya **N° SE:** 100 - 21  
**DIRECCIÓN:** Diego de Almagro y Olmedo  
**TELÉFONO:** 0969899489  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 05 - 07 - 21  
**FECHA DE INFORME:** 12 - 07 - 21

**NÚMERO DE MUESTRA:** 1, Agua residual, Lavadora de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 119 - 21 Muestra 1 Cruda Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 119 - 21

PARAMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	URGEN	FECHA DE ANÁLISIS
* Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	324	N/A	06-07-21
* Demanda Química de Oxígeno	mg/l	STANDARD METHODS 5210 - C	512	N/A	06-07-21
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 8540 - C mod	4.03	N/A	06-07-21
* Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 5210 - B	710	N/A	06-07-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Pobres y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Bento Mendoza F., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L. S.A.

-Este informe es una versión preliminar generada por el laboratorio.  
-Las observaciones que (\*) en su momento serán del director de calidad del SAE.  
-Se podrá la reproducción para el fin de referencia de la acreditación del laboratorio.  
-LSA S.A. es responsable por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le da a los resultados.



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



Nº SE: 101-21

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Miguel Cabrera  
**EMPRESA:** Lavadora de autos La Joya  
**DIRECCIÓN:** Diego de Almagro y Olmedo

**INFORME Nº:** 101-21  
**Nº SE:** 101-21

**TELÉFONO:** 0989899489

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 05-07-21  
**FECHA DE INFORME:** 12-07-21

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual, Lavadora de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:**

MA-120-21 Muestra 1 Cruda

Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA-119-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(PO2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceite y grasas	mg/l	EPA 418.1	108.30	N/A	05-07-21
* pH	-	STANDARDMETHODS 4500-H B	7.28	N/A	05-07-21
* Plomo	mg/l	STANDARDMETHODS 3500 Pb	0.27	N/A	05-07-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACRIDADA:** No aplica

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Benito Mendoza T., Ph.D.




Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.  
- Los ensayos marcados con (\*) se realizaron dentro del alcance de acreditación del SAE.



# ANEXO K: RESULTADOS DE LA MUESTRA FILTRADA 1



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



N° SE: 102 - 21

### INFORME DE ANÁLISIS

**NOMBRE:** Miguel Cabrera **INFORME N°:** 102 - 21  
**EMPRESA:** Lavadores de autos La Joya **N° SE:** 102 - 21  
**DIRECCIÓN:** Diego de Almagro y Ormeo  
**TELÉFONO:** 0969899489 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 - 07 - 21  
**FECHA DE INFORME:** 12 - 07 - 21

**NÚMERO DE MUESTRA:** 1, Agua residual, Lavadores de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 120 - 21 Muestra 1 Filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 120-21

PARAMETROS	UNIDADES	MÉTODOS/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	UMEA	FECHA DE ANÁLISIS
* Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	STANDARDMETHODS 5220 - D	251	N/A	06-07-21
* Demanda Química de Oxígeno	mg/l	STANDARDMETHODS 5210 - C	480	N/A	06-07-21
* Detergentes	mg/l	STANDARDMETHODS 5540 - C mod	2.58	N/A	06-07-21
* Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARDMETHODS 5210 - B	170	N/A	06-07-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APWA, APHA, WPCF, STANDARD METHODS 22<sup>a</sup> EDICIÓN y métodos HACH adaptados por STANDARD METHODS 22<sup>a</sup> EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a los ítems analizados.  
- Las pruebas realizadas (\*) se realizaron dentro del alcance de acreditación del SAE.  
- Se postula la responsabilidad por el uso indebido de la información del laboratorio.  
- LSA No es responsable por la información proporcionada por el cliente y el riesgo se le da a los resultados



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



Nº SE: 103 - 21

### INFORME DE ANÁLISIS

**NOMBRE:** Miguel Cabrera **INFORME N°:** 103 - 21  
**EMPRESA:** Lavadora de autos La Joya **Nº SE:** 103 - 21  
**DIRECCIÓN:** Diego de Almagro y Olmedo  
**TELÉFONO:** 0988699489 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 08 - 07 - 21  
**FECHA DE INFORME:** 12 - 07 - 21

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual, Lavadora de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 120 - 21 Muestra 1 Filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 120-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	UIPR(2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Acirole y grasas	mg/l	EPA 415.1	95.81	N/A	08-07-21
* pH	-	STANDARDMETHODS 4500 - H B	7.10	N/A	08-07-21
* Plomo	mg/l	STANDARDMETHODS 3500 Pb	0.15	N/A	08-07-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.  
**REGLA DE DECISIÓN ADOPTADA:** No aplica

#### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L. S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.  
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.  
- L.S.A. tiene su responsabilidad por la información suministrada por el cliente o el usuario en la fecha de los resultados.

## ANEXO L: RESULTADOS DE LA MUESTRA FILTRADA 2



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



N° SE: 104 - 21

#### INFORME DE ANÁLISIS

**NOMBRE:** Miguel Cabrera **INFORME N°:** 104 - 21  
**EMPRESA:** Lavadora de autos La Joya **N° SE:** 104 - 21  
**DIRECCIÓN:** Diego de Almagro y Olmedo  
**TELÉFONO:** 0968699489 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 07 - 07 - 21  
**FECHA DE INFORME:** 12 - 07 - 21

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual, Lavadora de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 121 - 21 Muestra 2 Filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 121-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U[RGENTE]	FECHA DE ANÁLISIS
* Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	STANDARDMETHODS: 5220-D	247	N/A	07-07-21
* Demanda Química de Oxígeno	mg/l	STANDARDMETHODS: 5210-C	458	N/A	07-07-21
* Detergentes	mg/l	STANDARDMETHODS: 5540 - C mod	1.68	N/A	07-07-21
* Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARDMETHODS: 5210-B	108	N/A	07-07-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN APLICADA:** No aplica

#### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L. S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.  
- Los campos marcados con (\*) están excluidos dentro del alcance de acreditación del SAE.  
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.  
- TSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le da a los resultados.

000079400 001



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



N° SE: 105 - 21

## INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Miguel Cabrera **INFORME N°:** 105 - 21  
**EMPRESA:** Lavadora de autos La Joya **N° SE:** 105 - 21  
**DIRECCION:** Diego de Almagro y Omedo  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 07 - 07 - 21  
**TELÉFONO:** 0969899489 **FECHA DE INFORME:** 12 - 07 - 21

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1, Agua residual, Lavadora de autos La Joya **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 121 - 21 Muestra 2 Filtrada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 121-21

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	UJK(2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceite y grasas	mg/l	EPA 418.1	87.53	N/A	07-07-21
* pH	-	STANDARDMETHODS 4500 - H B	7.20	N/A	07-07-21
* Plomo	mg/l	STANDARDMETHODS 3500 Pb	0.13	N/A	07-07-21

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Plombas y Residuos APMA, APWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados de STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.  
**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

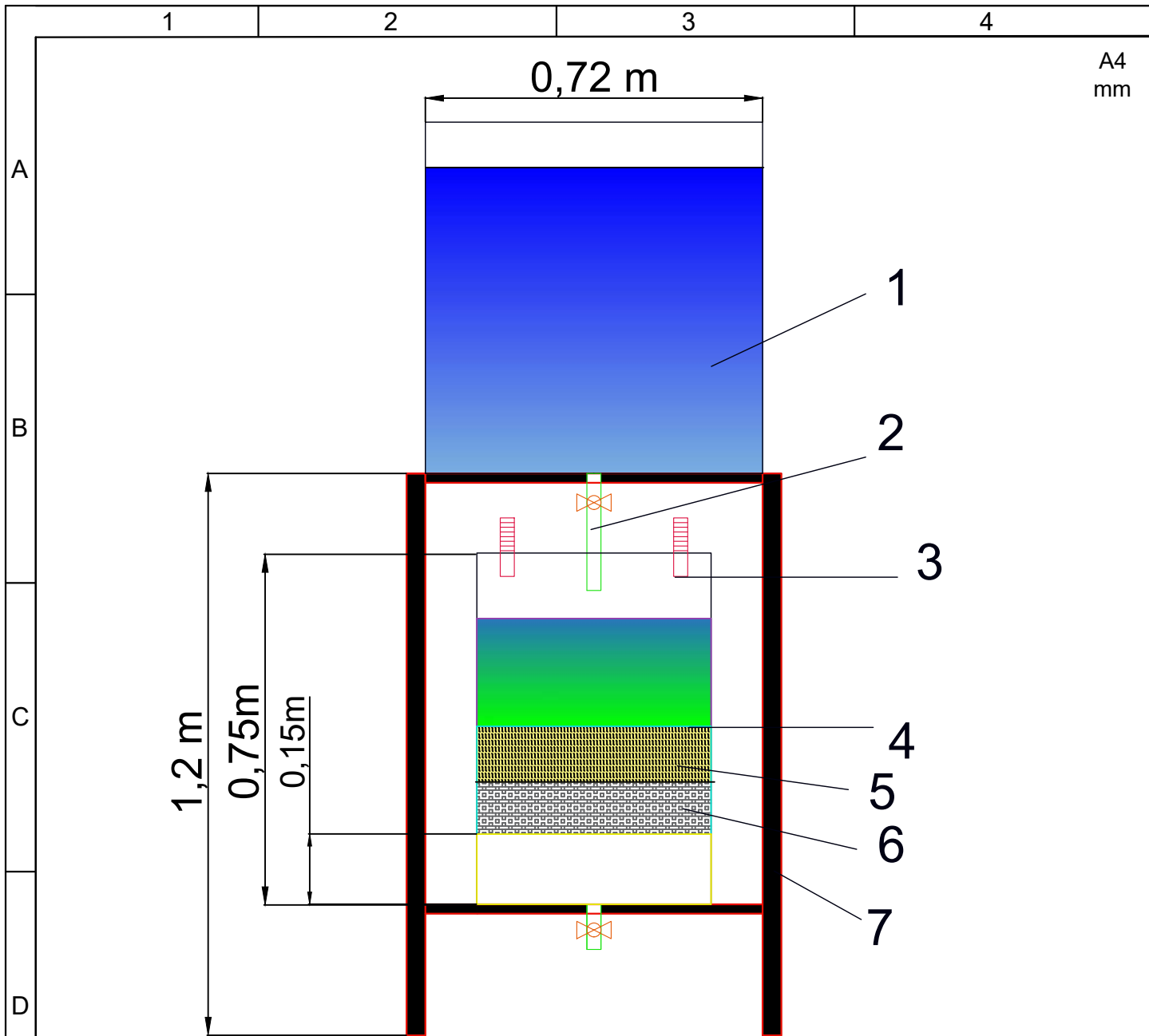
### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.  
 Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.  
 TÉCNICO L. S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a (a) los muestreos realizados.  
 - Los errores marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.  
 - Se establece la responsabilidad parcial de este informe en la exactitud del laboratorio.



## PARTES DEL FILTRO

1. TANQUE DE DISTRIBUCIÓN ( radio 0,36m)(altura 0,72m)
2. TUBERÍA DE INGRESO DE AGUA
3. TUBERÍA DE AIREACIÓN
4. GRÁNULOS DE KÉFIR
5. ARENA (espesor 0,23m)
6. GRAVA (espesor 0,23m)
7. ESTRUCTURA DEL BIOFILTRO

	Denominación:	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA			
	<b>Biofiltro</b>	Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
ANEXO M: DISEÑO DEL BIOFILTRO		109 Kg	± 0.5	1 : 1	
	Integrantes:	Codificación:			
	DIEGO ROBALINO	EIQ-001-2021			



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE**  
**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 10 / 08 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Diego Israel Robalino Salas</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Química</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero Químico</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>



1462-DBRA-UTP-2021