

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES



**“REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES POR
LA INFLUENCIA DEL ÁREA DEL BIOFILTRO SUBSUPERFICIAL
DE FLUJO VERTICAL EN EL SERVICENTRO VERY WASH, SAN
JUAN DE LURIGANCHO, 2020”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

AUTORES:

JIMMY JHON MENDEZ MARTÍNEZ
DENNYS ENRIQUE SEVERINO CORREA

A blue ink signature of Jimmy Jhon Mendez Martínez.

A blue ink signature of Dennis Enrique Severino Correa.

ASESOR:

MTRO. AMÉRICO CARLOS MILLA FIGUEROA

A blue ink signature of Américo Carlos Milla Figueroa.

Callao, 2022
PERÚ



(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

ANEXO 2

ACTA N° 011-2022-JST-FIARN-UNAC DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

LIBRO N°..... FOLIO N° ACTA 011-2022-JST-FIARN-UNAC DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

Al día 12 del mes de diciembre del año 2022, siendo las 15:00 horas, se reunió en la sala Meet: Blgo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina, Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres y Mtro. Abner Josué Vigo Roldán, el JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS, según la resolución N° 104-2021-D-FIARN, para la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Blgo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina
Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán
Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa

Presidente
Secretario
Vocal
Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres Jimmy Jhon Méndez Martínez y Dennys Enrique Severino Correa, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: "REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES POR LA INFLUENCIA DEL ÁREA DEL BIOFILTRO SUBSUPERFICIAL DE FLUJO VERTICAL EN EL SERVICENTRO VERY WASH, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2020", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044- 2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa BUENO y calificación cuantitativa CATORCE (14), la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021- CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la sesión a las 16:35 horas del día lunes 12 de diciembre del año en curso.

Blgo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina
Presidente

Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres
Secretario

Mtro. Abner Josué Vigo Roldán
Vocal

Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa
Asesor

DEDICATORIA

A nuestras familias, quienes a lo largo de toda nuestra vida nos brindaron su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por las lecciones aprendidas a lo largo de nuestras vidas, las cuales nos hicieron mejores personas.

A nuestra querida Universidad Nacional del Callao, por habernos dado las herramientas para desarrollarnos en nuestra carrera profesional.

A nuestro asesor, Mg. Carlos Américo Milla Figueroa, por su apoyo, orientación y sabios consejos para que se consolide el desarrollo de la presente tesis.

Por último, agradecer a nuestros seres queridos, quienes a lo largo de nuestra carrera contribuyeron de alguna u otra manera con nuestro desarrollo profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	15
RESUMEN.....	16
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	19
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	20
1.2. Formulación del problema.....	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos	21
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Limitantes de la investigación	22
1.4.1. Limitante teórica	22
1.4.2. Limitante temporal.....	22
1.4.3. Limitante espacial.....	22
II. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes	24

2.1.1. Internacionales	24
2.1.2. Nacionales	28
2.2. Bases teóricas	31
2.2.1. Aguas Residuales.....	31
2.2.2. Aguas Residuales Domésticas.....	32
2.2.3. Aguas Residuales No Domésticas.....	32
2.2.4. Biofiltro de Flujo Superficial o Libre	32
2.2.5. Biofiltro de Flujo Subsuperficial (BFS).....	33
2.2.5.1. Biofiltro Subsuperficial de Flujo Horizontal (BSSFH)	33
2.2.5.2. <i>Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical (BSSFV)</i>	34
2.2.6. Comparación entre los Biofiltros Subsuperficiales de Flujo Vertical y Horizontal	35
2.2.7. Condiciones Ambientales en los Biofiltros	35
2.2.8. Diseño de un Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical.....	36
2.2.9. Influencia de los Elementos del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical para la Remoción de Contaminantes de las Aguas Residuales	39
2.2.10. La Biofiltración.....	41
2.2.11. Mecanismos de Remoción de Contaminantes en los Biofiltros Subsuperficiales de Flujo Vertical	41
2.2.5.1. Proceso de Remoción Físico.....	41
2.2.12. Parámetros Físicoquímicos del Agua Residual.....	41
2.2.13. Proceso de Desnitrificación	42
2.2.14. Proceso de Nitrificación	42
2.2.15. Proceso de Remoción Químico.....	42

2.2.16. Valores Máximos Admisibles de las Aguas Residuales al Sistema de Alcantarillado	42
2.3. Conceptual	43
2.3.1. Área de Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical (SFV)	43
2.3.2. Contaminantes de Aguas Residuales	45
2.4. Definición Términos Básicos	45
Biopelícula Bacteriana	45
Calidad de Agua	45
Demanda Bioquímica de Oxígeno	45
Demanda Química de Oxígeno	46
Filtración	46
Fitorremediación	46
Flujo Vertical	46
Frecuencia Laminar	46
Macrófitas Flotantes	46
Medio Poroso	47
Microorganismo Facultativo	47
Parámetros Fisicoquímicos	47
Remoción	47
Rizomas	47
Sedimentación	47
Servicentro	47
Sistema de Biofiltro	48

Sustrato Inerte.....	48
Vertido Cero	48
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	49
3.1. Hipótesis.....	49
3.1.1. Hipótesis general.....	49
3.1.2. Hipótesis específicas.....	49
3.2. Definición Conceptual de Variables	49
3.2.1. Variable independiente	49
3.2.2. Variable dependiente	49
3.2.3. Operacionalización de las Variables	50
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	52
4.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	52
4.2. Método de Investigación	52
4.3. Eficiencia de remoción de contaminantes de aguas residuales	
.....	58
4.3. Población y Muestra	59
4.3.1. Población	59
4.3.2. Muestra	60
4.4. Lugar de Estudio y Periodo de Desarrollado.....	61
4.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la	
Información.....	63

4.6. Análisis y Procesamiento de Datos.....	63
V. RESULTADOS	65
5.1. Resultados Descriptivos	65
5.1.1 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis General	70
5.1.2 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis Específica 1	73
5.1.3 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis Específica 2	77
5.1.4 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis Especifica 3	81
5.2. Resultados Inferenciales	84
5.2 1. Eficiencia del Área del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical 1	
.....	84
5.2.1.1. Eficiencia del Área del Biofiltro 1 con respecto a los Sólidos	
Suspendidos Totales.....	85
5.2.1.2. Eficiencia del Área del Biofiltro 1 con respecto a los Aceites y	
Grasas. 85	
5.2.1.3. Eficiencia del Área del Biofiltro 1 con respecto a los	
Detergentes. 86	
5.2 2. Eficiencia del Área del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical 2	
.....	86
5.2.2.1. Eficiencia del Área del Biofiltro 2 con respecto a los Sólidos	
Suspendidos Totales.....	87
5.2.2.2. Eficiencia del Área del Biofiltro 2 con respecto a los Aceites y	
Grasas. 87	
5.2.2.3. Eficiencia del Área del Biofiltro 2 con respecto a los	

Detergentes.....	88
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
6.1. Contratación y Demostración de la Hipótesis con los Resultados	88
6.2. Contratación de los Resultados con Otros Estudios Similares	105
6.3. Responsabilidad Ética de acuerdo con los Reglamentos Vigentes	108
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXOS.....	115
Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	115
Anexo 2. Tabla para Análisis de Datos	119
Anexo 3. Tabla de Concentraciones de los Contaminantes de las Aguas Residuales	119
Anexo 4. Plano de Diseño de los Biofiltros Subsuperficiales de Flujo Vertical.....	120
Anexo 5. Lista Fotográfica	121
Anexo 6. Informes de Monitoreos.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas entre los biofiltros de flujo vertical y flujo horizontal	35
Tabla 2. Materiales para la construcción de biofiltros subsuperficiales	37
Tabla 3. Valores máximos admisibles para descargas al sistema de alcantarillado	43
Tabla 4. Operacionalización de la variable independiente y la variable dependiente.....	49
Tabla 5. Tiempo promedio para la obtención del caudal	55
Tabla 6. Remoción porcentual de sólidos suspendidos totales en función al tiempo de optimización del dispositivo	58
Tabla 7. Remoción porcentual de aceites y grasas en función al tiempo de optimización del dispositivo.....	59
Tabla 8. Remoción porcentual de detergentes en función al tiempo de optimización del dispositivo.....	59
Tabla 9. Requisitos de toma de muestra y preservación	60
Tabla 10. Instrumentos para análisis de agua	63
Tabla 11. Resultado experimental con el biofiltro 1.....	66
Tabla 12. Resultado experimental con el biofiltro 2.....	67
Tabla 13. Comparación de concentraciones de los biofiltros con respecto a los VMA para descargas al sistema de alcantarillado	68
Tabla 14. Porcentaje de remoción de contaminantes del biofiltro 1.....	69
Tabla 15. Porcentaje de remoción de contaminantes del biofiltro 2.....	69
Tabla 16. Resumen de procesamiento de casos con respecto a los contaminantes de las aguas residuales.....	70
Tabla 17. Estadísticos descriptivos con respecto a los contaminantes de las aguas residuales	70
Tabla 18. Resultados descriptivos de los contaminantes de las aguas residuales	71
Tabla 19. Resumen de procesamiento de casos con respecto a los sólidos	

suspendidos totales	73
Tabla 20. Estadísticos descriptivos con respecto a los sólidos suspendidos totales	74
Tabla 21. Resultados descriptivos con respecto a los sólidos suspendidos totales	75
Tabla 22. Resumen de procesamiento de casos con respecto a los aceites y grasas	77
Tabla 23. Estadísticos descriptivos con respecto a los aceites y grasas.....	78
Tabla 24. Resultados descriptivos con respecto a los aceites y grasas	79
Tabla 25. Resumen de procesamiento de casos con respecto a los detergentes	81
Tabla 26. Estadísticos descriptivos con respecto a los detergentes.....	82
Tabla 27. Resultados descriptivos con respecto a los detergentes.....	83
Tabla 28. Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis general.....	90
Tabla 29. Correlación de pruebas emparejadas con respecto a la hipótesis general.....	90
Tabla 30. Estadísticas de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis general.....	91
Tabla 31. Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis general.....	92
Tabla 32. Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis específica 1	94
Tabla 33. Estadística de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 1	95
Tabla 34. Correlaciones de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 1	95
Tabla 35. Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 1	96
Tabla 36. Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis específica 2	98
Tabla 37. Estadísticas de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 2	99
Tabla 38. Correlaciones de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 2	99

Tabla 39. Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 2	100
Tabla 40. Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis específica 3	102
Tabla 41. Estadísticas de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 3	103
Tabla 42. Correlaciones de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 3	103
Tabla 43. Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 3	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biofiltro de flujo superficial o libre.....	44
Figura 2. Elementos de un biofiltro subsuperficial de flujo horizontal	33
Figura 3. Elementos de un biofiltro subsuperficial de flujo vertical	34
Figura 4. "Papiro enano" (Cyperus haspan).....	40
Figura 5. Biofiltro subsuperficial de flujo vertical	44
Figura 6. Perfil de los biofiltros subsuperficiales de flujo vertical	54
Figura 7. Esquema de biofiltros subsuperficiales de flujo vertical.....	59
Figura 8. Ubicación del servicentro Very Wash	62
Figura 9. Caja de biofiltro 1 con respecto a los contaminantes de agua residual	72
Figura 10. Caja de biofiltro 2 con respecto a los contaminantes de agua residual	73
Figura 11. Caja de biofiltro 1 con respecto a los sólidos suspendidos totales	76
Figura 12. Caja de biofiltro 2 con respecto a los sólidos suspendidos totales ...	77
Figura 13. Caja de biofiltro 1 con respecto a los aceites y grasas.....	80
Figura 14. Caja de biofiltro 2 con respecto a los aceites y grasas.....	81
Figura 15. Caja del biofiltro 1 y biofiltro 2 con respecto a los detergentes	84
Figura 16. Eficiencia del área de biofiltro 1 con respecto a los sólidos suspendidos totales	85
Figura 17. Eficiencia del área de biofiltro 1 con respecto a los aceites y grasas	85
Figura 18. Eficiencia del área de biofiltro 1 con respecto a los detergentes	86
Figura 19. Eficiencia del área de biofiltro 2 con respecto a los sólidos suspendidos totales	87
Figura 20. Eficiencia del área de biofiltro 2 con respecto a los aceites y grasas	87
Figura 21. Eficiencia del área de biofiltro 2 con respecto a los detergentes	886

RESUMEN

En la presente investigación se aborda el tema de la remoción de contaminantes de las aguas residuales por la influencia del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash en el distrito de San Juan de Lurigancho.

El objetivo principal de la investigación fue determinar en qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los contaminantes de aguas residuales del servicentro Very Wash. Es importante tratar las aguas residuales de servicentro debido a que contienen grandes cantidades de sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, y detergentes, los cuales son componentes altamente dañinos para la flora y fauna marina.

El método utilizado fue el experimental, debido a que se realizaron ensayos y experimentos, complementados con la observación de evidencias verificadas en el servicentro Very Wash. Metodológicamente, se contemplaron tres etapas: la primera consistió en el diseño y construcción de los biofiltros, construyéndose dos biofiltros en forma de paralelepípedo, del tipo subsuperficial de flujo vertical, que permitieron experimentar diferentes mecanismos de remoción; ambos tuvieron como lecho filtrante piedra de canto rodado, grava media y arena gruesa; las plantas empleadas fueron “papiro enano” (*Cyperus haspan*), para una evaluación de depuración de las aguas residuales del servicentro. La segunda etapa fue la operación de los biofiltros, realizándose la caracterización de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales, teniendo como contaminantes a los sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, y detergentes. La tercera etapa consistió en el ensayo experimental, realizándose 4 muestreos para cada dispositivo, con frecuencia semanal. Como resultado, se obtuvo que el primer biofiltro tuvo una remoción del 99.63 % para los sólidos suspendidos totales, 99.7 % para aceites y grasas y 99.99 % para detergentes; mientras que el segundo biofiltro de 99.41 % para sólidos suspendidos totales, 99.75 % para aceites y grasas y 99.99 % para detergentes. Se concluye que el área del biofiltro no influyó en la remoción de contaminantes de las aguas residuales del servicentro; si bien ambos biofiltros poseen una alta capacidad de remoción de contaminantes, esto se debió a la intervención de

otros componentes de los biofiltros como las plantas acuáticas y trampa de grasas.

Palabras claves: Biofiltro, aguas de servicentro, “papiro enano”.

ABSTRACT

This research addresses the issue of reducing wastewater pollutants through the vertical flow underground biofilter area at the Very Wash service center in the San Juan de Lurigancho district.

The main objective of the research was to determine the extent to which the vertical flow underground biofilter area reduces pollutants from the wastewater from the Very Wash service center. It is important to treat the servicenter wastewater because it contains large amounts of total suspended solids, oils and grease, and detergents, which are highly harmful to marine flora and fauna.

The method used was empirical because tests and experiments were carried out, complemented with the observation of evidence verified at the Very Wash servicenter. Methodologically, for which three stages were contemplated, the first consisted of the design and construction of the biofilters, where two biofilters were built in the shape of a parallelepiped, both of the subsurface type with vertical flow, which allowed experimenting with different purification mechanisms. Both had as a filter bed, boulders, medium gravel and coarse sand. The templates used were "dwarf papyrus" (*Cyperus haspan*), for greater efficiency and purification of wastewater. The second stage was the operation of the biofilter activity, here the characterization of the physicochemical parameters of the wastewater was carried out, taking as contaminants the total of suspended solids, oils and fats and detergents. The third stage consisted of the experimental test, where it was carried out by means of 4 samplings with weekly frequency. As a result, it was obtained that the first biofilter had a reduction of 99.63 % for total suspended solids, 99.7 % for oils and greases and 99.99 % for detergents; while the second biofilter had a reduction of 99.41 %, 99.75 % and 99.99 % respectively. It is concluded that the area of the biofilter did not influence the reduction of pollutants in the wastewater from the service center; although both biofilters have a high pollutant reduction capacity, this was due to the intervention of other components of the biofilters such as aquatic plants and grease traps.

Keywords: Biofilter, servicenter wastewater, "dwarf papyrus".

INTRODUCCIÓN

En el Perú existe una gran cantidad de servicentros, tanto formales como informales; los cuales, no cuentan con un tratamiento previo de las aguas residuales generadas, ocasionando un problema ambiental en las fuentes receptoras por contaminantes formados sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, y detergentes.

En el tema de investigación, se propuso remover contaminantes de aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, en el distrito de San Juan de Lurigancho. Las aguas residuales de servicentro contienen fundamentalmente sólidos totales suspendidos (SST), detergentes, aceites y grasas (AyG), los que fueron tratados antes de ser descargados a la red de alcantarillado. Para lo cual se diseñó y construyó dos biofiltros de tipo subsuperficial de flujo vertical de áreas diferentes; en las mediciones, el agua residual fue alimentado simultáneamente a los mencionados dispositivos con un área específica cada uno, por capa de lecho filtrante; después se determinó la concentración de los parámetros fisicoquímicos a la salida y así removerlos hasta alcanzar los niveles de concentración establecidos en la norma.

Finalmente, se determinó la influencia del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en la remoción de contaminantes de las aguas residuales del servicentro Very Wash.

La investigación es de tipo explicativa; para lo cual se trabajó manteniendo un flujo estable de agua residual con bajísimo caudal a fin de aumentar el tiempo de retención.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El servicio del lavado de vehículos en servicentros ha crecido en los últimos 10 años en Latinoamérica, producto del volumen de vehículos que transitan en las grandes capitales, cuya tendencia seguirá en aumento, lo que ha generado una gran demanda para este tipo de servicio alrededor del mundo. (cambiar)

En Latinoamérica, el lavado de vehículos en servicentros puede tener un elevado impacto ambiental negativo. Además de un consumo importante de agua, es responsable de una contaminación difusa por vertido directo de contaminantes (aceites y grasas, sólidos totales suspendidos y detergentes) a través de la red de alcantarillado o en el medio natural.

En Ecuador, hay más de 120 mil vehículos matriculados y según las últimas regulaciones gubernamentales sólo se permiten lavar estos vehículos en lugares autorizados; sin embargo, dichos espacios no cumplen con regulaciones de consumo de agua o manejo de sedimentos propios de la actividad, incluso los lavaderos de autos son uno de los negocios que más gastan agua. De acuerdo a la cantidad de consumo de agua potable utilizado se genera un flujo de agua residual de dimensiones similares, por las pérdidas de al menos 10 litros en coches y 25-30 litros en camiones, por evaporación y arrastre por los vehículos lavados, lo que conlleva a elevar los niveles de contaminantes de las aguas residuales de servicentros.

En nuestro país, han aparecido diversas empresas de este tipo; ubicados en diferentes lugares de Lima Metropolitana, surgiendo como consecuencia la falta de responsabilidad al eliminar o reducir los niveles de contaminantes de las aguas residuales que son generados; donde las fuentes de agua de lavado no registran información en documentos formales, sobre los insumos que usan para su actividad.

En el distrito de San Juan de Lurigancho, existen servicentros de lavado de vehículos, en las principales avenidas, tanto formales como informales; en la que, en su mayoría, no cuenta con un sistema de desfogue de sus aguas,

ocasionando la generación de contaminantes como sólidos en suspensión, aceites y grasas, y detergentes, que van hacia la red de alcantarillado sin tratamiento, afectándolas y ocasionando un impacto ambiental negativo.

Los contaminantes de aguas residuales producidos por el lavado de vehículos debido a los vertimientos ilegales y sin el tratamiento previo, vienen generando un problema ambiental a las fuentes receptoras.

Los productos químicos empleados para el lavado de los vehículos contienen componentes tensoactivos, surfactantes, fosfatos, teniendo como función disolver a los aceites y grasas que están adheridos en la unidad vehicular.

En el caso que este problema persista, el ambiente se seguirá degradando y perjudicando la calidad del agua del cuerpo receptor que en su mayoría van al mar y afectar a muchas especies marinas generando un desequilibrio en su cadena alimenticia.

El presente estudio pretende aportar, contribuir a mitigar la problemática medioambiental, así como proponer el desarrollo de tecnologías propias al país.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los contaminantes de aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020?

1.2.2. Problemas específicos

¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020?

¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los aceites y grasas de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020?

¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los detergentes de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar en qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los contaminantes de aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida se remueven los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

- Determinar en qué medida se remueven los aceites y grasas de las aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

- Determinar en qué medida se remueven los detergentes de las aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Limitante teórica

La investigación se llevó a cabo en un centro de servicios para el lavado de autos, camionetas, entre otros vehículos; ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, en donde se puede evidenciar que no se cuentan con antecedentes que se hayan desarrollado en este sector, donde se vincule el uso y tratamiento de aguas residuales para desarrollar este tipo de investigación; esto conlleva a que no se tenga mucha información que sirva como antecedente, sobre estos aspectos, para planificar un plan de gestión, por ejemplo.

1.4.2. Limitante temporal

Si bien la investigación se realizó en un establecimiento donde se contó con el permiso de los propietarios, recolectar la información requerida, que fueron considerados para la realización del trabajo de investigación, fueron enmarcados dentro de un periodo de mediano plazo.

1.4.3. Limitante espacial

Si bien la parte experimental se realizó en el servicentro Very Wash, no

se pudo encontrar establecimientos que ofrezca el espacio requerido para la construcción de los biofiltros para el tratamiento de sus aguas residuales, por lo que se optó por realizar la construcción de los biofiltros en un lugar aledaño al servicentro.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

González (2015), en la tesis titulada “Remoción de contaminantes en humedales construidos de flujo vertical sembrados con *Heliconia psittacorum* y alimentados con diferentes frecuencias”, tuvo como propósito evaluar la remoción de contaminantes de aguas residuales domésticas de la Universidad Tecnológica de Pereira, en humedales construidos de flujo vertical sembrados con *Heliconia psittacorum* y grava como medio filtrante, frente a diferentes frecuencias de alimentación. El diseño se llevó a cabo en tanques de polipropileno, teniendo en sus dimensiones 0.95 m de ancho, 0.80 m de alto y 1.15 m de largo, utilizando como medio filtrante grava y sembrados con *Heliconia psittacorum*, contando el humedal 5 con una frecuencia de 10 pulsos/día y el humedal 7 con 10 pulsos/día, mientras que los humedales 6 y 8 no contaron con plantas, teniendo como frecuencia de alimentación de 20 y 10 pulsos/día respectivamente; se evaluaron dos factores: la frecuencia de alimentación y las plantas. Los humedales fueron alimentados con agua residual doméstica, realizándole un tratamiento primario (sedimentación) y luego se bombeó desde el tanque de alimentación hacia los humedales, el agua fue suministrada de forma intermitente mediante pulsos, utilizando un temporizador eléctrico y un sistema de bombeo. En cuanto a sus resultados, se obtuvo que la DBO₅ en los humedales 5 (51%) y 6 (57%) a razón de 20 pulsos/día tuvieron mayor porcentaje de remoción que los humedales 7 (44%) y 8 (45%) a razón de 10 pulsos/día; en la remoción de nitrógeno total, el Humedal 5 (25%)-20P tuvo menor remoción en el efluente que el humedal 6 (28%)-20P. Del mismo modo, el Humedal 7 (27%)-10P, en su carga de nitrógeno total, fue mayor que la del Humedal 8 (22%)-10P; en los sólidos suspendidos totales, se percibe con claridad que los humedales mostraron deficiencia en su remoción, esto posiblemente a su poca capacidad de retener la biomasa que se producía por las plantas, obteniendo que el humedal 7 (-26%) -10P, a pesar que no presentó una mayor remoción, fue el que tuvo una menor eficiencia de remoción negativa con respecto a los otros

humedales. Por lo que se concluye que todos los humedales presentaron baja capacidad de remover SST; esto se debió posiblemente a que el agua residual pasaba muy poco tiempo en el medio filtrante, y al presentar una conductividad hidráulica alta, arrastraba la biomasa, la biopelícula y todos los desechos que se generan normalmente en un humedal, por medio de sus procesos físicos, y biológicos tales como sedimentación, biodegradación. El tamaño de partícula del medio filtrante utilizado es muy grande y no permite una suficiente retención de sólidos. A su vez, por medio del análisis estadístico no paramétrico Kruskal Wallis, se encontró que los humedales no presentaron diferencias significativas, pudiendo ser viable cualquier sistema para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Almendro y Meléndez (2016), en la tesis titulada “Diseño y puesta en funcionamiento de un humedal artificial a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas contaminadas”, tuvo como propósito el diseño y construcción de humedales artificiales a escala de laboratorio, que permitieron evaluar su capacidad para el tratamiento de aguas con cargas contaminantes orgánicas y nutrientes similares a las del río Vinalopó; para lo cual, se construyeron dos sistemas de humedales, uno de tipo superficial y otro subsuperficial, que permitieron experimentar diferentes mecanismos de depuración. Tras un periodo de establecimiento, se realizó un control de su capacidad de depuración. Como resultado, se obtuvo que la concentración promedio de conductividad eléctrica en los depósitos del agua fue de 802 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la concentración de amonio en el humedal subsuperficial se redujo en un 98 % mientras que en el humedal superficial disminuyó hasta en 95 %, con respecto a la concentración de nitratos en ambos humedales, se redujo hasta en un 95 %, mientras que la concentración de fosfatos en ambos humedales, se redujeron hasta en 87 %. Se concluye que, de acuerdo con los datos de los análisis efectuados se ha demostrado que los humedales a escala de laboratorio tienen una alta capacidad de eliminación o asimilación de nutrientes causantes de la contaminación de las aguas.

Patiño y Zhinín (2015), en la tesis “Estudio comparativo de la capacidad depuradora de *Phragmites australis* y *Cyperus papyrus* en humedales artificiales

subsuperficiales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en el cantón Santa Isabel”, tuvo como propósito realizar un estudio comparativo de la capacidad depuradora de contaminantes utilizando dos especies de plantas en humedales artificiales subsuperficiales con flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales domésticas; las especies utilizadas fueron “carrizo” (*Phragmites Australis*) y “papiro” (*Cyperus Papyrus*). Para este fin se tomó un caudal de la tercera laguna de la planta de tratamiento de aguas residuales El Guabo del cantón Santa Isabel, y se aplicó a dos unidades a escala piloto con flujo continuo. Para analizar el porcentaje de remoción a través de parámetros físicos, químicos y biológicos se tomó muestras en el ingreso y a la salida en cada una de las unidades experimentales. Los resultados obtenidos en los ensayos de experimentación con las dos especies indican que el “papiro” presenta una mayor capacidad de remoción de contaminantes como demanda bioquímica de oxígeno (91,16%), demanda química de oxígeno (83,08%), nitrógeno amoniacal (88,61%), nitratos (96,69%), fósforo (63,97%), coliformes totales (99,57%) y fecales (99,92%); en el caso del “carrizo”, retiene mayor cantidad de sólidos (88,53%). Por lo tanto, se concluye que la especie con mayor eficiencia fue el “papiro”.

Sánchez y Sarango (2016), en la tesis “Diseño y construcción de dos biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora Río Manso EXA S.A. “Planta la Comuna”, Quinind, tuvieron como objetivo la construcción de dos biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* utilizando arena, gravilla, grava y piedra pómez como lecho de soporte para tratar aguas residuales provenientes de la extractora Río Manso. Se realizó la caracterización inicial física, química y microbiológica del agua; se realizaron análisis en cada semana de tratamiento para determinar las concentraciones y porcentajes de remoción en ambos tratamientos para parámetros como: Demanda química de oxígeno DQO, demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, aceites y grasas, sólidos totales, sólidos suspendidos, nitrógeno total, hierro, fósforo total; tomando en cuenta que estos son los parámetros con los que la empresa tiene problemas en su tratamiento. Metodológicamente, cada uno de los biofiltros se conformó por

un tanque de almacenamiento que permite el ingreso del agua hacia el biofiltro, un tanque de recolección y dos tubos de PVC perforados para facilitar la aireación. La operación se inició con un tiempo de retención de 28.5 horas. Se realizó un ajuste de pH en el agua para la adaptación de las plantas. Se realizó la limpieza de los biofiltros una vez terminado el tratamiento; además se recolectaron las especies vegetales para darle un potencial uso posterior como materia prima para la elaboración de compostaje. Se calcularon los porcentajes de degradación usando *Eichhornia crassipes* para DQO 89,24 %, DBO₅ 91,96 %, aceites y grasas 91,58 %, sólidos totales 95,87 %, sólidos suspendidos 96,72 %, fosforo total 96,34 %, hierro 89,30 %, nitrógeno total 95,68 %. *Lemna minor* para DQO 72,57 %, DBO₅ 73,36 %, aceites y grasas 92,33 %, sólidos totales 75,21 %. Se aplicó la prueba t - Student para determinar si existen diferencias significativas entre los porcentajes de degradación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*. Se concluye que no existen diferencias significativas en los parámetros analizados. Se recomienda probar otras especies vegetales para determinar su eficiencia de remoción de estos contaminantes.

León y Zuluaga (2020), en la tesis “Diagnóstico y optimización del biofiltro con *Cyperus papyrus* para tratar la *Escherichia coli* presente en el lago de los flamencos del parque Jaime Duque del municipio de Tocancipá”, tuvo como objetivo formular una propuesta de optimización del biofiltro de *Cyperus papyrus* para reducir la *Escherichia coli* presente en el lago de los flamencos en el parque Jaime Duque municipio de Tocancipá. A partir de una caracterización inicial, se lograron evidenciar contaminantes en el cuerpo hídrico, de esta manera se realizó una evaluación para la selección de las especies de plantas óptimas para el desarrollo del proyecto, plantas tales como “Buchón” (*Eichhornia crassipes*), “Enea” (*Typha latifolia*) y “Junco” (*Juncus effusus*), las cuales son eficientes en la remoción de los contaminantes estudiados. Al seleccionar las diferentes especies de plantas, fue posible simular el cuerpo de agua a escala de laboratorio por medio de la instalación de prototipos piloto, mediante las cuales se estudió la eficiencia de remoción de cada una de las especies vegetales durante ocho semanas. Durante el seguimiento de las plantas piloto, se evidenció el comportamiento de cada uno de los contaminantes, donde los

resultados obtenidos en la caracterización final permitieron establecer que la especie óptima para el tratamiento del cuerpo hídrico del lago Los Flamencos corresponde a la “Enea” (*Typha latifolia*), evidenciando la efectividad de las técnicas de fitorremediación, las cuales son una alternativa para el tratamiento de cuerpos hídricos. Se concluye que en esta propuesta se establecieron los cambios necesarios que se deben implementar en el sistema de biofiltro 10 actual y en el lago de los flamencos y kayaks del Parque Jaime Duque, con el fin de mejorar la calidad del cuerpo hídrico destinado a fines recreativos.

2.1.2. Nacionales

Loro (2018), en la tesis titulada “Evaluación de la eficiencia del tratamiento secundario de aguas residuales domésticas utilizando un biofiltro con *Eisenia foetida* y un biofiltro convencional”, tuvo como propósito determinar la eficiencia del biofiltro con la especie *Eisenia foetida* y el biofiltro convencional para la remoción de los parámetros turbiedad, sólidos suspendidos totales (SST), aceites & grasas, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes, como alternativas para el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas con fines de riego de vegetales de acuerdo a la Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto, Categoría 3 determinados en el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Metodológicamente, el biofiltro con la especie *Eisenia foetida* se empacó con cinco capas; la primera capa de estiércol de vacuno, la comunidad de *Eisenia foetida*, la comunidad microbiana y el aserrín; la segunda capa es una malla divisoria (malla Rachel), la tercera capa conformada por arena gruesa, la cuarta capa conformada por agregados de 10 -16 mm y la quinta capa conformada por agregados ≥ 20 mm. El biofiltro convencional se empacó con tres capas: la primera capa conformada por arena gruesa, la segunda capa conformada por agregados de 10 -16 mm y la tercera capa conformada por agregados ≥ 20 mm. Ambos biofiltros se alimentaron, mediante flujo continuo, con aguas residuales domésticas después del tratamiento primario en un Reactor Anaerobio de flujo ascendente (UASB), proporcionado por el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los afluentes y efluentes se evaluaron con métodos convencionales

de calidad del agua durante 4 semanas. El biofiltro con la especie *Eisenia foetida* fue eficiente en la remoción de los parámetros de calidad de agua en la siguiente proporción: 80,36 - 89% turbiedad, 40% SST, 45,95 – 89,69% aceites & grasas, 65 - 88,57 % DBO₅ y 99,97 - 99,99% coliformes termotolerantes. Mientras que, en el biofiltro convencional se registra que la eficiencia de los parámetros de calidad de agua es de: 95 - 99% turbiedad, 54,27 - 75% SST, 88,11 – 89,69% aceites & grasas, 94,17 - 95,83% DBO₅ y 99,99% coliformes termotolerantes. Por lo cual, se concluye que el biofiltro con la especie *Eisenia foetida* es menos eficiente en la remoción de los parámetros de calidad de agua (turbiedad, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, DBO₅ y coliformes termotolerantes) respecto al biofiltro convencional.

Jhan (2017), en la tesis titulada “Tratamiento de aguas grises domésticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L en el año 2017”, tuvo como propósito evaluar los resultados de la aplicación del sistema de biofiltros con respecto al tratamiento de las aguas grises domésticas en la urbanización José Carlos Mariátegui en San Juan de Lurigancho en el año 2017. Metodológicamente, el sistema implementado tiene tres etapas, iniciando con el pretratamiento que está diseñado para la remoción de sólidos gruesos a través de dos tipos de malla, continuando con el tratamiento primario (tanque de sedimentación) que está elaborado para la retención de sólidos en suspensión y aceites y grasas; para finalizar con el sistema, se tiene el tratamiento secundario (biofiltros). Asimismo, en este estudio se tuvo más énfasis en el tratamiento secundario teniendo dos tipos de biofiltros, ambos con el mismo sustrato, a diferencia de la incorporación de microorganismos eficientes en el primer biofiltro. Los resultados obtenidos en el tratamiento son óptimos para la reutilización del agua, ya que en los diferentes parámetros físicos y químicos se obtuvieron buenos resultados; siendo más eficiente en la remoción de sólidos en suspensión, aceites y grasas, turbidez, DBO₅, DQO y la regulación del pH. Asimismo, se obtuvo una remoción baja en los parámetros de fosfatos y nitratos. Concluyendo que el sistema de biofiltro es eficiente para el tratamiento de las aguas grises domésticas y accesible para su implementación.

Torres (2017), en la tesis titulada “Humedal artificial con la especie *Typha*

dominguensis para el tratamiento de aguas domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017”, tuvo como propósito evaluar el humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* en el tratamiento de aguas grises domésticas; para lograr dicho objetivo se construyó y comparó dos humedales artificiales de tipo subsuperficial de flujo vertical utilizando 3 tipos de sustrato (arena fina, arena gruesa y confitillo), además de la especie *Typha dominguensis* que fue extraída de los pantanos de Ventanilla; ambos humedales tienen las mismas dimensiones, sustratos iguales, las cuales fueron puestas en capas de 10 cm de alto a excepción que uno presenta la especie *Typha dominguensis* conocido comúnmente como “totora” (tratamiento 1) y el otro humedal sólo contiene sustrato, éste se utilizó como testigo (tratamiento 2). Las dimensiones para la construcción de los humedales fueron 100 cm de largo, 50 cm de ancho y 40 cm de alto; a su vez, se construyeron dos unidades experimentales que tienen las mismas características de cada tratamiento. Las aguas para el tratamiento con los humedales artificiales son tomadas de las conexiones de las redes de alcantarillado de la vivienda ubicada en el AA.HH. San Benito, ubicado en Carabayllo – Lima; de ello se determinó el grado de remoción de los contaminantes fisicoquímicos presentes en las aguas grises domésticas. El monitoreo de los parámetros de tratamiento de aguas se realizó bajo el protocolo de monitoreo difundido por el ministerio de vivienda y construcción D.S 003 – 2010. Los resultados obtenidos de cada parámetro fueron (DBO₅ 99,92%, DQO 99,80%, SST 99,62%, turbiedad 99,45%, pH 18,13% que es igual a 7,45 y fosforo total 99,98%), concluyendo que los humedales artificiales con la especie *Typha dominguensis* influyen adecuadamente en el tratamiento de aguas grises domésticas y con ello se podría reutilizar el agua tratada como agua de riego de categoría 3 según los Estándares de Calidad Ambiental y la normativa internacional FAO (organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura).

Quispe (2018), en la tesis “Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Carapongo, Lurigancho-Chosica”, tuvo como propósito evaluar la eficiencia entre dos sistemas pilotos de biofiltros para el tratamiento de las aguas

residuales mediante el análisis de los parámetros fisicoquímico y microbiológico con la finalidad de brindar un aporte en el tratamiento y reaprovechamiento del agua residual para fines de riego de cultivos en Carapongo y mitigar la contaminación en los canales de regadío y como consiguiente en el río Rímac, en beneficio de los habitantes y el ambiente. Se empleó el método experimental de muestreo no probabilístico y de diseño experimental; para su evaluación se implementaron dos biofiltros, el primer sistema de biofiltro (SB1) conformado por un canal de desbaste, tanque séptico, humedal subsuperficial de flujo vertical (HSSFV) y humedal superficial (HS), y el segundo sistema de biofiltro (SB2) conformado por un canal de desbaste, tanque séptico, lombrifiltro y humedal superficial, empleando como vegetación a las especies *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* en el HSSFV, *Eichhornia crassipes* en el HS y *Eisenia foetida* en el lombrifiltro. Los resultados obtenidos de los parámetros Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), nitrato (NO⁻³), nitrito (NO⁻²), fosfatos (PO₄⁻³) y Coliformes Termotolerantes (CT) fueron registrados por un periodo de 5 semanas (Mayo - Julio del 2016); se analizaron 25 muestras en total de los puntos de muestreo M1, M2, M3, M4 y M5 llegando a las siguientes conclusiones, el SB1 fue más eficiente en la remoción de SST, DBO₅ y CT con valores de 95.71%, 91.55% y 99.87%, respectivamente; en tanto, el SB2 presentó valores de 90.33%, 91.23% y 97.28%, respectivamente. Por otro lado, el SB2 presentó una mayor remoción de PO₄⁻³ con un valor de 94.5% frente al 92.23% en el SB1. Respecto al cumplimiento de los estándares de calidad ambiental, todos los parámetros con excepción de PO₄⁻³ y coliformes totales del efluente del SB1 y SB2 cumplen con la normatividad. Se concluye que, en función de los resultados de eficiencia obtenidos, se propone el diseño del biofiltro SB1, considerando una población servida de 100 habitantes con una dotación de agua aproximadamente de 45 l/hab. día.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas Residuales

Según OEFA (2014), las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que

por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. Se las clasifica según su origen:

2.2.2. Aguas Residuales Domésticas.

Son aquellas aguas de origen residencial las cuales contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente. (OEFA, 2014)

2.2.3. Aguas Residuales No Domésticas.

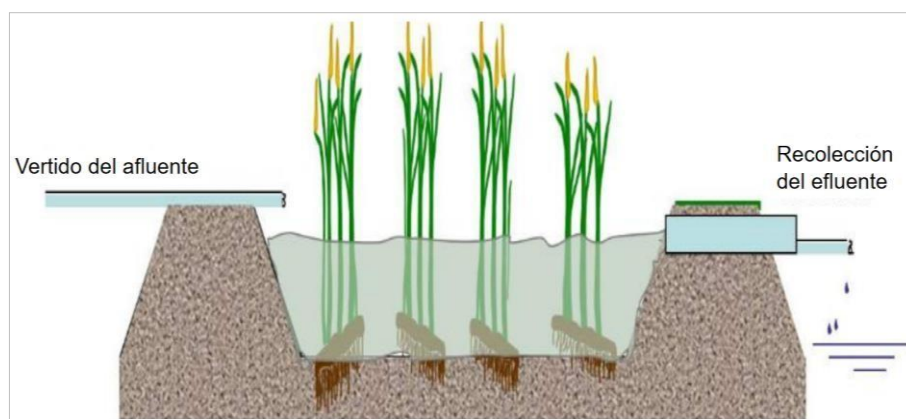
Son aquellas aguas producidas por alguna actividad económica comercial e industrial, distinta a la generada por los usuarios domésticos, quienes descargan aguas residuales domésticas como producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y desechos fisiológicos. (Ministerio de Vivienda, 2019)

2.2.4. Biofiltro de Flujo Superficial o Libre

Barceló (2008), afirma que, en los dispositivos de flujo superficial o libre, las macrófitas se encuentran parcialmente sumergidos en el agua. La vegetación más utilizada es *Phragmites sp.*, *Typha sp.*, *Scirpus sp.* o *Carex sp.* Estos dispositivos son menos eficaces que los de flujo subsuperficial, porque no tienen medio de soporte (grava, arena) que participe en los mecanismos de depuración y, además, su funcionamiento se ve más afectado por las condiciones climáticas.

Figura 1

Biofiltro de flujo superficial o libre



Nota. La figura muestra un biofiltro de flujo superficial o libre (Miglio, 2016).

2.2.5. Biofiltro de Flujo Subsuperficial (BFS)

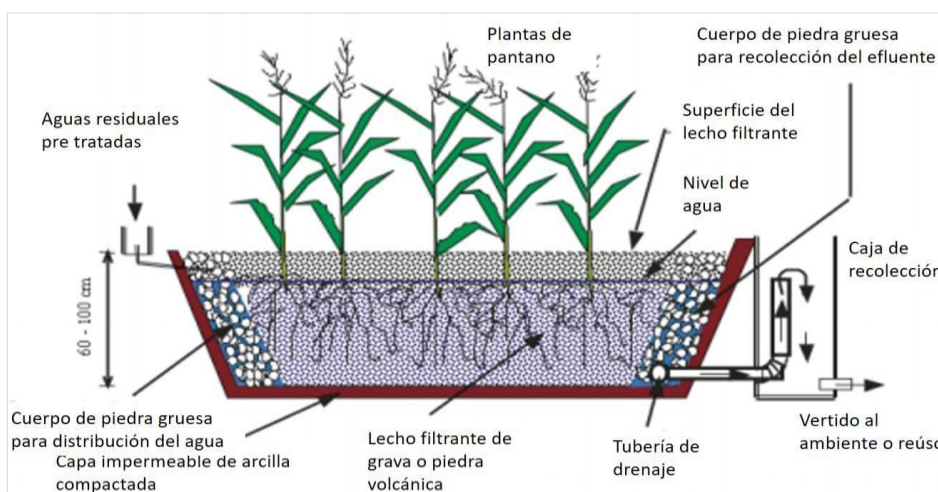
Stottmeister (2003), sostiene que, en los dispositivos de flujo subsuperficial el agua circula de manera subterránea a través de un medio poroso y de soporte (grava y/o arena). La vegetación se planta en el medio a razón de unas 4 unidades por m². Normalmente el material empleado es grava. También se utiliza arena cuando el dispositivo trabaja como tratamiento terciario. Adherida al medio de soporte y a las raíces y rizomas de las plantas se forma una biopelícula, que tiene un papel fundamental en los procesos de descontaminación. Así mismo, los biofiltros de flujo subsuperficial se dividen en dos tipos:

2.2.5.1. Biofiltro Subsuperficial de Flujo Horizontal (BSSFH)

Es un dispositivo lleno de grava y arena que es plantado con vegetación de humedal. Conforme las aguas residuales circulan horizontalmente a través del sustrato de manera continua, el material de relleno filtra las partículas y los microorganismos degradan los orgánicos. Sin embargo, su uso sigue relativamente limitado. De acuerdo con varios especialistas, existe la necesidad de ampliar el uso este tipo de tecnologías para frenar la degradación y contaminación de cuerpos de agua y ecosistemas acuáticos (Hermosillo, 2011).

Figura 2

Elementos de un biofiltro subsuperficial de flujo horizontal



Nota. La figura muestra los elementos que conforman un biofiltro subsuperficial de flujo horizontal (Centro agua, 2017).

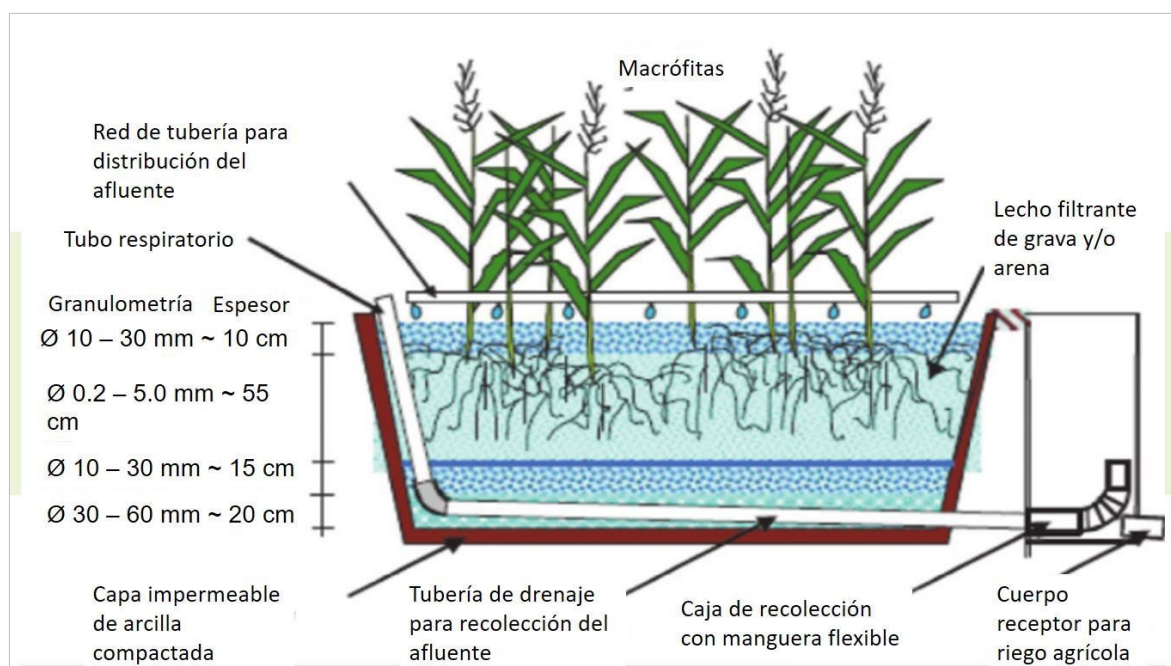
2.2.5.2. Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical (BSSFV)

Stottmeister (2003), sostiene que, son dispositivos que operan a flujo vertical, en donde la alimentación de agua residual se realiza de manera intermitente a través de unas tuberías que se sitúan encima del lecho de grava y/o arena. El agua fluye a través del medio poroso experimentando un tratamiento físico (filtración), químico (oxidación) y biológico (biomasa fijada sobre soporte fino) y se recogerá en una red de drenaje situada en el fondo del lecho.

Los BSSFV tienen una mayor capacidad de tratamiento que los de flujo horizontales (requieren de menor superficie para tratar una determinada carga orgánica). Por otra parte, son más susceptibles a la colmatación. (García y Corzo, 2008).

Figura 3

Elementos de un biofiltro subsuperficial de flujo vertical



Nota. La figura muestra los elementos que conforman un biofiltro subsuperficial de flujo vertical (Centro agua, 2017).

2.2.6. Comparación entre los Biofiltros Subsuperficiales de Flujo Vertical y Horizontal

Tabla 1

Ventajas y desventajas entre los biofiltros de flujo vertical y flujo horizontal

Biofiltros Subsuperficiales de Flujo Vertical		Biofiltros Subsuperficiales de Flujo Horizontal	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Alta reducción de DBO₅, sólidos suspendidos y patógenos. • Capacidad de nitrificación debido a la transferencia de oxígeno adecuado. • No tiene los problemas de mosquitos que existen en el humedal artificial de flujo superficial o libre. • Menos obstrucciones que el humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial. • Requiere menos espacio que el humedal artificial de flujo superficial libre. • Bajos costos de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere experiencia en diseño y construcción, sobre todo para el sistema de dosificación. • Requiere un mantenimiento más frecuente que un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial. • Periodo inicial largo antes de trabajar a capacidad plena. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta reducción de DBO, sólidos suspendidos y patógenos. • No tiene los problemas de mosquitos que existen en el humedal artificial de flujo superficial o libre. • No requiere energía eléctrica. • Bajos costos de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un terreno grande. • Poca remoción de nutrientes. • Riesgo de obstrucciones, dependiendo del pretratamiento y el tratamiento primario. • Periodo inicial largo antes de trabajar a capacidad plena. • Requiere experiencia en diseño y construcción.

Nota. La presente tabla muestra las ventajas y desventajas de optar por el modelo de biofiltro que será empleado para tratar las aguas residuales de servicentro.

2.2.7. Condiciones Ambientales en los Biofiltros

Para la existencia de un adecuado proceso de depuración de aguas residuales en los humedales artificiales es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Incidencia de luz: Es una de las principales condiciones para el funcionamiento adecuado de los humedales artificiales (Luna & Aburto, 2014).

Es por ello que el humedal artificial siempre tiene que contar luz solar, y poca sombra para un adecuado funcionamiento (Heike & Winker, 2011).

- Temperatura: los humedales pueden trabajar en climas fríos hasta los 10 °C, como también en cálidos por encima de los 20 °C, llegando a los 37 °C; lo cual favorece el crecimiento de las plantas y por ende de los microorganismos (Heike & Winker, 2011).

- Humedad: Soportan una humedad alta de acuerdo con el lugar donde se encuentren (Heike & Winker, 2011).

2.2.8. Diseño de un Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical

Los dispositivos que operan a flujo subsuperficial se diseñan con el fin de proporcionar tratamiento primario o secundario, por lo que requieren condiciones en donde el flujo sea uniforme para alcanzar la eficiencia esperada. Esto se logra en dispositivos de tamaño pequeño a moderado (Pérez Reyes, Enciso Sáenz, Del prado, & Castañón, Gonzales, 2006).

El diseño está guiado por la metodología clásica recomendada por la Environmental Protection Agency (United States Environmental Protection Agency, 2000).

Para la construcción de los biofiltros subsuperficiales, se deberá determinar lo siguiente:

- a. El tipo de medio poroso que se va a tener en el dispositivo, por lo general este consta de grava, es así como se determina la altura del lecho.
- b. La porosidad del medio, este cumpliendo una porosidad de 0,40 (aproximadamente).

Tabla 2*Materiales para la construcción de biofiltros subsuperficiales*

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Conductividad hidráulica, ks (m³/mm²/d)	Porosidad, n %
Arena gruesa	2	100 - 1000	28 - 32
Arena gravosa	8	500 - 5000	30 - 35
Grava fina	16	1000 - 10000	35 - 38
Grava media	32	10000 - 50000	36 - 40
Roca gruesa	128	50000 - 250000	38 - 45

Nota. La presente tabla muestra los valores empleados para la construcción de los biofiltros de flujo subsuperficial según el tipo de material a emplear. (Lara, 1999).

Carga hidráulica:

En los humedales artificiales o biofiltros la carga hidráulica no suele ser un parámetro de diseño de crítica importancia, sin embargo, es un parámetro que resulta útil a la hora de establecer comparaciones entre los diferentes sistemas. (Sotero, 2005)

Tiempo de retención hidráulica:

Es el tiempo que una unidad de fluido permanece en un recipiente, es decir, el tiempo que el líquido que entra en un recipiente tarda en salir del mismo. Esto depende fundamentalmente de las características de las aguas residuales afluentes, el flujo de diseño, la geometría del sistema y, por supuesto del dispositivo aplicado. (Aguasresiduales.info, 2018)

Profundidad del humedal:

Los humedales se deben de diseñar con estructuras de salida que permitan variar la profundidad de agua en él. En los humedales de flujo subsuperficial, la profundidad de diseño está controlada por la profundidad de penetración de las raíces y rizomas de las plantas, ya que son las que suministran oxígeno a través de los sistemas raíz - rizoma. Sin embargo, se recomienda profundidades de 0.30 a 0.60 m. (Sotero, 2005)

Carga orgánica:

El tratamiento con un humedal artificial de flujo subsuperficial debe buscar que la capacidad de asimilación de éste siempre supere la carga orgánica que se aporta con el agua residual. Se debe considerar la carga de DBO₅ para diseñar la superficie del humedal. La carga orgánica no es uniforme, mientras que la entrada de oxígeno sí lo es en toda la superficie del humedal artificial. El aporte de oxígeno oscila entre 5 y 45 gr/m² x día para las plantas emergentes. (Sotero, 2005).

Se debe fijar el área superficial (As), el caudal promedio y el tiempo de retención hidráulica (TRH) con las ecuaciones 1, 2 y 3.

Área superficial (As):

$$As = L \times W \dots\dots (1)$$

Caudal (Q):

$$Q = \frac{V}{T} \dots\dots (2)$$

Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):

$$TRH = \frac{n \cdot As \cdot d}{Q} \dots\dots (3)$$

Donde:

As = área superficial (m²)

V = volumen del recipiente (m³)

T = tiempo (d)

TRH = tiempo de retención hidráulica (d)

n = porosidad del sustrato (%)

L = longitud (m)

W = ancho (m)

d = promedio de profundidad del humedal (m)

Q= caudal promedio (m³ /d)

2.2.9. Influencia de los Elementos del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical para la Remoción de Contaminantes de las Aguas Residuales

Lecho filtrante

Tiene un desempeño fundamental en la reducción y eliminación de sólidos, el lecho filtrante suministra el área en donde se establece una biopelícula bacteriana que actúa en la descomposición de elementos contaminantes. Es necesario mencionar su importante papel, en el soporte para la vegetación, generalmente se utiliza como lecho filtrante piedra, arena y grava los cuáles deben asegurar el adecuado funcionamiento de un biofiltro, para ello se debe realizar la correcta selección del material teniendo en cuenta aspectos importantes como son la granulometría, resistencia de los materiales frente al desgaste que provoca el agua residual que se desea tratar. (Visscher, 2006).

La granulometría hace referencia a las proporciones en las que se encuentran las diversas partículas del suelo, es decir, al contenido de grava y arena.

La Arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas, es un material compuesto de partículas cuyo tamaño va desde 0,063 hasta 2 milímetros. Generalmente el componente más común de la arena es sílice SiO_2 , aunque la composición puede variar dependiendo las condiciones propias de la roca.

La Grava al igual que la arena es de origen geológico, en donde por una serie de procesos climáticos las rocas se desintegran o descomponen en la naturaleza, también su origen es artificial cuando piedras como caliza, granito, basalto, dolomita y cuarzo pasan por un proceso de corte, éstas se encuentran en los lechos de los ríos y se caracterizan por tener un tamaño de 3 a 70 milímetros.

Planta acuática “papiro enano” (*Cyperus haspan*)

El “Papiro enano” es una planta de tamaño mediano, habita de forma silvestre en lugares húmedos y pantanosos. Es usada en el mundo como planta decorativa en los estanques naturales y artificiales, puede cultivarse además como planta de interiores. Su nombre científico es *Cyperus haspan*. A su vez, poseen tallos rígidos, tienen hojas cortas, se caracterizan por crecer a una altura

máxima de 0.60 metros y un crecimiento rápido de aproximadamente 3 meses. Son especies que a diferencia del *Cyperus papyrus*, puede prosperar en una exposición de sol directo o de semisombra y en un clima cálido y húmedo, sin embargo, no resisten las heladas (EcuRed, 2012).

Este tipo de planta actúa como soporte de microorganismos y crean en sus proximidades ambientes favorables para el desarrollo de éstos. Se caracterizan por recibir los nutrientes minerales desde el agua y favorecer la transferencia de oxígeno desde las hojas hasta las raíces, en este último, soportan mayor población microbiana que el medio filtrante. Además, las plantas sumergidas capturan el oxígeno, dióxido de carbono, y minerales del agua, sin embargo, al encontrarse sus partes fotosintéticas bajo el agua, provoca que su desarrollo no sea óptimo sobre todo cuando el agua presenta elevada turbiedad (Delgadillo, 2006).

Figura 4

“Papiro enano” (*Cyperus haspan*)



Nota. Se muestra un “papiro enano” en su etapa adulto, alcanzando los 60 cm de alto.

Microorganismos

Los microorganismos, gracias a su capacidad metabólica, llevan a cabo el tratamiento biológico, principalmente la degradación de contaminantes que se encuentran en el agua residual de forma aerobia; en la parte superior del biofiltro, en donde existe la presencia de oxígeno procedente de la atmósfera, mientras que en el medio filtrante o granular se desarrollan los microorganismos facultativos y anaerobios. Los microorganismos que principalmente se

encuentran en la película biológica son bacterias, hongos, levaduras y protozoarios. Los microorganismos cumplen la función de transformar sustancias ya sean orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas, en muchos casos estos compuestos son liberados a la atmósfera. (Romero y Colín, 2009).

2.2.10. La Biofiltración

Espinoza (2017), manifiesta que la biofiltración se usa para tratar efluentes líquidos; es un proceso de tratamiento combinado, biológico y físico, a la vez, de forma general, el efluente escurre a través de un lecho filtrante de forma lenta, lo que permite la colonización de microorganismos adaptados a los contaminantes presentes en el agua residual, así como la retención física de los mismos.

Cervantes (2010), afirma que los microorganismos forman una biopelícula que se transforma en el principal instrumento de depuración de los contaminantes de las aguas residuales. Una de las ventajas de utilizar la biofiltración sobre medio orgánico es su bajo costo de operación.

2.2.11. Mecanismos de Remoción de Contaminantes en los Biofiltros

Subsuperficiales de Flujo Vertical

En los biofiltros subsuperficiales de flujo vertical se desarrollan diferentes mecanismos de remoción de contaminantes del agua residual que a continuación se explican:

2.2.5.1. Proceso de Remoción Físico. Los biofiltros son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociados con material particulados. La sedimentación de los sólidos suspendidos totales se promueve por la baja velocidad de flujo, ya que este es con frecuencia laminar, a su vez las raíces de las plantas sirven como trampas para su sedimentación (Londoño Cardona & Marín Vanegas, 2009).

2.2.12. Parámetros Físicoquímicos del Agua Residual

Detergentes. Agua.org.mx (2007), indica que los detergentes son productos químicos sintéticos que se utilizan tanto para la limpieza doméstica como industrial y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales.

Sólidos suspendidos totales (SST). Hanna (s.f), indica que los SST

comprenden los sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos coloidales, cuyo tamaño de partícula no pase el filtro estándar de fibra de vidrio. La concentración de partículas se retiene en un medio filtrante de microfibra de vidrio, con un diámetro de poro de 1.5 micrómetros o su equivalente.

Aceites y grasas (AyG). Hanna (s.f), indica que son los materiales recuperados en la forma de una sustancia soluble en el solvente. El triclorofluoroetano es el solvente más recomendado; pero, por los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos, se incluyen también solventes alternativos.

2.2.13. Proceso de Desnitrificación.

La desnitrificación biológica es un proceso de dos etapas que requiere nitrificación en un ambiente aerobio seguido de desnitrificación en un ambiente anaerobio. En cualquier sistema que realice desnitrificación con nitrificación, se da la oxidación heterotrófica de la materia orgánica. Las bacterias aerobias utilizan oxígeno como aceptor final de electrones. La reacción aporta energía que es utilizada para producir más bacterias (Suarez & Jacome, 2007).

2.2.14. Proceso de Nitrificación.

La nitrificación es un proceso autotrófico; esto quiere decir que la energía necesaria para el crecimiento bacteriano se obtiene de la oxidación de compuestos de nitrógeno, principalmente del amoníaco. La oxidación del amonio es un proceso que se realiza en dos etapas. En la primera etapa, el amonio es convertido a nitrito; en la segunda éste es convertido a nitrato (Suarez & Jacome, 2007).

2.2.15. Proceso de Remoción Químico.

El proceso químico más importante de la remoción se da en los suelos del biofiltro debido a la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes (Londoño Cardona & Marin Vanegas, 2009).

2.2.16. Valores Máximos Admisibles de las Aguas Residuales al Sistema de Alcantarillado

Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un

tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2018).

Las aguas residuales no domésticas se basan en aquellas descargas de líquidos producidos por alguna actividad económica comercial e industrial, distinta a la generada por los usuarios domésticos, quienes descargan aguas residuales domésticas como producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de desechos fisiológicos. (Ministerio de Vivienda, 2019).

Tabla 1

Valores máximos admisibles para descargas al sistema de alcantarillado

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100
Detergentes	mg/l	SAAM	2,0

Nota. Los dos primeros parámetros fueron tomados en referencia del Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA, 2019) para descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, mientras que el último parámetro fue tomado en referencia a los Límites de descarga al sistema de alcantarillado y cauce de agua (Norma de Calidad Ambiental, Libro VI, Anexo 01, Ecuador, 2015)

2.3. Conceptual

2.3.1. Área de Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical (SFV)

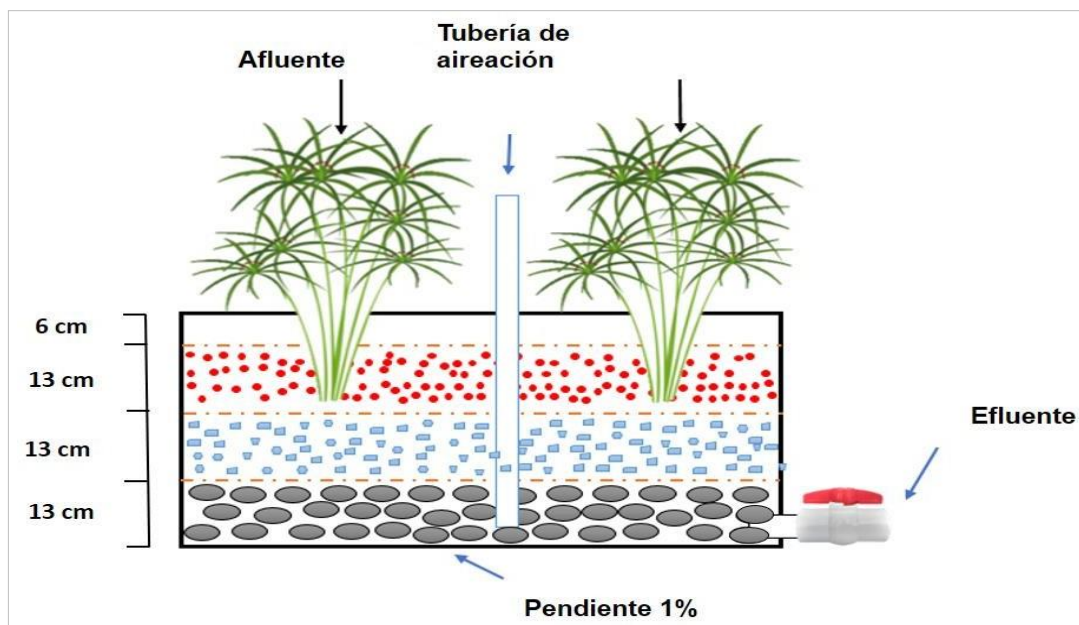
Herrera y Rey (2018), afirman que biofiltro es aquel dispositivo donde las aguas residuales, generalmente procedentes de un tanque séptico, se alimentan superficialmente. Las aguas se percolan verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas), y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal, que conecta con chimeneas de aireación. La alimentación al humedal se efectúa de forma intermitente, para preservar al máximo las condiciones aerobias. Los biofiltros SFV utilizan plantas acuáticas emergentes (“carrizo”, “papiro”, “achira”); son plantas acuáticas que se desarrollan en aguas poco profundas, arraigadas al subsuelo, que presentan una elevada

productividad y que toleran bien las condiciones de falta de oxígeno que se producen en suelos encharcados, al poseer canales o zonas de aireación, que facilitan el paso del oxígeno hasta las raíces.

A su vez, Marín y Osés (2013, pp.154), sostiene que es aquel dispositivo que consta de un lecho de piedra, grava y arena, finalmente una capa de materia orgánica o turba que sirve como soporte a la vegetación instalada para el desarrollo del proceso de descontaminación, manteniendo un área determinada por cada capa y que tiene como base la actividad bioquímica de microorganismos, el suministro de oxígeno a través de las plantas y así depurar los contaminantes de las aguas residuales.

Figura 5

Biofiltro subsuperficial de flujo vertical



Nota. En la figura se muestran las dimensiones y componentes de un biofiltro subsuperficial (piedra de canto rodado, grava media, y arena gruesa) así como también cuenta con plantas acuáticas (“papiro enano”), una tubería de aireación y una válvula para la salida del agua tratada.

Por su parte, Sánchez y Sarango (2016), afirma que, son sistemas que simulan a los humedales naturales en los cuales el agua se depura de manera espontánea, caracterizados por tener una pequeña profundidad y son rellenos con materiales porosos como lecho filtrante; sirviendo de soporte a las plantas que pueden encontrarse de forma fija o de forma flotante.

2.3.2. Contaminantes de Aguas Residuales

Calderón (2019), afirma que los contaminantes son aquellos parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los valores máximos admisibles de la normativa legal vigente y que se encuentran en un medio que puede causar efectos adversos para la salud o el ambiente. A su vez, el Ministerio de Vivienda (2019), afirma que los contaminantes de las aguas residuales son las concentraciones de los parámetros contenidos en las descargas de las aguas residuales no domésticas a descargar en los sistemas de alcantarillado sanitario y que puede influenciar negativamente en los procesos de tratamiento de las aguas residuales, al exceder dichos valores.

Por su parte, Ibáñez (2012), sostiene que los contaminantes del agua residual se deben a la acción o al efecto de introducir algún material o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad.

2.4. Definición Términos Básicos

Biopelícula Bacteriana

Se define como una colonia estructurada de células bacterianas, en donde las bacterias pueden adherirse a células y tejidos, así como a superficies sólidas (como los suelos o el equipamiento de explotaciones, mataderos o plantas de procesado, por ejemplo). (Cresa, 2013)

Calidad de Agua

Chang (s.f.), considera que, la calidad del agua hace referencia a los atributos que esta presenta, de tal modo, que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. Incluye todos aquellos factores que influyen en el uso beneficioso de agua: físicos, químicos y biológicos.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de

contaminación. (Induanálisis, 2025)

Demanda Química de Oxígeno

Se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno. (Hanna, 2013)

Filtración

Es el proceso mediante el cual un elemento es colocado a través de un tipo de tamiz o filtro por el cual se separan sus partes, quedan retenidas solo las partes que no pasan debido a su tamaño y son filtradas aquellas que sí pasan por el espacio del filtro. (Quispe y Cuti, 2019)

Fitorremediación

La fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes. (Núñez y Ortega, 2004)

Flujo Vertical

WSP (2006), señala que, un flujo vertical, se da cuando la trayectoria del fluido se transporta desde la zona de distribución de entrada, con una trayectoria vertical, mediante un medio filtrante, hasta llegar a la zona donde se recolecta el efluente.

Frecuencia Laminar

Se denomina frecuencia laminar cuando es ordenada y constante. (Ingelyt, 2014)

Macrófitas Flotantes

Son plantas cuyo aporte puede alcanzar una cierta importancia dependiendo del poder nutricional del medio en que se encuentren: entre los 30 y 120 centímetros en el caso de los “juncos”, de 60 a 130 en los “esparganios”, entre 120 y los 240 en las “eneas” y de 160 a 320 centímetros en los “carrizos”.

(Martelo y Lara, 2012)

Medio Poroso

Son materiales heterogéneos (formados por elementos de diferente naturaleza) y multifásicos, donde una de las fases que compone al material es sólida. La fase sólida del medio es llamada matriz sólida o porosa. La parte no sólida se refiere al espacio vacío o poros, los cuales pueden contener fluidos (gases o líquidos). (Bohor, 2018)

Microorganismo Facultativo

Son aquellos microorganismos que pueden desarrollarse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, por lo que también se les conoce como aerobios facultativos o anaerobios facultativos. (Loredo, 2017)

Parámetros Fisicoquímicos

Ibérico y Pinedo (2018), señala que, son indicadores físicos o químicos que proporcionan información o describe el estado de un fenómeno, el medio ambiente o un área, por ejemplo, para el agua pueden ser el pH, los sólidos en suspensión, la temperatura, la DBO₅.

Remoción

La remoción implica quitar un objeto o un sujeto de un lugar o de una determinada situación, por diversos motivos (inutilidad, riesgo, aseo, estética, cambio de gustos, etc.) (Mejía y Cabrera, 2017)

Rizomas

Es un tallo subterráneo que crece de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos en sus nudos, los cuales cumplen la función de órgano preservante de nutrientes. (Ecología verde, 2021)

Sedimentación

Proceso en el que los sedimentos se depositan en determinadas zonas de la superficie. Los sedimentos son transportados por las corrientes de agua hasta conocidas como cuencas sedimentarias, embalses, canales, etc., que posibilitan que las partículas o sedimentos se asienten allí. (Solís, 2013)

Servicentro

Hace referencia a un punto de venta de lubricantes para vehículos de motor. A su vez brindan el servicio de lavado de vehículos. Estas estaciones de

servicio normalmente se asocian con las grandes empresas distribuidoras.
(Cabral, s.f.)

Sistema de Biofiltro

El Water and Sanitation Program (citado por Nagua, 2016), indica que, el Biofiltro es un sistema diseñado en forma de pila en donde se siembran plantas pantanosas, generando una imitación de humedal natural, depurando aguas residuales mediante procesos naturales.

Sustrato Inerte

Es aquel material que no aporta ningún nutriente a la planta; sin embargo, le aporta estabilidad y retención de agua. (Sembralia, 2021)

Vertido Cero

Condorchem envitech (2020), señala que, se basa en el uso de técnicas y procesos que hacen posible la reutilización de la totalidad de las aguas residuales con un doble objetivo: reducir al máximo el consumo de agua de red, y minimizar la cantidad de residuos que deben ser gestionados externamente.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

- Existe remoción de contaminantes de aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

- El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los aceites y grasas de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

- El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los detergentes de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

3.2. Definición Conceptual de Variables

3.2.1. *Variable independiente*

Área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical: Se define como aquel dispositivo que consta de un lecho de piedra, grava y arena que sirve como soporte a la vegetación instalada para el desarrollo del proceso de descontaminación, manteniendo un área determinada por cada capa y que tiene como base la actividad bioquímica de microorganismos, el suministro de oxígeno a través de las plantas y así depurar los contaminantes de las aguas residuales. (Marín y Osés 2013, ppt.154)

3.2.2. *Variable dependiente*

Remoción de contaminantes de aguas residuales: Los contaminantes de las aguas residuales se definen como aquellos parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los valores máximos admisibles de la normativa legal vigente y que

se encuentran en un medio que puede causar efectos adversos para la salud o el ambiente. (Calderón Vilma, 2018)

3.2.3. Operacionalización de las Variables

A continuación, en la siguiente tabla, se procederá a definir operacionalmente la variable independiente y la variable dependiente.

Tabla 4

Operacionalización de la variable independiente y la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	MÉTODOS Y TÉCNICAS
Independiente	Se define como aquel dispositivo que consta de un lecho de piedra, grava y arena que sirve como soporte a la vegetación instalada para el desarrollo del proceso de descontaminación manteniendo un área determinada por cada capa y que tiene como base la actividad bioquímica de microorganismos, el suministro de oxígeno a través de las plantas y así depurar los contaminantes de las aguas residuales.	Se construyeron dos biofiltros de forma paralelepípedos de dimensiones diferentes, uno de 0.7 m x 0.4 m x 0.45 m; y el otro de 0.7 m x 0.2 m x 0.45 m, ambos tienen una capa de piedra de canto rodado, grava media y arena gruesa; la medición se realizó en forma simultánea, a ambos se les colocó como planta acuática "papiro enano".	Biofiltro	Geometría	m	Aplicativo
			Subsuperficial de Flujo Vertical	Lecho filtrante	m	
			1	Bioindicador	kg	
			Área del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical	Geometría	m	
Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical	Lecho filtrante	m				
2	Bioindicador	kg		Aplicativo		
Dependiente	Los contaminantes se definen como aquellos parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los valores máximos admisibles de la normativa legal vigente y que se encuentran en un medio que puede causar efectos adversos para la salud o el ambiente. (Calderón Vilma, 2	Para la reducción de contaminantes de las aguas residuales, éstas pasaron a través de un biofiltro que contiene lecho poroso compuesto por piedra de canto rodado, grava media y arena gruesa; y a la salida se tomaron muestras y determinó la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales.	Parámetros fisicoquímicos	SST	mg/l	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. Solid. Total Suspended Solid Dried at 103-105 °C. 2017
				A y G	mg/l	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23rd Ed. Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS. 2017
				Detergentes	mg/l	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method 2017

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo explicativo; porque según Arias (2012), la investigación del tipo explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos a través del establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de la hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.

La presente investigación es de diseño experimental, ya que mediante el manejo y operación de las variables seleccionadas se obtuvo el resultado, estando en concordancia con lo definido por Camirra y Cartaya (2009), quienes señalan que una investigación de diseño experimental, intenta demostrar una hipótesis a través de la implementación de una situación artificial, en la que se controlan la mayoría de las variables intervinientes y se analiza el efecto que produce sobre la situación y modificación progresiva de una de ellas (la variable independiente).

	Pre		Post
GE	: O ₁	X	O ₂

Donde:

GE: Grupo experimental

O₁: Pre prueba

O₂: Post prueba

X: Variable independiente

4.2. Método de Investigación

Para Bernal (2010), el método experimental se basa en la experiencia del contacto con la realidad y se fundamenta en la experimentación y la lógica que, junto a la observación de fenómenos y su análisis estadístico, son los más utilizados en el campo de las ciencias. En el tema de investigación aplicamos este método, debido a que se realizaron ensayos y experimentos,

complementado con la observación de evidencias verificadas en el servicentro Very Wash.

Para cumplir con los objetivos establecidos en la investigación, la metodología se establece en tres etapas:

Etapas 1: Diseño y construcción de los biofiltros.

En esta etapa se diseñaron ambos biofiltros, cuya forma fue de un paralelepípedo. El primero constó de 0.7 m de largo por 0.2 m de ancho y 0.45 m de alto, con un área transversal a la caída del agua residual pretratada de 0.14 m². El segundo constó de 0.7 m de largo por 0.4 m de ancho y 0.45 m de alto, con un área transversal de 0.28 m². A su vez ambos contaron de una capa de lecho filtrante compuesta por piedra de canto rodado, grava media y arena gruesa, teniendo una altura de 13 cm por capa; también cuenta con malla Rachel entre cada capa, para evitar el arrastre de materiales al fondo de los biofiltros. Asimismo, a ambos se les colocó el Bioindicador como es la planta acuática “papiro enano” (*Papyrus haspan*); por último, ambos contaron con tuberías de aireación, con el objeto de incrementar la oxigenación del sustrato filtrante.

Cálculo del área superficial (As):

Para el cálculo del área superficial en cada biofiltro, se aplicó la ecuación 1; para lo cual se tomaron en cuenta las dimensiones del área en donde se instalaron los dispositivos y el caudal al cual fueron sometidos cada biofiltro.

$$As = L \times W \dots (1)$$

$$As_1 = L_1 \times W_1$$

$$As_1 = 0.7 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$$

$$As_1 = 0.14 \text{ m}^2$$

$$As_2 = L_2 \times W_2$$

$$As_2 = 0.7 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$$

$$As_2 = 0.28 \text{ m}^2$$

Profundidad del humedal artificial

La profundidad para este tipo de humedal está comprendida entre 45 a 80 cm. Se recomienda una profundidad de 45 cm que favorece una nitrificación y la remoción de contaminantes; a su vez, las profundidades, a las que las plantas

que fueron utilizadas desarrollan sus raíces, son entre 30 a 50 cm. Para obtener profundidades de enraizamiento de 30 cm o más, la profundidad del agua debe reducirse sistemáticamente durante varias estaciones de crecimiento para obligar a las raíces a penetrar con más profundidad. La profundidad del medio no debe superar la profundidad a la que las plantas desarrollen sus raíces.

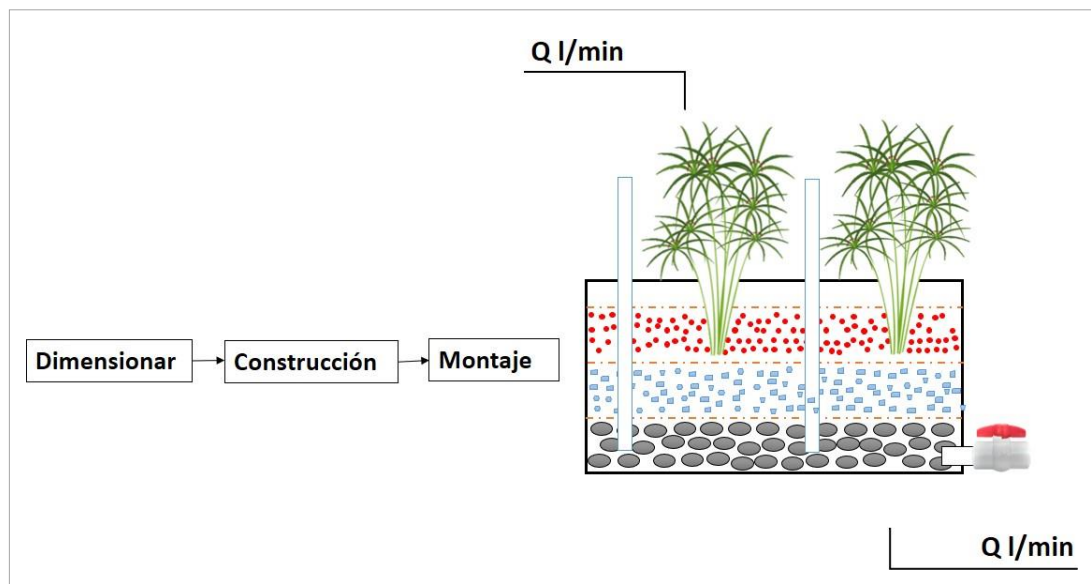
Asumimos: $h = 0,45$ m

Nivel del agua a tratar $h = 0,39$ m

Borde libre = 0,06 m

Figura 1

Perfil de los biofiltros subsuperficiales de flujo vertical



Nota. La siguiente figura muestra el perfil del diseño de los biofiltros subsuperficiales que trataron las aguas residuales del servicerio Very Wash.

Etap 2: Evaluación de la operatividad de los biofiltros.

Una vez construido los biofiltros, se sometieron a una prueba de operatividad, donde se establecieron los parámetros de diseño definitivo; uno de los parámetros de diseño fue el caudal, en donde se determinó que el caudal de entrada a los biofiltros construidos fue de $0.02 \text{ m}^3/\text{d}$, los cuales operaron a flujo constante; es decir, que el caudal de entrada fue el mismo caudal en la salida.

Luego se determinó el tiempo de retención hidráulica (TRH) para ambos biofiltros, teniendo el primer diseño un TRH de 1.06 d, mientras que el segundo

de 2.13 d.

Luego se realizó la caracterización de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales teniéndose como contaminantes a los sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, detergentes.

Diseño del Humedal Artificial Subsuperficial de flujo Vertical

Cálculo del caudal (Q):

Para poder dimensionar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical, el primer paso fue calcular el caudal, para lo cual se utilizó el método volumétrico que consiste en dividir el volumen de agua que se recoge en un recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen. El resultado expresa el caudal medido en metros cúbicos por día. Las pruebas se realizaron en un balde de 20 L.

Tabla 5

Tiempo promedio para obtención del caudal

T ₁	1.01 d
T ₂	0.99 d
T ₃	1.01 d
T_{promedio}	1 d

Luego, se calculó el caudal aplicando la ecuación 2 y se realizó la conversión correspondiente:

$$Q = \frac{v}{T} \quad \dots (2)$$
$$Q = \frac{20 L}{1 d} \times \frac{1 m^3}{1000 L}$$
$$Q = 0.02 m^3/d$$

Medio granular

Arena gruesa (2 mm): 13 cm.

Grava media (32 mm): 13 cm.

Piedra de canto rodado (128 mm): 13 cm.

Tiempo de retención hidráulico

Para determinar el tiempo de retención hidráulica, se aplicó la ecuación 3, para lo cual realizó tomando en cuenta el medio granular utilizado en cada dispositivo con diferentes áreas superficiales.

$$TRH = \frac{n * As * d}{Q} \dots (3)$$

Tiempo de retención hidráulico en el biofiltro 1:

$$TRH_{arena\ gruesa} = \frac{0.32 * 0.14m^2 * 0.13\ m}{0.02 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{arena\ gruesa} = \mathbf{0.2912\ d}$$

$$TRH_{grava\ media} = \frac{0.40 * 0.14m^2 * 0.13\ m}{0.02 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{grava\ media} = \mathbf{0.364\ d}$$

$$TRH_{piedra\ redonda} = \frac{0.45 * 0.14m^2 * 0.13\ m}{0.02 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{piedra\ redonda} = \mathbf{0.4095\ d}$$

$$TRH_{total} = 0.2912\ d + 0.364\ d + 0.4095\ d$$

$$TRH_{total} = 1.0647\ d$$

$$TRH_{total} = \mathbf{1.06\ d}$$

Tiempo de retención hidráulico en el biofiltro 2:

$$TRH_{arena\ gruesa} = \frac{0.32 * 0.28m^2 * 0.13\ m}{0.02 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{arena\ gruesa} = \mathbf{0.5824\ d}$$

$$TRH_{grava\ media} = \frac{0.40 * 0.28m^2 * 0.13\ m}{0.02 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{grava\ media} = \mathbf{0.728\ d}$$

$$TRH_{piedra\ redonda} = \frac{0.45 * 0.28m^2 * 0.13\ m}{0.02 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{piedra\ redonda} = \mathbf{0.819\ d}$$

$$TRH_{total} = 0.5824 d + 0.728 d + 0.819 d$$

$$TRH_{total} = 2.1294 d$$

$$TRH_{total} = 2.13 d$$

Pendiente

La pendiente o gradiente hidráulico del humedal artificial en la superficie debe ser plana (0%) para evitar encharcamientos, mientras que en el fondo se encuentra entre 0,5 a 2 %, pero se recomienda una inclinación del 1% para facilitar una construcción y drenaje adecuado.

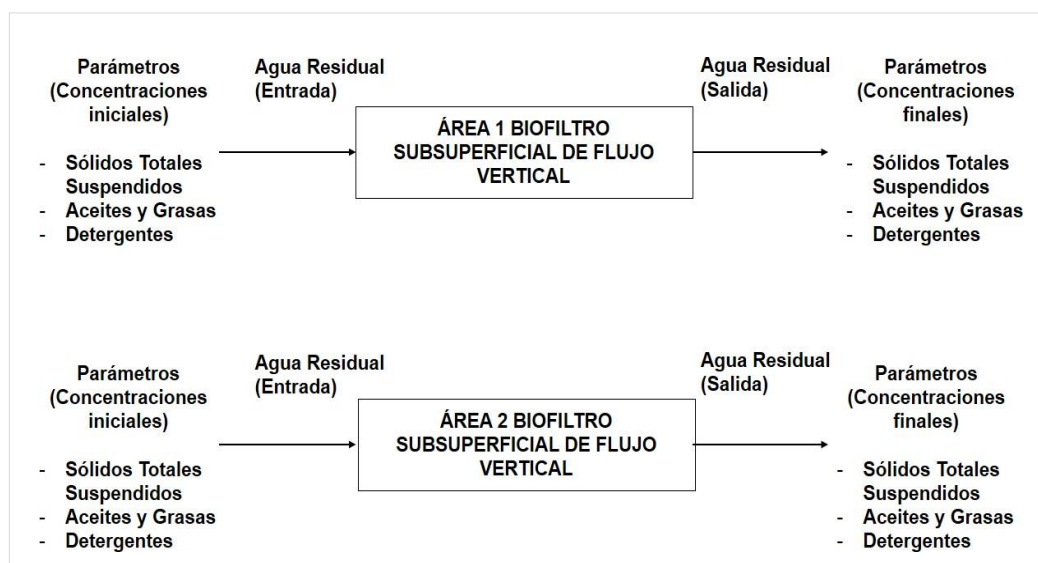
$$\text{Pendiente} = 1\%$$

Etapas 3: Ensayo experimental.

Luego de haber establecido los parámetros de diseño de los biofiltros y realizado la caracterización de las aguas residuales, se realizaron 4 muestreos de ambos biofiltros, con frecuencia semanal, en donde se determinó la optimización de ambos biofiltros y concluyó cuál de los dos modelos era el más eficiente. Para esto, el agua residual antes de pasar por los biofiltros, pasaron a través de una trampa de grasas como pretratamiento para evitar que las grasas y aceites lleguen a los desagües, lo cual puede provocar problemas a largo plazo ya que la grasa hace que se obstruyan los drenajes.

Figura 2

Esquema de biofiltros subsuperficiales de flujo vertical



Nota. La figura muestra los modelos de biofiltros con áreas diferentes para remover contaminantes de las aguas residuales del servicentro Very Wash, en los cuales se realizaron pruebas de ensayo experimental donde se verificó la variación de las concentraciones de los parámetros y determinó qué modelo fue el más eficiente.

4.3. Eficiencia de remoción de contaminantes de aguas residuales

A continuación, en las tablas 6, 7 y 8 se detallarán los niveles de eficiencia de los biofiltros con respecto a los sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y detergentes.

Tabla 6

Remoción porcentual de sólidos suspendidos totales en función al tiempo de optimización del dispositivo

Tiempo de optimización (semanas)	Remoción de SST (%)	Nivel de Eficiencia
Semana 1	36 %	Baja
Semana 2	62 %	Media
Semana 3	77 %	
Semana 4	85 %	Alta

Nota. En la presente tabla se muestran los porcentajes de remoción de SST en función al tiempo de optimización del dispositivo. (Sánchez y Sarango, 2016)

Tabla 7

Remoción porcentual de aceites y grasas en función al tiempo de optimización del dispositivo

Tiempo de optimización (semanas)	Remoción de A y G (%)	Nivel de Eficiencia
Semana 1	41 %	Baja
Semana 2	75 %	Media
Semana 3	89 %	
Semana 4	92 %	Alta

Nota. En la presente tabla se muestran los porcentajes de remoción de A y G en función al tiempo de optimización del dispositivo. (Sánchez y Sarango, 2016)

Tabla 8

Remoción porcentual de detergentes en función al tiempo de optimización del dispositivo

Tiempo (semanas)	Remoción de Detergentes (%)	Nivel de Eficiencia
Semana 1	55 %	Baja
Semana 2	72 %	Media
Semana 3	86 %	
Semana 4	91 %	Alta

Nota. En la presente tabla se muestran los porcentajes de remoción de detergentes en función al tiempo de optimización del dispositivo. (Sánchez y Sarango, 2016)

4.3. Población y Muestra

4.3.1. Población

Unidad de análisis. Son lo que examinamos para crear descripciones sumarias de ellas y para explicar sus diferencias (BABBIE, 2000, p.75).

Para la presente investigación la unidad de análisis es el agua residual de servicentro.

Unidad de observación. Son las que nos proporcionan información sobre la unidad de análisis.

Para la presente investigación la unidad de observación son los contaminantes de las aguas residuales de servicentro.

La población está conformada por las descargas de aguas residuales que se generan en el proceso de lavado de vehículos del servicentro Very Wash, del distrito San Juan de Lurigancho.

4.3.2. Muestra

La muestra está conformada por 280 litros de agua residual de servicentro, los que ingresaron a los dos biofiltros siendo la cantidad de agua residual requerida para su análisis por una entidad acreditada. La toma de muestra inicial fue en el servicentro Very Wash previo a su descarga a la red de alcantarillado; luego las tomas de muestras fueron en el lugar donde se instalaron los biofiltros los cuales están ubicados en una zona cercana al servicentro. En cuanto a los puntos de muestreo, el primer punto fue in situ, y los demás puntos de muestreo fueron a la salida del biofiltro una vez tratada el agua residual. El proceso de selección de la muestra fue utilizando como base la siguiente tabla tomada de la Autoridad Nacional del Agua:

Tabla 9

Requisitos de toma de muestra y preservación

Parámetro	Recipiente	Volumen	Conservar / preservar	Tiempo de almacenamiento	Instrumento de medición
Sólidos totales suspendidos	Plástico	500 ml	Mantener a 4 °C	Máximo 7 días	Multiparámetro
Aceites y grasas	Vidrio ámbar de boca ancha	1000 ml	Mantener a 4 °C, agregar H ₂ SO ₄ pH < 2	1 mes	Pera de decantación y destilador
Detergentes	Vidrio	1000 ml	Agregar formaldehído, congelar <-18 °C	4 días	Espectrofotómetro

Nota. Conservación y preservación de muestra de agua en función al parámetro evaluado. Tomado de ANA (2016).

4.4. Lugar de Estudio y Periodo de Desarrollado

El área o unidad de estudio se encuentra ubicado en calle los Arrayanes, San Juan de Lurigancho, Lima.

- Departamento: Lima
- Provincia: Lima
- Distrito: San Juan de Lurigancho
- Dirección: Calle los Arrayanes, San Juan de Lurigancho
- Coordenadas UTM:
X = 0281905 E
Y= 8672246 N

Figura 3

Ubicación del servicentro Very Wash



Nota. Mapa del lugar donde se ubica el servicentro Very Wash.

4.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información

Técnicas

Se realizó la recolección de las muestras de aguas residuales, donde se tomaron previo a su tratamiento, caracterizándolas antes de iniciar el proceso de análisis; luego, se tomaron las muestras de aguas residuales cuando han pasado a través de los biofiltros para realizar la comparación de los resultados.

Tabla de Registro Estadístico. Es un formato que nos permitió registrar las concentraciones que se obtuvieron durante las 4 semanas que duró el proceso de toma de muestra en cada tratamiento.

Instrumentos

Los instrumentos para análisis de agua fueron los siguientes:

Tabla 10

Instrumentos para análisis de agua

Parámetro	Estandar methods apha	Método	Equipo	Unidades
Sólidos totales suspendidos	2540 d	Multiparámetro	Multiparámetro	mg/l
Aceites y grasas	5520 b	Partition - gravimetric method	Pera de decantación y destilador	mg/l
Detergentes	5540 c	Surfactans, anionic	Espectrofotómet ro	mg/l

Nota. Standard Methods for the examination of water and water wader 23 edition 2017-APHA-AWWA-WE

4.6. Análisis y Procesamiento de Datos

Las muestras de agua residual fueron tomadas de los biofiltros, las cuales fueron llevadas al laboratorio Analytical laboratory (ALAB) para el análisis de los parámetros: sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, detergentes. Los análisis permitieron extraer conclusiones científicas de los resultados de la investigación según la variación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos. Los valores obtenidos fueron procesados a través de tablas estadísticas y representados en gráficas, haciendo uso de dos programas:

Microsoft Office Excel. Este programa permitió la tabulación de todos los datos obtenidos en la experimentación.

Software SPSS. Este software permitió la obtención de la información estadística realizando la prueba de normalidad y prueba de comparación de medias t-student para muestras emparejadas.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

Presentamos los experimentos llevados a cabo para ser analizados:

El biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 fue diseñado en forma de paralelepípedo, con 0.7 m de largo, 0.45 m de alto y 0.2 m de ancho, con un área transversal de 0.14 m²; a su vez contó con una capa de lecho filtrante compuesta por piedra de canto rodado, grava media y arena gruesa; por último, se le colocó el Bioindicador como es la planta acuática “papiro enano” (*Papyrus haspan*).

De los resultados, mostrados en la Tabla 12, se puede apreciar que en la semana 1, la concentración de sólidos suspendidos totales tuvo una considerable remoción respecto a su concentración inicial, llegando a 477 mg/l, desde la semana 2 a la 4 se removió de forma constante; en los aceites y grasas, la remoción se dio de forma progresiva en las 4 semanas y en los detergentes, se tuvo una remoción hasta 0.025 mg/l con excepción de la semana 3 que fue hasta 0.039 mg/l.

El biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2 fue diseñado de forma paralelepípedo, con 0.7 m de largo, 0.45 m de alto y 0.4 m de ancho, con un área transversal de 0.28 m²; a su vez contó con una capa de lecho filtrante compuesta por piedra de canto rodado, grava media y arena gruesa; por último, se le colocó el Bioindicador como es la planta acuática “papiro enano” (*Papyrus haspan*).

Tabla 11*Resultado experimental con el biofiltro 1*

		BF1								
Corridas	Tiempo (semana)	Parámetros								
		Sólidos Suspendidos Totales (SST)			Aceites y Grasas (AyG)			Detergentes		
		Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	% Remoción	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	% Remoción	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	% Remoción
C1	Sem 1		477	87.31		30.4	98.9		< 0.025	99.998
C2	Sem 2		9	99.76		20.7	99.25		< 0.025	99.998
C3	Sem 3	3760	18	99.52	2763	16.3	99.41	1521	0.039	99.997
C4	Sem 4		14	99.63		8.3	99.7		< 0.025	99.998

Nota. En la presente tabla se muestran los resultados de las concentraciones de los parámetros de agua residual en el biofiltro 1.

Tabla 12*Resultado Experimental con el Biofiltro 2*

		BF2								
Corridas	Tiempo (semana)	Parámetros								
		Sólidos Suspendidos Totales (SST)			Aceites y Grasas (AyG)			Detergentes		
		Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	% Remoción	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	% Remoción	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	% Remoción
C1	Sem 1		638	83.03		70.2	97.46		< 0.025	99.998
C2	Sem 2		18	99.52		10.2	99.63		< 0.025	99.998
C3	Sem 3	3760	14	99.62	2763	6.5	99.76	1521	< 0.025	99.998
C4	Sem 4		22	99.41		7	99.75		0.027	99.998

Nota. En la presente tabla se muestran los resultados de las concentraciones de los parámetros de agua residual en el biofiltro 2.

Se puede apreciar que, en la semana 1 de muestreo, la concentración de sólidos suspendidos totales tuvo una remoción considerable con respecto a la concentración inicial, llegando hasta 638 mg/l, desde la semana 2 a la 4 se removió de forma constante; en los aceites y grasas, la remoción se dio de manera progresiva en las 3 primeras semanas, manteniéndose constante la semana 4 y en los detergentes, se tuvo una remoción hasta 0.025 mg/l con excepción de la semana 4 que fue de 0.027 mg/l.

Tabla 13

Comparación de concentraciones de los biofiltros con respecto a los VMA para descargas al sistema de alcantarillado

PARÁMETRO	UNIDAD	VMA PARA		
		DESCARGA AL ALCANTARILLADO	BF1	BF2
Sólidos Totales Suspendidos	mg/l	500	14	22
Aceites y Grasas	mg/l	100	8.3	7
Detergentes	mg/l	0.5	< 0.025	0.027

Nota. En la presente tabla se muestran las concentraciones finales de los biofiltros 1 y 2 con respecto a los Valores Máximos Admisibles para descarga al alcantarillado.

Análisis. – Con respecto a las concentraciones finales en los biofiltros 1 y 2, los valores de los 3 parámetros estudiados se encuentran por debajo de lo establecido por la norma para descargas de aguas residuales al alcantarillado.

Tabla 14*Porcentaje de remoción de contaminantes del biofiltro 1*

		BF1		
Corridas	Tiempo (semana)	Parámetros		
		Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Aceites y Grasas (AyG)	Detergentes
		% Remoción	% Remoción	% Remoción
C1	Sem 1	87.31	98.9	99.998
C2	Sem 2	99.76	99.25	99.998
C3	Sem 3	99.52	99.41	99.997
C4	Sem 4	99.63	99.7	99.998

Nota. En la presente tabla se muestran los porcentajes de remoción de los 3 parámetros estudiados.

Análisis. – Con respecto a los sólidos suspendidos totales, se evidencia una remoción de hasta el 99.76 %; en los aceites y grasas, se muestra una remoción de hasta 99.7 % y en los detergentes, una remoción de hasta 99.99 %.

Tabla 15*Porcentaje de remoción de contaminantes del biofiltro 2*

		BF2		
Corridas	Tiempo (semana)	Parámetros		
		Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Aceites y Grasas (AyG)	Detergentes
		% Remoción	% Remoción	% Remoción
C1	Sem 1	83.03	97.46	99.998
C2	Sem 2	99.52	99.63	99.998
C3	Sem 3	99.62	99.76	99.997
C4	Sem 4	99.41	99.75	99.998

Nota. En la presente tabla se muestran los porcentajes de remoción de los 3 parámetros estudiados.

Análisis. - Con respecto a los sólidos suspendidos totales, se evidencia una

remoción de hasta el 99.76 %; en los aceites y grasas, se muestra una remoción de hasta 99.7 % y en los detergentes, una remoción de hasta 99.99 %.

Con la información de las tablas 12 al 16 se procedió a realizar las pruebas de hipótesis siguientes:

5.1.1 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis General

Tabla 16

Resumen de procesamiento de casos con respecto a los contaminantes de las aguas residuales

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
PROMEDIO_BF1	4	100.0%	0	0.0%	4	100.0%
PROMEDIO_BF2	4	100.0%	0	0.0%	4	100.0%

Nota. La prueba se realizó en base al 100% de los datos, no existieron datos perdidos.

Tabla 17

Estadísticos descriptivos con respecto a los contaminantes de las aguas residuales

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
PROMEDIO_BF1	4	95.40	99.78	98.6226	2.14739	4.611
PROMEDIO_BF2	4	93.50	99.79	98.1810	3.12353	9.756
N válido (por lista)	4					

Nota. La media de remoción de contaminantes tiene una pequeña diferencia en el mínimo de promedios removidos, mientras que en el máximo y en el promedio no muestran diferencias en la remoción; sin embargo, si existe diferencias marcadas en la dispersión de estos promedios, por lo que se presume cierta inestabilidad en los promedios de las muestras.

Tabla 18*Resultados descriptivos de los contaminantes de las aguas residuales*

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
PROMEDIO_BF1	Media		98.6226	1.07369
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	95.2056	
		Límite superior	102.0396	
	Media recortada al 5%		98.7374	
	Mediana		99.6558	
	Varianza		4.611	
	Desviación estándar		2.14739	
	Mínimo		95.40	
	Máximo		99.78	
	Rango		4.37	
	Asimetría		-1.996	1.014
	Curtosis		3.986	2.619
PROMEDIO_BF2	Media		98.1810	1.56177
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	93.2108	
		Límite superior	103.1512	
	Media recortada al 5%		98.3517	
	Mediana		99.7177	
	Varianza		9.756	
	Desviación estándar		3.12353	
	Mínimo		93.50	
	Máximo		99.79	
	Rango		6.30	
	Asimetría		-1.999	1.014
	Curtosis		3.997	2.619

Nota. Ambos biofiltros reportan promedios de remoción de contaminantes muy similares, con desviaciones estándar apareadas.

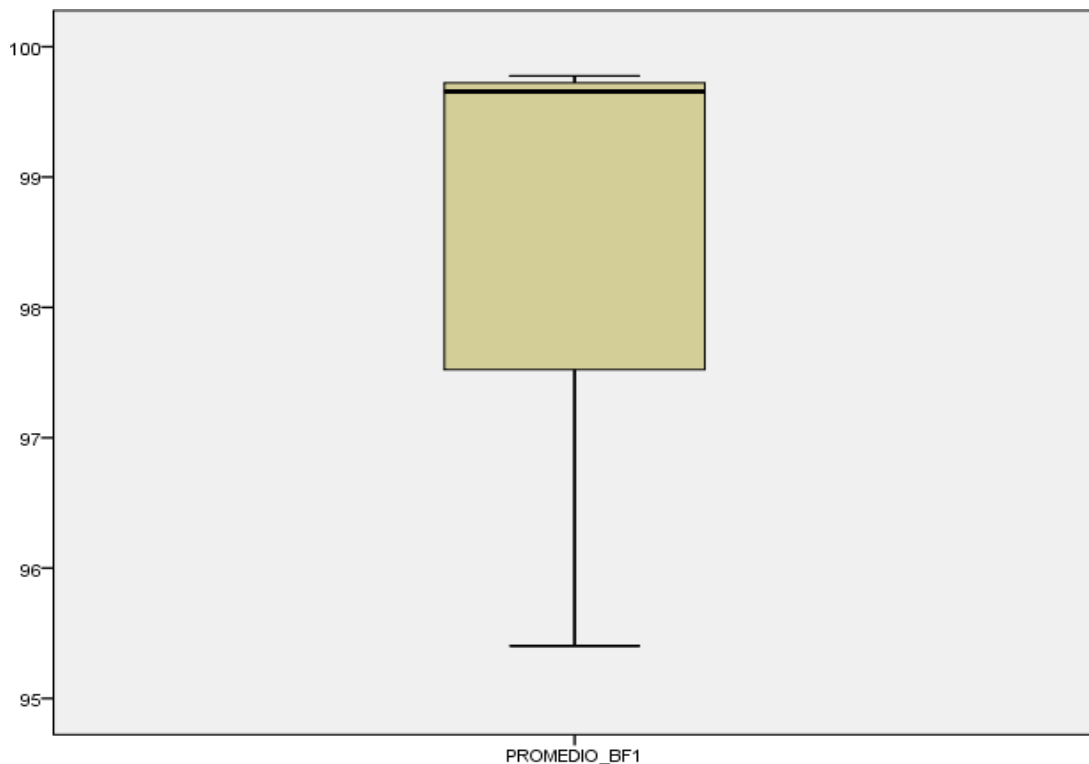
Los intervalos de la media en ambos biofiltros muestran rangos de amplitud de siete puntos en ambos casos, es decir que el promedio de variabilidad de los resultados en ambos biofiltros tiene similar amplitud.

La mediana en ambos casos tiene similar comportamiento, corroborando la existencia de una amplitud paralela existente en el rango de los resultados de la remoción de contaminantes en ambos biofiltros.

Los resultados de ambos biofiltros reportan asimetría negativa.

Figura 4

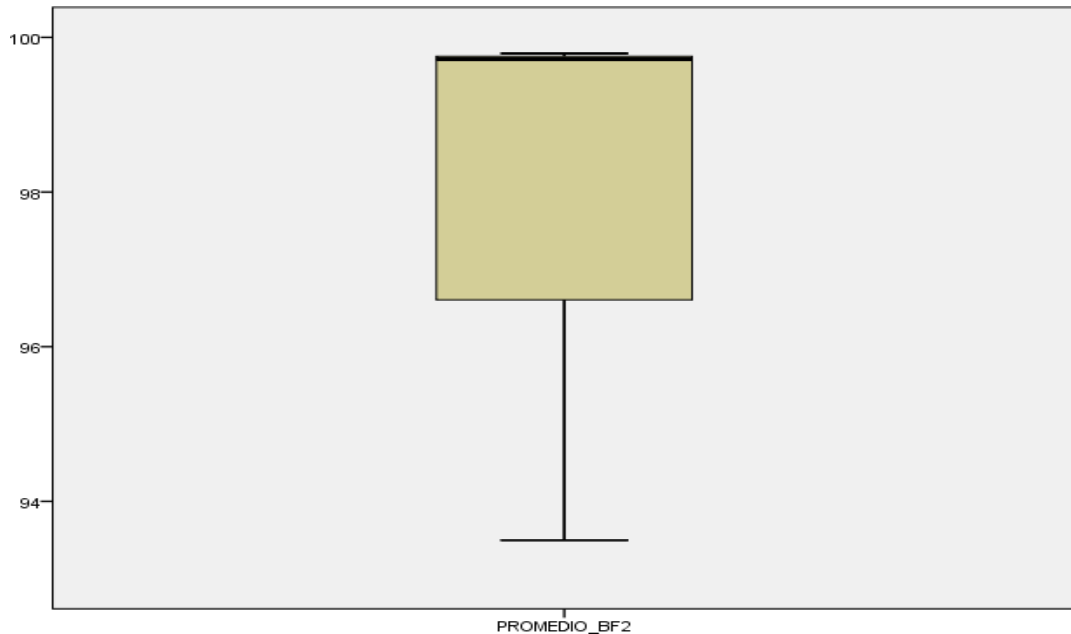
Caja de biofiltro 1 con respecto a los contaminantes de agua residual



Nota. La caja del biofiltro 1 indica que la mediana está en el nivel superior del intervalo del promedio de remoción de contaminantes, y a la vez los promedios inferiores de variación del promedio están distantes de los datos medios, interpretándose que el biofiltro 1 tiene una propensión a remover más los contaminantes.

Figura 5

Caja del biofiltro 2 con respecto a los contaminantes de agua residual



Nota. El biofiltro 2 tiene el mismo comportamiento que el biofiltro 1, interpretándose que no hay variación significativa entre uno y otro en la acción de modificar los contaminantes.

5.1.2 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis Específica 1:

Tabla 19

Resumen de procesamiento de casos con respecto a los sólidos suspendidos totales

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Remoción Sólidos suspendidos	4	100.00%	0	0.00%	4	100.00%
totales: Biofiltro 1						
Remoción Sólidos suspendidos	4	100.00%	0	0.00%	4	100.00%
totales: Biofiltro 2						

Nota. La prueba aplicada reporta la utilización del 100% de los datos, sin tener datos perdidos.

Tabla 20*Estadísticos descriptivos con respecto a los sólidos suspendidos totales*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Remoción Sólidos suspendidos totales: Biofiltro 1	4	87.3100	99.7600	96.555000	6.1641139	37.996
Remoción Sólidos suspendidos totales: Biofiltro 2	4	83.03000	99.62000	95.395000	8.2437795	67.960
N válido (por lista)	4					

Nota. El promedio de remoción de los sólidos suspendidos totales varia en un rango en el que el máximo es idéntico, pero el mínimo tiene una diferencia de 4 puntos entre ellos; la media es similar, la desviación estándar es mayor en el biofiltro 2. En conclusión sustancialmente no hay mayor diferencia en los promedios de variación de la remoción de sólidos suspendidos totales entre ambos biofiltros.

Tabla 21*Resultados descriptivos con respecto a los sólidos suspendidos totales*

Descriptivos				
		Estadístico	Error estándar	
Remoción Sólidos suspendidos totales: Biofiltro 1	Media	96.555000	3.0820569	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	86.746519	
		Límite superior	106.36348	
	Media recortada al 5%		96.890556	
	Mediana		99.575000	
	Varianza		37.996	
	Desviación estándar		6.1641139	
	Mínimo		87.3100	
	Máximo		99.7600	
	Rango		12.4500	
	Asimetría		-1.998	1.014
	Remoción Sólidos suspendidos totales: Biofiltro 2	Media	95.395000	4.1218897
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	82.277307
			Límite superior	108.51269
Media recortada al 5%			95.847222	
Mediana			99.465000	
Varianza			67.960	
Desviación estándar			8.2437795	
Mínimo			83.03000	
Máximo			99.62000	
Rango			16.59000	
Asimetría			-1.999	1.014

Nota. Los biofiltros reportan promedios de remoción de sólidos suspendidos totales con mínima diferencia de un punto, con desviaciones estándar diferenciadas en dos puntos, siendo el biofiltro 2 el de mayor desviación.

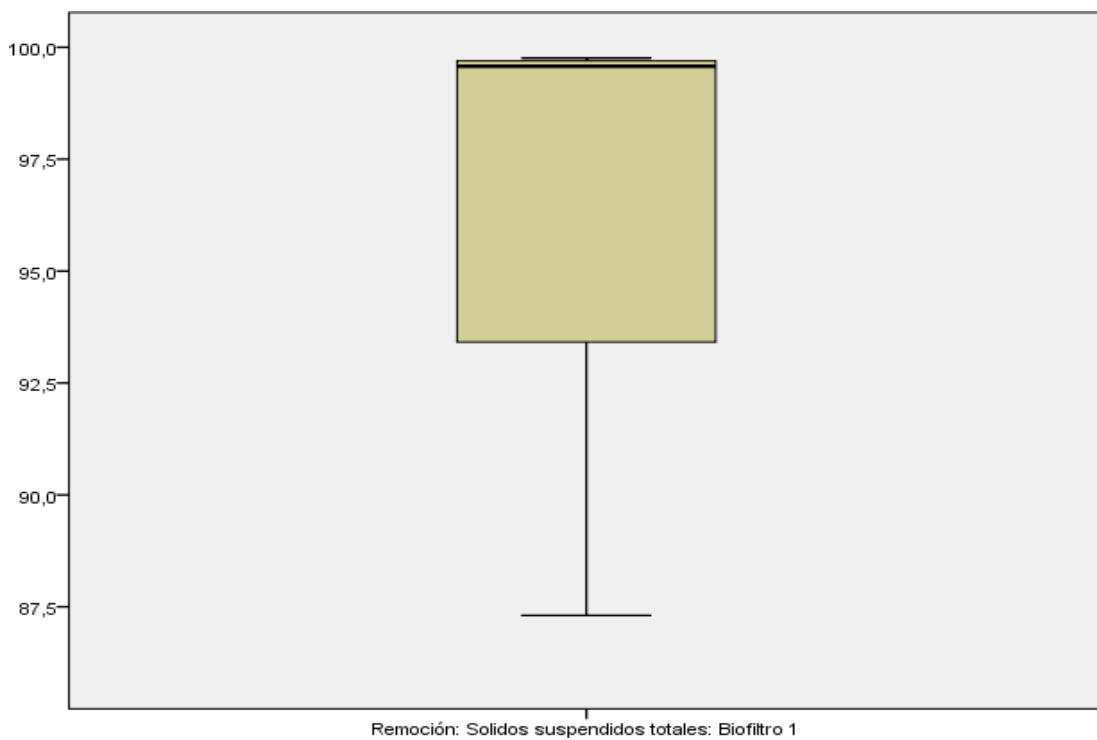
El biofiltro 2 muestra un rango de amplitud mayor en cuatro puntos, es decir para esta prueba el biofiltro 2 tiene resultados ligeramente más inestables que los del biofiltro 1.

La mediana en ambos casos es similar.

Los resultados de ambos biofiltros reportan similar asimetría negativa, indicando que el funcionamiento de ambos tiende a obtener resultados menores a su media.

Figura 6

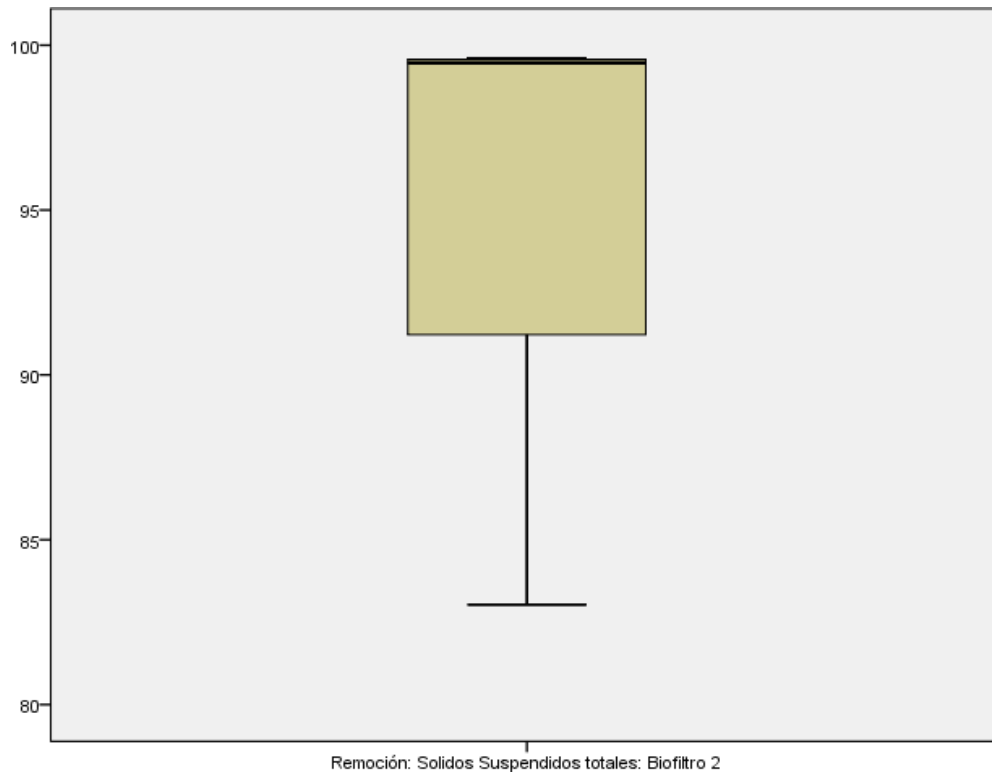
Caja de biofiltro 1 con respecto a los sólidos suspendidos totales



Nota 1. La caja del biofiltro 1 indica que la mediana está en el nivel superior del intervalo del promedio de remoción de sólidos suspendidos totales, y a la vez los promedios inferiores de variación del promedio están distantes de los datos medios, interpretándose que el biofiltro 1 tiene una propensión a una remoción mayor de los sólidos suspendidos totales.

Figura 7

Caja de biofiltro 2 con respecto a los sólidos suspendidos totales



Nota. Ambos biofiltros tienen similar comportamiento, significando que no hay variación relevante entre uno y otro en modificar los sólidos suspendidos totales.

5.1.3 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis Específica 2:

Tabla 22

Resumen de procesamiento de casos con respecto a los aceites y grasas

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Remoción Aceites y grasas: Biofiltro 1	4	100.00%	0	0.00%	4	100.00%
Remoción Aceites y grasas: Biofiltro 2	4	100.00%	0	0.00%	4	100.00%

Nota. La prueba aplicada reporta la utilización del 100% de los datos, sin tener datos perdidos.

Tabla 23*Estadísticos descriptivos con respecto a los aceites y grasas*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Remoción Aceites y grasas: Biofiltro 1	4	98.9000	99.7000	99.315000	0.3335166	0.111
Remoción Aceites y grasas: Biofiltro 2	4	97.4600	99.7600	99.150000	1.1282139	1.273
N válido (por lista)	4					

Nota. El promedio de remoción de aceites y grasas varia en rangos similares en ambos biofiltros, el promedio de remoción es similar, sin embargo, sorprende que la desviación estándar sea muy diferente. En conclusión, en términos absolutos no hay mayor diferencia en los promedios de variación absoluta de la remoción de aceites y grasas entre ambos biofiltros, pero la variación relativa si es significativa, concluyéndose que el biofiltro 1 es más estable en sus resultados que el biofiltro 2.

Tabla 24*Resultados descriptivos con respecto a los aceites y grasas*

Descriptivos			Estadístico	Error estándar	
Remoción Aceites y grasas: Biofiltro 1	Media		99.315000	0.1667583	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	98.784301		
		Límite superior	99.845699		
	Mediana		99.330000		
	Varianza		0.111		
	Desviación estándar		0.3335166		
	Mínimo		98.9000		
	Máximo		99.7000		
	Rango		0.8000		
	Asimetría		-0.248	1.014	
	Curtosis		0.437	2.619	
	Remoción Aceites y grasas: Biofiltro 2	Media		99.150000	0.5641070
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	97.354760	
Límite superior			100.94524		
Mediana			99.690000		
Varianza			1.273		
Desviación estándar			1.1282139		
Mínimo			97.4600		
Máximo			99.7600		
Rango			2.3000		
Asimetría			-1.984	1.014	
Curtosis			3.943	2.619	

Nota. Los biofiltros reportan promedios de remoción de aceites y grasas idénticos, con desviaciones estándar marcadamente diferenciadas, siendo el biofiltro 2 el de mayor desviación.

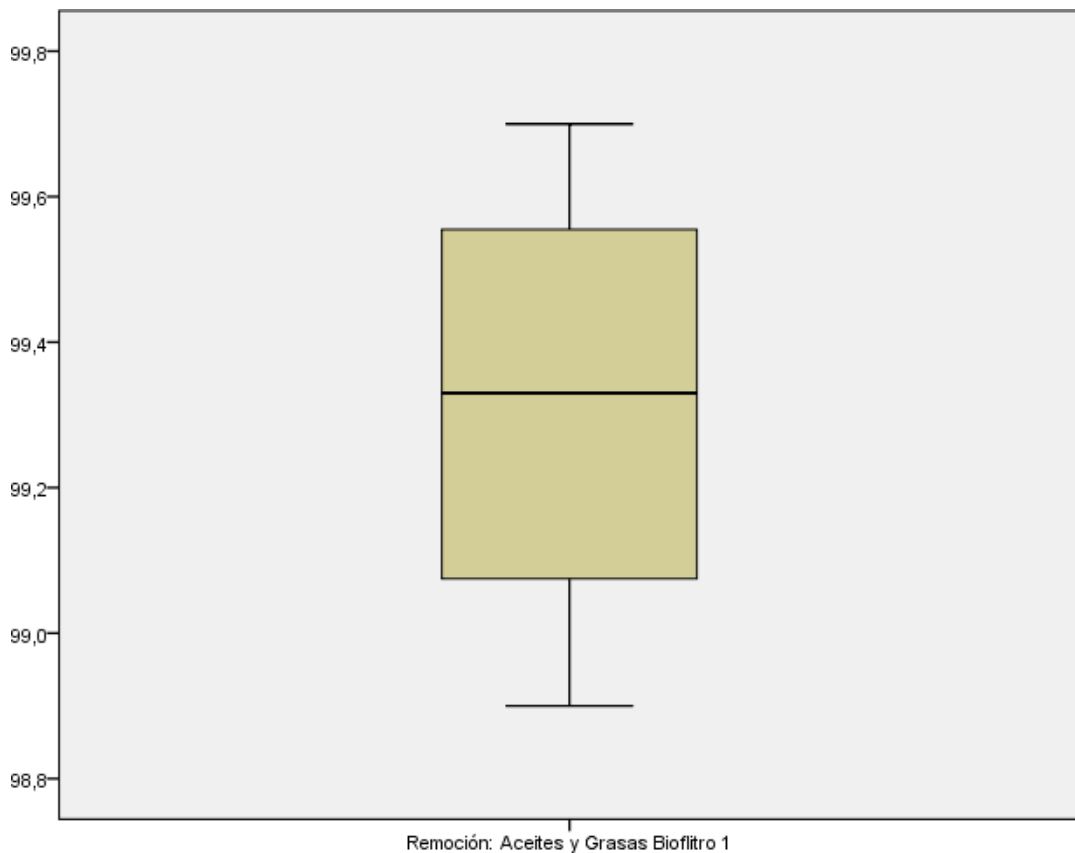
El biofiltro 2 muestra un rango de amplitud el doble al del biofiltro 1.

La mediana de los promedios de remoción en ambos biofiltros es idéntica.

Los resultados de ambos biofiltros reportan asimetría negativa, pero con contundencia mayor en los resultados de remoción de aceites y grasas del biofiltro 2, significando que la operatividad de este biofiltro es más inestable.

Figura 8

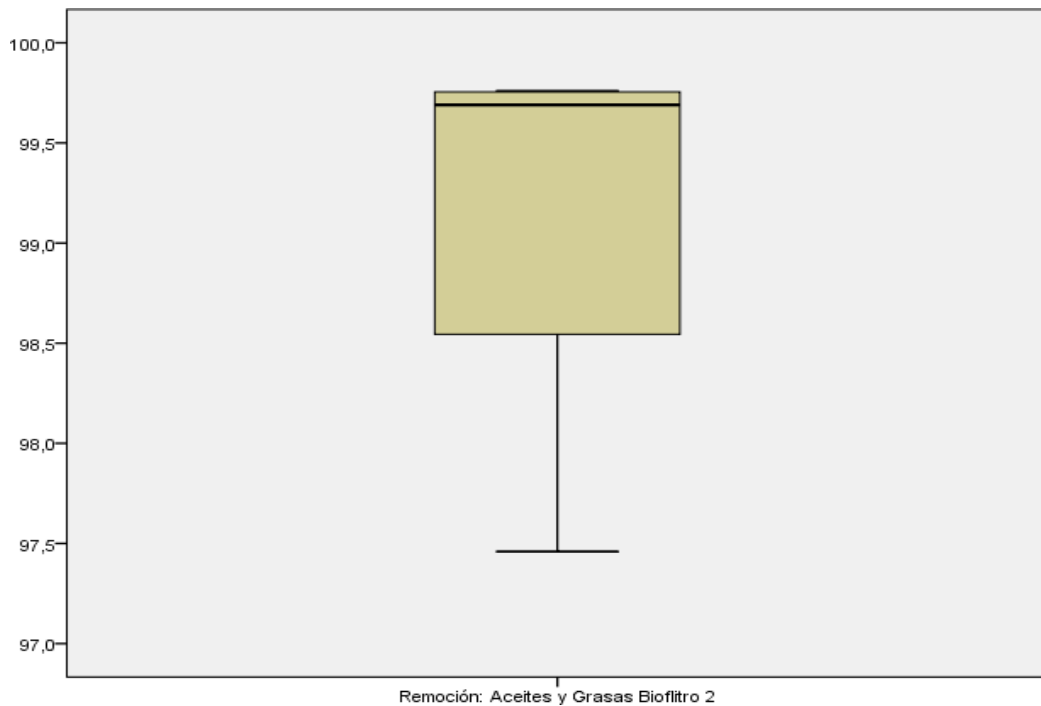
Caja de biofiltro 1 con respecto a los aceites y grasas



Nota. La caja del biofiltro 1 indica que la mediana es similar a su media, mostrando además datos equidistantes de su media, en otras palabras, que el biofiltro 1 obtiene resultados homogéneos en su funcionamiento, asimismo se observa homogeneidad en la dispersión de sus datos.

Figura 9

Caja de biofiltro 2 con respecto a los aceites y grasas



Nota. El resultado de esta caja contrasta con el resultado del biofiltro 1, este biofiltro concentra mayor remoción, pero a la vez mayor variabilidad de su rendimiento, es decir es inestable (indicado por la mediana y la mecha distante del rango de mediana)

5.1.4 Análisis Descriptivo de la Prueba de Hipótesis Específica 3

Tabla 25

Resumen de procesamiento de casos con respecto a los detergentes

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Remoción						
Detergentes:	4	100.00%	0	0.00%	4	100.00%
Biofiltro 1						
Remoción						
Detergentes:	4	100.00%	0	0.00%	4	100.00%
Biofiltro 2						

Nota. La prueba aplicada reporta la utilización del 100% de los datos, sin tener datos perdidos.

Tabla 26*Estadísticos descriptivos con respecto a los detergentes*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Remoción						
Detergentes:	4	99.9970	99.9980	99.997750	0.0005000	0.000
Biofiltro 1						
Remoción						
Detergentes:	4	99.9980	99.9980	99.998000	0.0000000	0.000
Biofiltro 2						
N válido (por lista)	4					

Nota. El promedio de remoción de detergentes varía entre rangos de amplitud idénticos en ambos biofiltros, asimismo el promedio de remoción también es idéntico en ambos, no existe variación de resultados en la eficiencia de la remoción de detergentes.

Tabla 27*Resultados descriptivos con respecto a los detergentes*

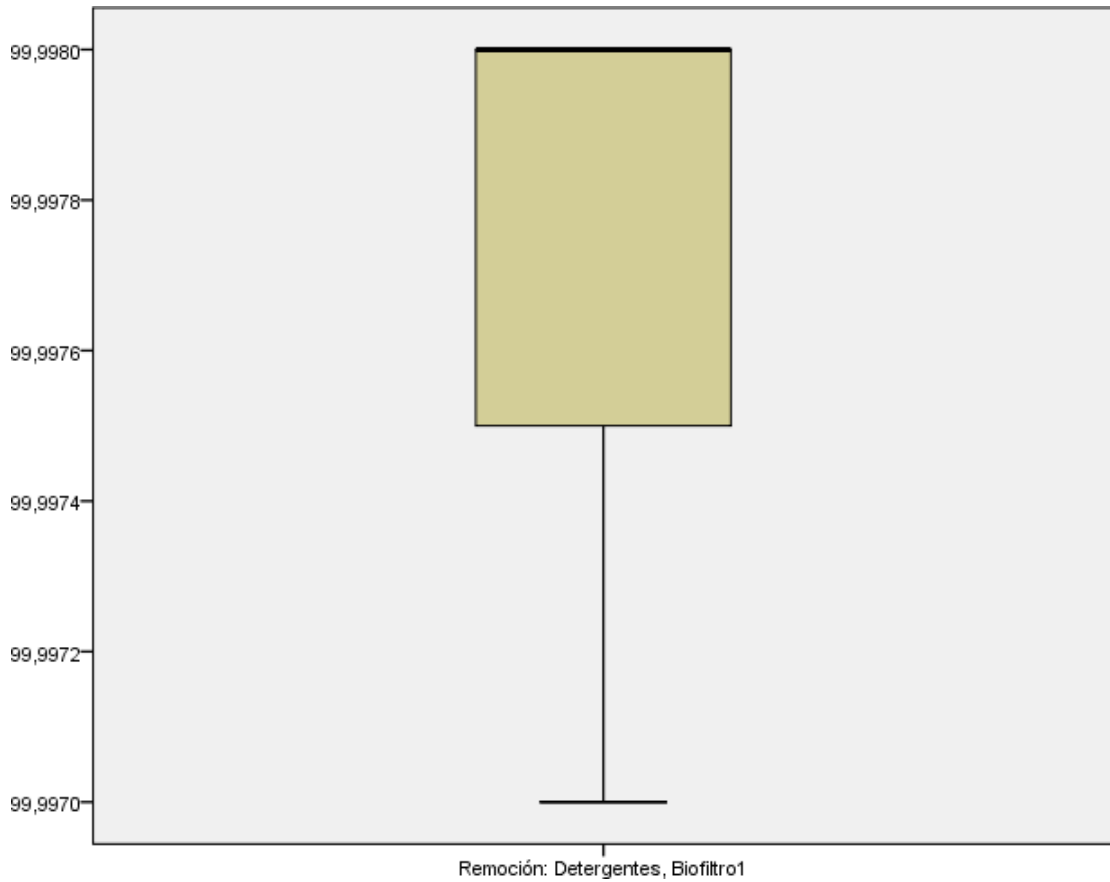
Descriptivos^a			Estadístico	Error estándar
Remoción Detergentes: Biofiltro 1	Media		99.997750	0.0002500
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	99.996954	
		Límite superior	99.998546	
	Media recortada al 5%		99.997778	
	Mediana		99.998000	
	Varianza		0.000	
	Desviación estándar		0.0005000	
	Mínimo		99.9970	
	Máximo		99.9980	
	Rango		0.0010	
	Rango intercuartil		0.0008	
	Asimetría		-2.000	1.014
	Curtosis		4.000	2.619

Nota. No existe diferencia en los resultados de la remoción de detergentes en ambos biofiltros.

(a) Remoción: Detergentes, Biofiltro 2 es constante. Se ha omitido.

Figura 10

Caja del biofiltro 1 y biofiltro 2 con respecto a los detergentes



Nota. La caja indica que la remoción de detergentes se concentra en la parte superior del intervalo en ambos biofiltros, aunque distante de su mínimo rendimiento, ello debido a la curtosis negativa que presentan ambos, en conclusión, no hay diferencias entre utilizar uno u otro biofiltro para la remoción de los detergentes.

5.2. Resultados Inferenciales

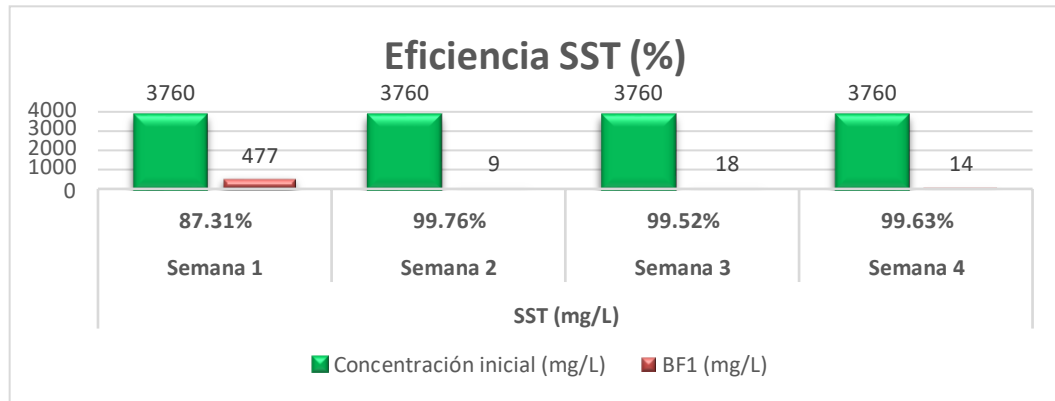
5.2.1. Eficiencia del Área del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical 1

De acuerdo con los resultados detallados y basándonos en la remoción porcentual de contaminantes en función al tiempo de optimización del dispositivo, se pudo obtener el nivel de eficiencia del biofiltro 1.

5.2.1.1. Eficiencia del Área del Biofiltro 1 con respecto a los Sólidos Suspendedos Totales.

Figura 11

Eficiencia del área de biofiltro 1 con respecto a los sólidos suspendidos totales

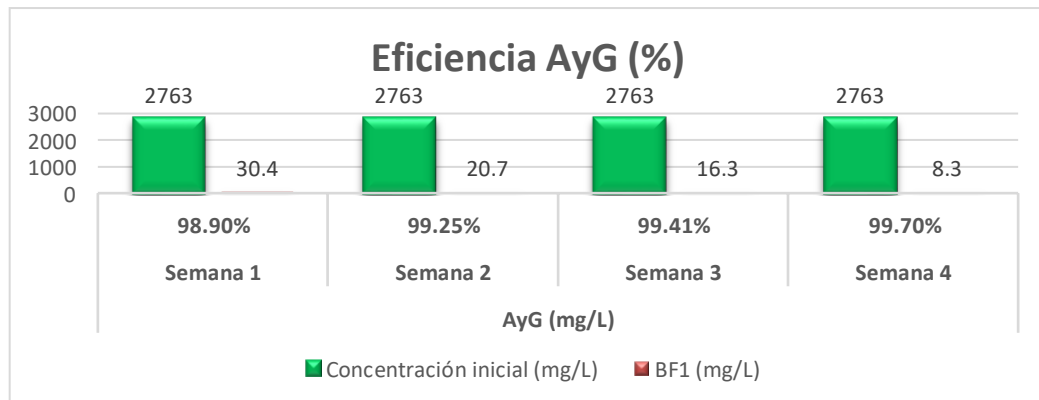


Nota. De la presente figura se infiere que, de acuerdo con Sánchez y Sarango (2016) el nivel de remoción fue alto, debido a que el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales en la cuarta semana de optimización del dispositivo fue de 99.63 %.

5.2.1.2. Eficiencia del Área del Biofiltro 1 con respecto a los Aceites y Grasas.

Figura 12

Eficiencia del área de biofiltro 1 con respecto a los aceites y grasas

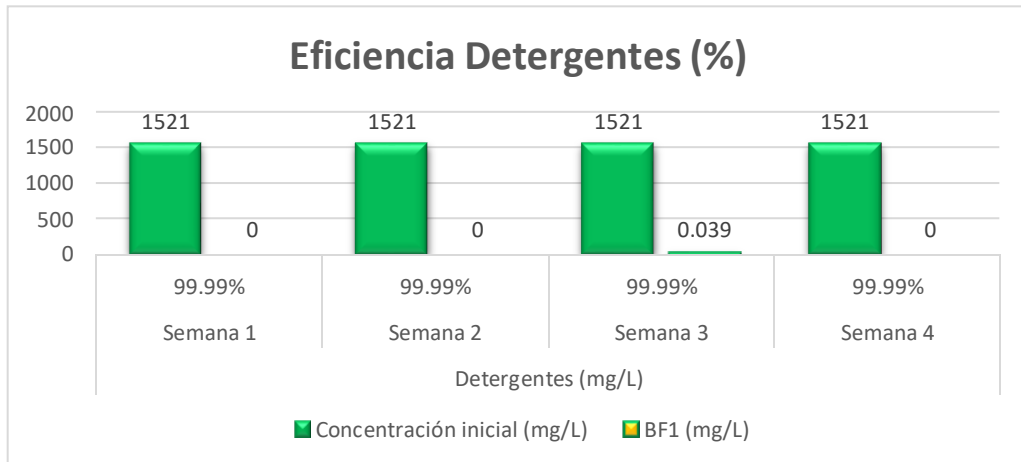


Nota. De la presente figura se infiere que, de acuerdo con Sánchez y Sarango (2016) el nivel de remoción fue alto, debido a que el porcentaje de remoción de aceites y grasas en la cuarta semana de optimización del dispositivo fue de 99.7 %.

5.2.1.3. Eficiencia del Área del Biofiltro 1 con respecto a los Detergentes.

Figura 13

Eficiencia del área de biofiltro 1 con respecto a los detergentes



Nota. De la presente figura se infiere que, de acuerdo con Sánchez y Sarango (2016) el nivel de remoción fue alto, debido a que el porcentaje de remoción de detergentes en la cuarta semana de optimización del dispositivo fue de 99.99 %.

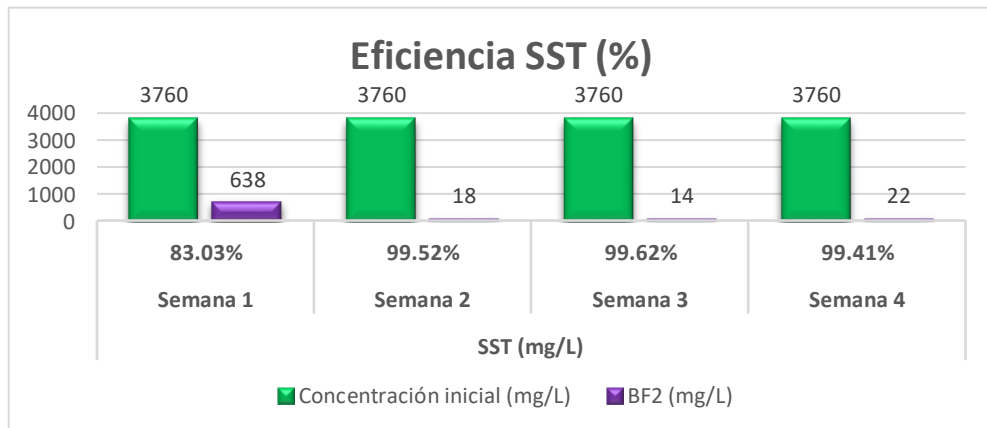
5.2.2. Eficiencia del Área del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical 2

De acuerdo con los resultados detallados y basándonos en la remoción porcentual de contaminantes en función al tiempo de optimización del dispositivo, se pudo obtener el nivel de eficiencia del biofiltro 2.

5.2.2.1. Eficiencia del Área del Biofiltro 2 con respecto a los Sólidos Suspendidos Totales.

Figura 14

Eficiencia del área de biofiltro 2 con respecto a los sólidos suspendidos totales

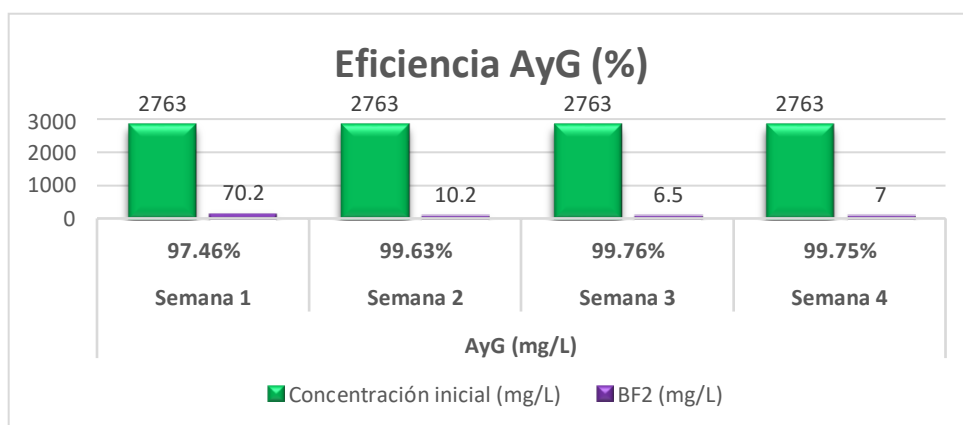


Nota. De la presente figura se infiere que, de acuerdo con Sánchez y Sarango (2016) el nivel de remoción fue alto, debido a que el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales en la cuarta semana de optimización del dispositivo fue de 99.41 %.

5.2.2.2. Eficiencia del Área del Biofiltro 2 con respecto a los Aceites y Grasas.

Figura 15

Eficiencia del área de biofiltro 2 con respecto a los aceites y grasas

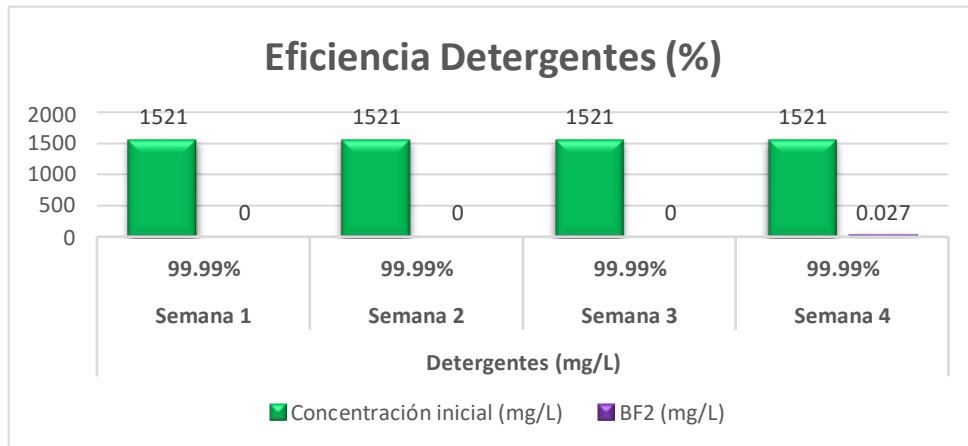


Nota. De la presente figura se infiere que, de acuerdo con Sánchez y Sarango (2016) el nivel de remoción fue alto, debido a que el porcentaje de remoción de aceites y grasas en la cuarta semana de optimización del dispositivo fue de 99.75 %.

5.2.2.3. Eficiencia del Área del Biofiltro 2 con respecto a los Detergentes.

Figura 16

Eficiencia del área de biofiltro 2 con respecto a los detergentes



Nota. De la presente figura se infiere que, de acuerdo con Sánchez y Sarango (2016) el nivel de remoción fue alto, debido a que el porcentaje de remoción de aceites y grasas en la cuarta semana de optimización del dispositivo fue de 99.99 %.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y Demostración de la Hipótesis con los Resultados

Hipótesis General

Paso 1: Redacción de la hipótesis

Hipótesis del investigador:

Existe remoción de contaminantes de aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

Hipótesis nula:

Ho: No existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de contaminantes de aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

$$H_0 = X_1 \approx X_2$$

Ha: Existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de contaminantes de aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

$$H_0 = X_1 \neq X_2$$

Paso 2: determinar el nivel de significación $\alpha = 0.05$

Paso 3: Prueba estadística. - se aplicó la prueba t - student para muestras pareadas, por contrastarse dos variables cuantitativas obtenida longitudinalmente a través de dos medidas:

Paso 4: corroborar el supuesto de normalidad

a. $p\text{-valor} \Rightarrow \alpha$ Aceptar Ho: Los datos provienen de una distribución normal

b. $p\text{-valor} < \alpha$ Aceptar Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 28*Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis general*

	kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROMEDIO_BF1	0.433	4	0.0	0.655	4	0.003
PROMEDIO_BF2	0.438	4	0.0	0.640	4	0.002

Nota. (a) Corrección de significación de Lilliefors.

La Ho: los datos se distribuyen normalmente.

La Ha: los datos no se distribuyen normalmente.

Por el tamaño de la muestra corresponde utilizar la prueba Shapiro Wilk siendo p-valor menor al 5% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en consecuencia, se afirma que los datos no tienen una distribución normal, esta inferencia ya había sido reportado en los resultados descriptivos.

Paso 5: Pasada la prueba de normalidad podemos aplicar la prueba t-student:

Si p-valor = $< \alpha$, rechazar Ho

Si p-valor $> \alpha$, Aceptar Ho

Tabla 29*Correlación de pruebas emparejadas con respecto a la hipótesis general*

		Correlación		
		N	N	Sig.
Par 1	PROMEDIO_BF1 y	4	0.999	0.001
	PROMEDIO_BF2			

Nota. Ambas variables están altamente asociadas, por lo tanto, puede procederse a las pruebas correspondientes.

Tabla 30*Estadísticas de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis general*

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	PROMEDIO_BF1	98.6226	4	2.14739	1.07369
	PROMEDIO_BF2	98.1810	4	3.12353	1.56177

Nota. El Promedio observado en la remoción de contaminantes es idéntico, también se observa que el biofiltro 2 tienen una mayor desviación estándar.

Tabla 31*Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis general*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PROMEDIO_BF1								
	-	0.44158	0.98037	0.49019	-1.11841	2.00157	0.901	3	0.434
	PROMEDIO_BF2								

Nota. El resultado indica que p-valor (sig.) es mayor que alfa, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, es decir se prueba que no existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de contaminantes de aguas residuales en el servicentro Very Wash San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

Hipótesis específica 1:

Paso 1: Redacción de la hipótesis

Hipótesis del investigador: “El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho,2020”

Ho: No existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

$$H_0 = X_1 \approx X_2$$

Ha: Existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

$$H_0 = X_1 \neq X_2$$

Paso 2: determinar el nivel de significación $\alpha = 0.05$

Paso 3: Prueba estadística. - se aplicó la prueba t – student por contrastarse dos variables cuantitativas obtenida longitudinalmente a través de dos medidas:

Paso 4: corroborar los supuestos de normalidad:

a. p-valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar Ho: Los datos provienen de una distribución normal

b. p-valor $< \alpha$ Aceptar Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Cumpléndose el requisito previo, procedemos a presentar la prueba t-student.

Tabla 32*Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis específica 1*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción						
Sólidos						
suspendidos	0.435	4	0.0	0.645	4	0.074
totales: Biofiltro 1						
Remoción						
Sólidos						
suspendidos	0.437	4	0.0	0.640	4	0.054
totales: Biofiltro 2						

Nota. (a) Corrección de significación de Lilliefors.

La Ho: los datos se distribuyen normalmente

La Ha: los datos no se distribuyen normalmente

Por el tamaño de la muestra corresponde utilizar la prueba Shapiro Wilk siendo p-valor mayor al 5% se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula para la remoción de sólidos suspendidos totales con ambos biofiltros, en consecuencia, se afirma que los datos tienen una distribución normal.

Paso 5: prueba t-student

Si p-valor = $< \alpha$ rechazar Ho

Si p-valor $> \alpha$ Aceptar Ho

Tabla 33*Estadística de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 1*

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Remoción Sólidos suspendidos totales: Biofiltro 1	96.555000	4	6.1641139	3.0820569
	Remoción Sólidos suspendidos totales: Biofiltro 2	95.395000	4	8.2437795	4.1218897

Nota. El Promedio observado en la remoción de sólidos suspendidos totales acusa una mínima diferencia, sin embargo, ambos tienen dispersión significativa al tratar la remoción de sólidos suspendidos totales.

Tabla 34*Correlaciones de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 1*

		Correlación		
		N	N	Sig.
Par 1	Remoción Sólidos suspendidos totales: Biofiltro 1 y Biofiltro 2	4	1.000	0.000

Nota. Ambas variables emparejadas muestran correlación perfecta, y el p-valor es menor al 5% cumpliéndose la hipótesis de que ambas variables están asociadas, a partir de esto ya se puede aplicar pruebas causales a las variables.

Tabla 35*Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 1*

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Remoción Sólidos suspendidos totales Biofiltro 1 y Biofiltro 2	1.1600000	2.0858252	1.0429126	-2.159013	4.4790133	1.112	3	0.347

Nota. El resultado indica que p-valor (sig.) es mayor que alfa, en consecuencia, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, es decir se prueba que no existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

Hipótesis específica 2:

Paso 1: Redacción de la hipótesis

Hipótesis del investigador: “El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los aceites y grasas de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho,2020”

Hipótesis de contraste:

Ho: No existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de aceites y grasas de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

$$H_0 = X_1 \approx X_2$$

Ha: Sí existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de aceites y grasas de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

$$H_0 = X_1 \neq X_2$$

Paso 2: determinar el nivel de significación $\alpha = 0.05$

Paso 3: Prueba estadística. - se aplicó la prueba t – student por contrastarse dos variables cuantitativas obtenida longitudinalmente a través de dos medidas:

Paso 4: corroborar los supuestos de normalidad:

a. p-valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar Ho: Los datos provienen de una distribución normal

b. p-valor $< \alpha$ Aceptar Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 36*Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis específica 2*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción Aceites y Grasas: Biofiltro 1	0.173	4	0.0	0.996	4	0.985
Remoción Aceites y Grasas: Biofiltro 2	0.415	4	0.0	0.671	4	0.005

Nota. (a) Corrección de significación de Lilliefors.

La Ho: los datos se distribuyen normalmente

La Ha: los datos no se distribuyen normalmente

Por el tamaño de la muestra corresponde utilizar la prueba Shapiro Wilk siendo p-valor mayor al 5% se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula para la remoción de aceites y grasas con el biofiltro 1, en consecuencia se afirma que los datos tienen una distribución normal; sin embargo para el caso del biofiltro 2 el p-valor es menor al 5% en consecuencia se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Cumplíndose el requisito previo procedemos a presentar la prueba t-student

Paso 5: prueba t-student

Si p-valor = $< \alpha$ rechazar Ho

Si p-valor $> \alpha$ Aceptar Ho

Tabla 37*Estadísticas de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 2*

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Remoción Aceites y Grasas: Biofiltro 1	99.315000	4	0.3335166	0.1667583
	Remoción Aceites y Grasas: Biofiltro 2	99.150000	4	1.1282139	0.5641070

Nota. El Promedio observado en la remoción de aceites y grasas acusa una mínima diferencia; sin embargo, la dispersión es mínima en el biofiltro 1 respecto al biofiltro 2.

Tabla 38*Correlaciones de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 2*

		Correlación		
		N	n	Sig.
Par 1	Remoción Aceites y Grasas: Biofiltro 1 y Biofiltro 2	4	0.850	0.150

Nota. La asociación entre los valores de ambas variables es menor al 90%, sin embargo, se puede considerar alta, para continuar con la prueba.

Tabla 39*Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 2*

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Remoción Aceites y Grasas Biofiltro 1 y Biofiltro 2	0.1650000	0.8629600	0.4314800	-1.208162	1.538162	0.382	3	0.728

Nota. El resultado indica que p-valor (sig.) es mayor que alfa, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna; es decir, se prueba que no existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de aceites y grasas de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1, en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

Hipótesis específica 3:

Paso 1: Redacción de la hipótesis

Hipótesis del investigador: “El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los detergentes de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho,2020”

Hipótesis de contraste:

Ho: No existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de los detergentes de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2

$$H_0 = X_1 \approx X_2$$

Ha: Si existe diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de los detergentes de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1 en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

$$H_0 = X_1 \neq X_2$$

Paso 2: determinar el nivel de significación $\alpha = 0.05$

Paso 3: Prueba estadística. - se aplicó la prueba t – student por contrastarse dos variables cuantitativas obtenida longitudinalmente a través de dos medidas:

Paso 4: corroborar los supuestos de normalidad:

a. p-valor $\Rightarrow \alpha$ Aceptar H_0 : Los datos provienen de una distribución normal

b. p-valor $< \alpha$ Aceptar H_a : Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 40

Prueba de normalidad con respecto a la hipótesis específica 3

Prueba de normalidad ^b	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción Detergentes: Biofiltro 1	0.441	4	0.0	0.630	4	0.001

Nota. (a) Corrección de significación de Lilliefors. (b) Remoción: Detergentes, Biofiltro 2 es constante. Se ha omitido.

La Ho: los datos se distribuyen normalmente

La Ha: los datos no se distribuyen normalmente

Por el tamaño de la muestra corresponde utilizar la prueba Shapiro Wilk siendo p-valor menor al 5% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en consecuencia se afirma que los datos no tienen una distribución normal, esta inferencia ya había sido reportado en los resultados descriptivos.

Cumpléndose los requisitos previos procedemos a presentar la prueba t-student

Paso 5: prueba t-student

Si p-valor = $< \alpha$ rechazar Ho

Si p-valor $> \alpha$ Aceptar Ho

Tabla 41*Estadísticas de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 3*

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Remoción				
	Detergentes:	99.997750	4	0.0005000	0.0002500
	Biofiltro 1				
	Remoción				
	Detergentes:	99.998000	4	0.0000000	0.0000000
	Biofiltro 2				

Nota. El Promedio observado en la remoción de detergentes acusa una mínima diferencia, sin embargo, la dispersión es mínima en el biofiltro 1 respecto al biofiltro 2.

Tabla 42*Correlaciones de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica*

3

		Correlación		
		N	n	Sig.
Par 1	Remoción			
	Detergentes:	4	0.000	0.000
	Biofiltro 1 y			
	Biofiltro 2			

Nota. De la tabla anterior se deduce que la prueba a considerado todos los datos, ambos resultados con promedios idénticos.

Tabla 43*Prueba de muestras emparejadas con respecto a la hipótesis específica 3*

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Remoción Detergentes Biofiltro 1 y Biofiltro 2	-0.0002500	0.0005000	0.0002500	-0.0010456	0.0005456	-1.000	3	0.391

Nota. El resultado indica que p-valor (sig.) es mayor que alfa, en consecuencia, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula es decir se prueba que no existe una diferencia significativa entre los parámetros resultantes de la remoción de los detergentes de las aguas residuales en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho utilizando el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 1, en comparación con los resultantes de usar el biofiltro subsuperficial de flujo vertical 2.

6.2. Contrastación de los Resultados con Otros Estudios Similares

El resultado de la hipótesis general muestra concordancia con el trabajo de González (2015), en la tesis titulada Remoción de contaminantes en humedales contruidos de flujo vertical sembrados con *Heliconia psittacorum* y alimentados con diferentes frecuencias, tuvo como propósito evaluar la remoción de contaminantes, y por medio del análisis estadístico no paramétrico Kruskal Wallis, se concluyó que los humedales no presentaron diferencias significativas, pudiendo ser viable cualquier sistema para el tratamiento de aguas residuales domésticas residuales de la universidad tecnológica de Pereira.

Comparando con el trabajo de Sánchez y Sarango (2016), en la tesis Diseño y construcción de dos biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora Río Manso EXA S.A. “Planta la Comuna” tuvieron como objetivo la construcción de dos biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* utilizando arena, gravilla, grava y piedra pómez como lecho de soporte para tratar aguas residuales y concluyen que no existen diferencias significativas en los parámetros analizados. En esta tesis los propósitos y la metodología coinciden con la presente tesis, por cuanto las conclusiones de esta tesis muestran concordancia con los resultados obtenidos de la tesis.

Quispe (2018), en la tesis Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Carapongo, Lurigancho-Chosica. Tuvo como propósito evaluar la eficiencia entre dos sistemas pilotos de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales, los resultados de esa investigación indican que los dos biofiltros obtienen valores alrededor del 90% en la remoción de residuales, en consecuencia, muestra concordancia con la comparación del área de dos biofiltros utilizados en esta presente tesis, mostrando resultados concordantes con los de esta tesis.

Almendo y Meléndez (2016), en la tesis titulada Diseño y puesta en funcionamiento de un humedal artificial a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas contaminadas concluye que, de acuerdo con los datos de los análisis efectuados se ha demostrado que los humedales a escala de

laboratorio tienen una alta capacidad de eliminación o asimilación de nutrientes causantes de la contaminación de las aguas, si bien este es un trabajo a escala de laboratorio, está la línea de la presente tesis por ello sus resultados son comparables y la conclusión de la presente tesis muestra discordancia con el resultado de la referida tesis.

El trabajo de Patiño y Zhinín (2015), en la tesis estudio comparativo de la capacidad depuradora de *Phragmites australis* y *Cyperus papyrus* en humedales artificiales subsuperficiales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en el cantón Santa Isabel, tuvo como propósito, realizar un estudio comparativo de la capacidad depuradora de contaminantes utilizando dos especies de plantas en humedales artificiales subsuperficiales con flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Los resultados obtenidos en los ensayos de experimentación con las dos especies indican que el papiro presenta una mayor capacidad de remoción de contaminantes como demanda bioquímica de oxígeno (91,16%), demanda química de oxígeno (83,08%), nitrógeno amoniacal (88,61%), nitratos (96,69%), fósforo (63,97%) y coliformes totales (99,57%) y fecales (99,92%); en el caso del “carrizo” retiene mayor cantidad de sólidos (88,53%). Por lo tanto, se concluye que la especie con mayor eficiencia fue el “papiro”, el resultado de esta investigación es discordante con la presente tesis en su hipótesis general en tanto la comparación de los dos biofiltros utilizados en la investigación, se concluye que no hay variación significativa en la reducción de contaminantes.

León y Zuluaga (2020), en la tesis Diagnóstico y optimización del biofiltro con *Cyperus papyrus* para tratar la *Escherichia coli* presente en el lago de los flamencos del parque Jaime Duque del municipio de Tocancipá, tuvo como objetivo formular una propuesta de optimización del biofiltro de *Cyperus papyrus* para reducir la *Escherichia coli* presente en el lago de los flamencos en el parque Jaime Duque municipio de Tocancipá, concluyéndose que en esta propuesta se establecieron los cambios necesarios que se deben implementar en el sistema de biofiltro 10 actual y en el lago de los flamencos y kayaks del Parque Jaime Duque, con el fin de mejorar la calidad del cuerpo hídrico destinado a fines recreativos; los resultados de la presente tesis muestran discordancia con esta

conclusión.

Loro (2018), en la tesis titulada Evaluación de la eficiencia del tratamiento secundario de aguas residuales domésticas utilizando un biofiltro con *Eisenia foetida* y un biofiltro convencional, tuvo como propósito determinar la eficiencia del biofiltro con la especie *Eisenia foetida* y el biofiltro convencional para la remoción de los parámetros turbiedad, sólidos suspendidos totales, concluyéndose que el biofiltro con la especie *Eisenia foetida* es menos eficiente en la remoción de los parámetros de calidad de agua (turbiedad, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, DBO₅ y coliformes termotolerantes) respecto al biofiltro convencional, en este caso los biofiltros comparados muestran diferencias en los resultados de la remoción de sólidos totales, mientras que los biofiltros utilizados en esta tesis no hay diferencias en la reducción de sólidos suspendidos totales y en aceites y grasas a diferencia de esta tesis referenciada , por ello existe discordancia con estos resultados.

Jhan (2017), en la tesis titulada Tratamiento de aguas grises domésticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L en el año 2017, tuvo como propósito evaluar los resultados de la aplicación del sistema de biofiltros con respecto al tratamiento de las aguas grises domesticas en la urbanización José Carlos Mariátegui en san juan de Lurigancho utilizando para ello micro organismos, sin embargo el procedimiento también consistió en comparar los resultados al igual que en la presente tesis, sin embargo en esta tesis se obtuvo una remoción baja en los parámetros de fosfatos y nitratos. concluyendo que el sistema de biofiltro es eficiente para el tratamiento de las aguas grises domésticas y accesible para su implementación, por ello existe una divergencia relativa con sus resultados.

Torres (2017), en la tesis titulada Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017, tuvo como propósito evaluar el humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* en el tratamiento de aguas grises domésticas, concluyendo que los humedales artificiales con la especie *Typha dominguensis* influyen adecuadamente en el tratamiento de aguas grises domésticas y con ello se podría reutilizar el agua tratada como agua de riego de categoría 3 según los

Estándares de calidad ambiental y la normativa internacional FAO, concluyendo que los humedales artificiales con la especie *Typha dominguensis* influyen adecuadamente en el tratamiento de aguas grises domésticas y con ello se podría reutilizar el agua tratada como agua de riego de categoría 3 según los Estándares de calidad ambiental y la normativa internacional FAO (organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura); en la tesis referenciada la comparación es análoga a la presente tesis en el sentido de comparar distintas dimensiones de unidades experimentales en los humedales, concluyendo que los humedales artificiales con la especie *Typha dominguensis* influyen adecuadamente en el tratamiento de aguas grises domésticas y con ello se podría reutilizar el agua tratada como agua de riego de categoría 3 según los Estándares de calidad ambiental y la normativa internacional FAO (organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura), este resultado muestra discordancia con las pruebas de comparación de áreas de biofiltro utilizadas en esta tesis.

6.3. Responsabilidad Ética de acuerdo con los Reglamentos Vigentes

El trabajo de investigación fue elaborado en estricto cumplimiento de las normas vigentes nacionales establecidas, así como las normas internacionales respecto a las citas bibliográficas. Asimismo, la información presentada a lo largo de toda la tesis es confiable y veraz; por otro lado, los resultados de los análisis de las aguas residuales del servicentro Very Wash fueron emitidos y aprobados por una entidad acreditada; garantizando la confidencialidad de los resultados obtenidos; por lo que, los reportes de datos proporcionados en la investigación se usaron únicamente con fines académicos en una búsqueda científica para la culminación de la presente tesis. Asimismo, la presente tesis de investigación está conforme a lo citado, respetando la propiedad del autor.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se ha logrado determinar en qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los contaminantes de aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020, concluyéndose que el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical no influye en la remoción de contaminantes, debido a que los promedios de remoción son no significativos al utilizar ambos biofiltros.

Asimismo, se demuestra que el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash no influye en la remoción de los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales, por cuanto los resultados indican que los promedios de remoción no tienen diferencias relevantes.

Se ha logrado determinar que el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash no tiene influencia en la remoción de los aceites y grasas de las aguas residuales porque las pruebas efectuadas con ambos biofiltros arrojan resultados promedios cuasi idénticos.

A su vez se concluye que el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash no tiene influencia en la remoción de los detergentes de las aguas residuales, pues las pruebas de campo realizadas con uno y otro biofiltro no reporta variación significativa en la remoción de detergentes.

Finalmente, se concluye que la remoción de los contaminantes de aguas residuales del servicentro Very Wash, fue debido a la intervención de otros componentes que conforman los biofiltros, como las plantas acuáticas y trampa de grasas.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar e Implementar dispositivos de remoción de contaminantes de aguas residuales a escala real por parte de las municipalidades y/o instituciones que tienen capacidad de inversión en los lugares donde exista este tipo de establecimientos.
2. Debido a la alta capacidad depuradora de los contaminantes de las aguas residuales de servicentro a través de los biofiltros, pueden ser utilizados en actividades de regadío de plantas de tallo alto y plantas ornamentales.
3. La vegetación para ser incorporada debe tener ciertos requisitos que sean seleccionadas los mejores ejemplares, libre de malformaciones genéticas, después que las especies vegetales tengan un tiempo prudente de estadio en el biofiltro, se debe podar y en algunos casos cortarles el tallo para promover el crecimiento de tallos jóvenes, tomar en cuenta que este tipo de especies pueden florecer hasta máximo 4 veces, luego de ese tiempo se debe ir incorporando progresivamente nuevas especies jóvenes, esta actividad debe llevarse a cabo juntamente con el mantenimiento periódico aumentando la capacidad de rendimiento y eliminación de contaminantes.
4. Se deberá fomentar el uso de shampoos y/o detergentes neutros para que el biofiltro pueda operar a un alto grado de rendimiento en la remoción de contaminantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEA (2008).** Compuestos de Aluminio en Tratamientos de Aguas.
- Agua.org.mx** Contaminación del agua por detergentes (eutrofización)
- ANA (2016).** Conservación y preservación de muestra de agua en función al parámetro evaluado.
- Analitycal Laboratory E.I.R.L.** “Servicio de Monitoreo y Análisis Ambientales”
- Arias (2012).** El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica.
- Babbie (2000).** Fundamentos de la investigación social.
- Barceló, D., Salgot, M., Torrens, A., Ayora, C., Carrera, J., Castaño, S., & García, E. (2008).** Aguas continentales. Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua.
- Bernal, C. (2010).** Metodología de la Investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3ra. Edición. Pearson Educación: Colombia.
- Bilbao y Roldós (2015).** Plata de tratamiento de aguas residuales en Pomasqui.
- Bohor (2018).** Medio Poroso, propiedades y tipos.
- Cabral, A. (s.f.).** Relatorio de Impacto Ambiental. Repuestos RIOVERDE S.A.
- Calderón (2019).** Tratamiento de aguas residuales mediante tecnología de microorganismos eficientes, Substanzalla, Ica, Perú.
- Chang, J. (s.f.).** Calidad de agua. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Condorchem envitech (2020).** Tratamiento de Aguas Residuales, Efluentes y Aire al Servicio del Medio Ambiente
- Camirra y Cartaya (2009).** Los Antecedentes y la justificación en la investigación científica.
- Cresa (2013).** Biopelículas bacterianas y su importancia.
- Decreto Supremo N° 010-2019-Vivienda.** Reglamento de Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.
- Delgadillo (2006).** Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación.
- Delgadillo y Camacho (2010).** Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.

ECODES (2018). Guía de bolsillo de buenas prácticas: Uso eficiente del agua en la ciudad. Sector Autolavado.

Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco.

ECURED. Enciclopedia colaborativa en la red de gobierno de Cuba.

Espinoza (2017). Disminución de la DBO, DQO y STD del agua residual doméstica de Santiago de Chuco empleando un biofiltro de piedra pómez.

Espinoza y Nonato (2019). Eficiencia de biofiltros a base de cáscaras vegetales para reducir metales pesados en aguas del río Chillón, Callao, 2019.

Hanna Instruments. Desarrollo y Fabricación de Instrumentos de Medición electroquímicos, fotométricos y electrodos.

Heike, H; Winker, M. (2011). Technology Review of Constructed Wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment.

Hernández (2010). Metodología de la Investigación, quinta edición. (p.81)

Hernández (2014). Metodología de la investigación, sexta edición.

Herrera y Rey (2018). Implementación de biofiltro como agente depurador de aguas residuales del conjunto Aranjuez II, en el municipio de Villavicencio Meta.

Higuera (2015). Biofiltro con cascara de arroz y pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) para el tratamiento de efluente de la PTAR del INPEC – Yopac, Casanare, Colombia.

Induanalisis. Laboratorios ambientales.

Izquierdo (2016). Efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa grande.

Ibérico y Pinedo (2018). Evaluación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la quebrada Charhuayacu y su impacto socio ambiental en los sectores Shango y Azungue, Moyobamba, 2018.

Jhan (2017). Tratamiento de aguas grises domésticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L en el año 2017.

Kingcarwash (2020). Distribuidor de equipos automáticos para lavado de carros, carwash, autolavados y franquicia de Autolavado.

León y Zuluaga (2020). Diagnóstico y optimización del biofiltro con *Cyperus papyrus* para tratar la *Escherichia coli* presente en el lago de los flamencos del parque Jaime Duque del municipio de Tocancipá.

Loredo (2017). Microorganismos facultativos.

Loro (2018). Evaluación de la eficiencia del tratamiento secundario de aguas residuales domésticas utilizando un biofiltro con *Eisenia foetida* y un biofiltro convencional.

Luna, V., & Aburto, S. (June de 2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas.

Marín y Oses (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con proceso de lodos activados. CEA Jalisco.

Martelo y Lara (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte.

Mejía y Cabrera (2017). Remoción de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales domésticas mediante prototipo a escala de laboratorio.

Miglio (2016). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Nagua, G. (2016). Recuperación de aguas residuales grises mediante biofiltros (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. (2015)

Núñez y Ortega (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones.

OEFA (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales.

Otzen, T. & Manterola C. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio.

Pozo (2020). Implementación de un biofiltro a partir de materia orgánica como lecho filtrante para reducir la concentración de contaminantes del agua del río Guayas en la zona del “Muelle Caraguay”

Quispe y Cuti (2019). Sistema de filtro a partir de la cascarilla de arroz.

RAI (2020). Real Academia de Ingeniería.

Reátegui (2016). Lavado de vehículos automotores en la ciudad y su efecto sobre el uso del agua y el ambiente, Iquitos, Loreto, 2016.

Reynolds, Kelly (2002). Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. Editorial: De La Llave. Arizona, Estados Unidos.

Rodríguez y Garay (2016). Configuración de biofiltros subsuperficiales modificados para reducir el área de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Rojas Soriano, Raúl (2016). Guía para realizar investigaciones sociales.

Romero y Colín (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica.

Sánchez y Sarango (2016). Diseño y construcción de dos biofiltros con Eichhornia Crassipes y Lemna Minor para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora Río Manso EXA S.A. “Planta la Comuna”, Quinind.

Stottmeister, U., Wiebner, A., Kuschk, P., Kappelmeyer, U., Küstner, M., Bederski, O., Moormann, H. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. Biotechnology Advances.

Solís (2013). El proceso de sedimentación como una aplicación sencilla para reducir contaminantes en efluentes textiles.

Vásquez, S. (2017). Análisis de la eficiencia de un prototipo de Biofiltro en el tratamiento de aguas residuales para riego en Trapiche, Comas, 2017 (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

Vicente (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales, Quito, 2016.

Visscher (2006). Filtración en múltiples etapas, IRC.

WSP (2006). Profesional Junior en Comunicaciones de WSP-LAC para América Central.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice	Métodos y Técnicas
¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los contaminantes de aguas residuales del servicentro Washi, San Juan de Lurigancho, 2020?	Determinar en qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los contaminantes de aguas residuales del servicentro Washi, San Juan de Lurigancho, 2020.	Existe remoción de contaminantes de aguas residuales a través del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Washi, San Juan de Lurigancho, 2020.	VARIABLE INDEPENDIENTE: ÁREA DEL BIOFILTRO SUBSUPERFICIAL DE FLUJO VERTICAL	Se define como aquel dispositivo que consta de un lecho de piedra, grava y arena, que sirve como soporte a la vegetación instalada para el desarrollo del proceso de descontaminación manteniendo un área determinada por cada capa y que tiene como base la actividad bioquímica de microorganismos, el suministro de oxígeno a través de las plantas y así depurar los contaminantes de las aguas residuales.	Se construirán dos biofiltros de forma paralelepípedos de dimensiones diferentes, uno de 0.7 m x 0.4 m x 0.45 m; y el otro de 0.7 m x 0.2 m x 0.45 m, ambos tendrán una capa de piedra de canto rodado, grava y arena gruesa; la medición se realizará en forma simultánea, a ambos se les colocará como	Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical 1 Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical 2	Geometría Lecho filtrante Bioindicador Geometría Lecho filtrante Bioindicador	m m Kg m m Kg	Aplicativo Aplicativo

Problema específico 1	Objetivo específico 1	Hipótesis específica 1	(Marín y Osés 2013, ppt.154)	planta acuática, "papiro enano".					
¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020?	Determinar en qué medida se remueven los sólidos suspendidos de las aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.	El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.	Los contaminantes se definen como aquellos parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los valores máximos admisibles de la normativa legal vigente y que se encuentran en un medio que puede causar efectos adversos para la salud o el ambiente. (Calderón Vilma, 2018)	Para la remoción de contaminantes de las aguas residuales, éstas pasarán a través de un biofiltro que contendrá lecho poroso compuesto por piedra de canto rodado, grava, arena y materia orgánica, y a la salida se tomarán muestras y determinará la concentración de los parámetros fisicoquímicos de	Parámetros fisicoquímicos	SST	mg/l		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. Solid. Total Suspended Solid Dried at 103-105 °C. 2017

VARIABLE DEPENDIENTE: REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES

Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica
2 ¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los aceites y grasas de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020?	2 Determinar en qué medida se remueven los aceites y grasas de las aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.	2 El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los aceites y grasas de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.

las aguas residuales.

Detergentes

mg/l

SMEWW-APHA-
AWWA-WEF Part
5540 C, 23rd Ed.
Surfactans.
Anionic
Surfactants as
MBAS. 2017

Problema específico 3	Objetivo específico 3	Hipótesis específica 3			
¿En qué medida el área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los detergentes de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020?	Determinar en qué medida se remueven los detergentes de las aguas residuales a través del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.	El área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical remueve los detergentes de las aguas residuales del servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020.	AyG	mg/l	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method 2017

Nota. En la presente tabla se muestra la matriz de consistencia del tema de investigación.

Anexo 2. Tabla para Análisis de Datos

VMA para Descargas al Sistema de Alcantarillado

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para las descargas al sistema de alcantarillado
Sólidos totales suspendidos	mg/l	S.S.T	500
Aceites y grasas	mg/l	A y G	100
Detergentes	mg/l	-	-

Nota 1. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2019)

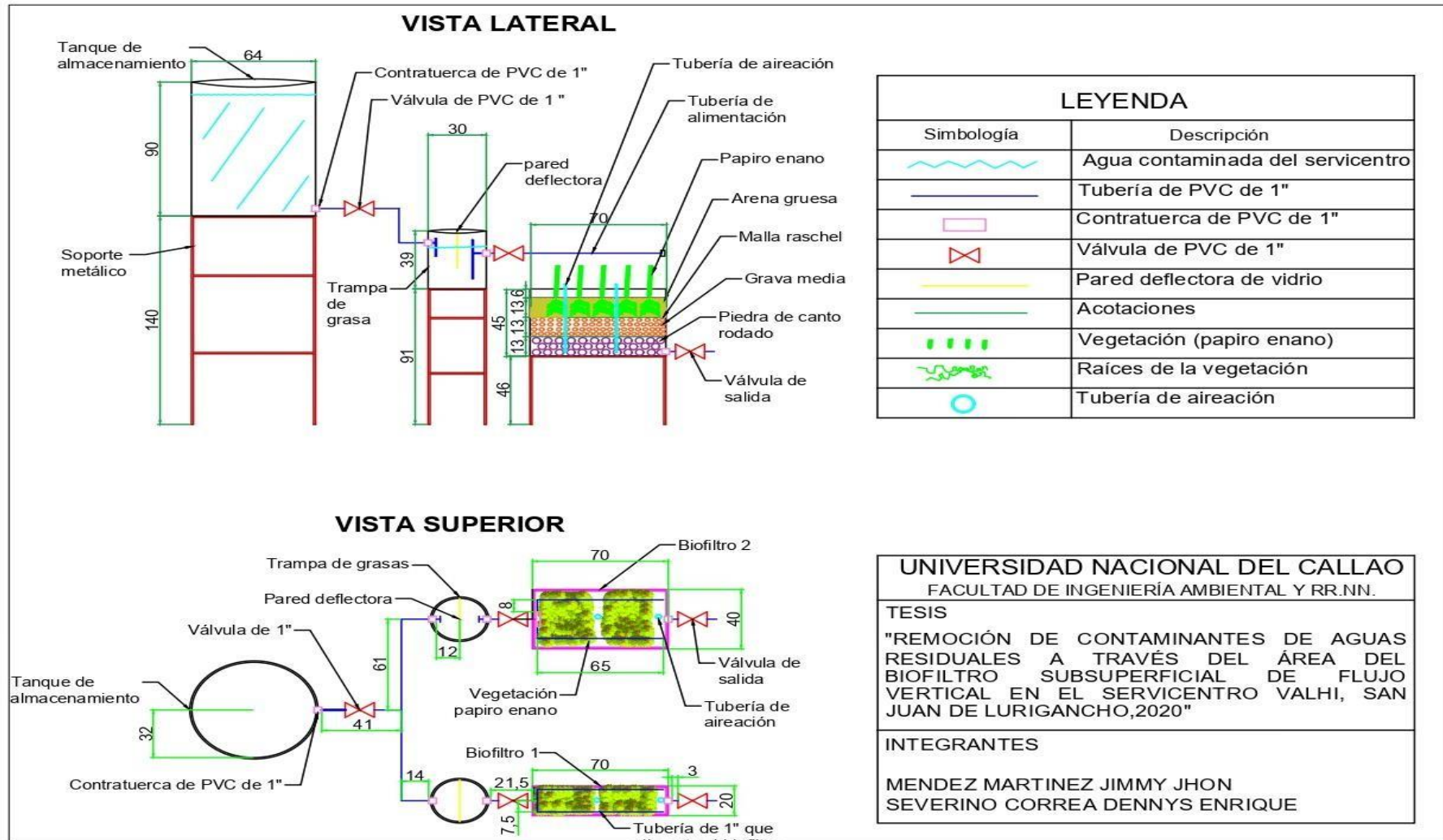
Nota 2. Límites de descarga al sistema de alcantarillado y cauce de agua (Norma de Calidad Ambiental, Libro VI, Anexo 01, Ecuador, 2015)

Anexo 3. Tabla de Concentraciones de los Contaminantes de las Aguas Residuales

Corridas	Tiempo (semana)	B ₁			B ₂		
		Concentraciones 1			Concentraciones 2		
		SST	AyG	Detergentes	SST	AyG	Detergentes
C ₁	Sem 1						
C ₂	Sem 2						
C ₃	Sem 3						
C ₄	Sem 4						

Nota. En la presente tabla se detalla el formato en que se presentaron las corridas con intervalo de tiempo semanal.

Anexo 4. Plano de Diseño de los Biofiltros Subsuperficiales de Flujo Vertical



Anexo 5. Lista Fotográfica

Materiales para la Construcción de los Biofiltros	
 <p>Tuberías y uniones de PVC de 1"</p>	 <p>Baldes de 20 L que cumplen la función de trampas de grasa</p>
 <p>Mesa de soporte para los biofiltros</p>	 <p>Parantes para tuberías que alimentarán a los biofiltros</p>
 <p>Compra de tuberías de PVC</p>	 <p>Piedra de canto rodado</p>
 <p>Grava media</p>	 <p>Arena gruesa</p>



Contratuera de PVC de 1"



Biofiltro de material de vidrio de 6 mm de espesor

Construcción y armado de Biofiltros



Perforación de trampas de grasa para el paso del agua residual



Perforación de tuberías de PVC para la caída por gravedad del agua residual



Tamizado de arena gruesa para separarla de la arena fina



Lavado del material filtrante



Colocación de piedra de canto rodado en
ambos biofiltros



Colocación de tuberías de aireación



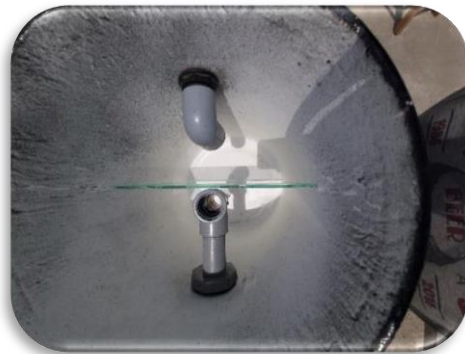
Colocación del material filtrante
colocando malla mosquitera por cada
capa



Colocación de las plantas acuáticas
Papyrus Haspan (papiro enano)



Trampa de grasa seguido del biofiltro



Separador de vidrio dentro de la
trampa de grasa



Vista lateral de los biofiltros



Vista frontal de los biofiltros

Operatividad, toma de muestra y servicentro Very Wash



Proceso de lavado de vehículos



Implementos para lavado de vehículos



Proceso de aclimatación de las plantas en el biofiltro con agua de caño



Descarga de agua de caño a través del biofiltro para el crecimiento de las raíces



Recolección de agua residual de la entrada a la red de alcantarillado



Ingreso del agua residual sin tratar a través de la trampa de grasas



Salida del agua residual a través de los biofiltros



Toma de muestra en el servicentro Very wash



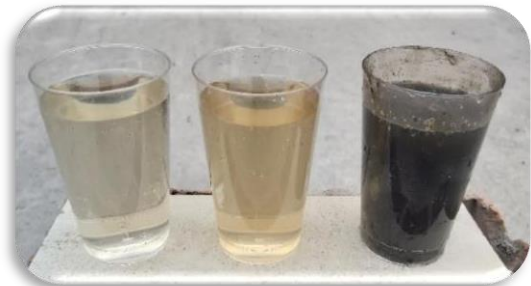
Toma de muestras en los biofiltros



Instrumentos para toma de muestra con preservantes



Primera semana de toma de muestras



Segunda semana de muestreo



Tercera semana de muestreo



Cuarta semana de muestreo

Anexo 6. Informes de Monitoreos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-8074

N° Id.: 0000051751

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
2.-DIRECCIÓN : DIRECCION AV.13 DE ENERO 1713, S.JL
3.-PROYECTO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA : SERVICENTRO VERY WASH
5.-SOLICITANTE : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-21-0989
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-03-22
10.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME MODIFICADO : 2022-05-25

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-03-12
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-03-12 al 2021-03-22

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-8074

N° Id.: 0000051751

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Aceites y Grasas ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Sólidos Suspendedos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS

⁽¹⁾ "SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-8074

N° Id.: 0000051751

IV. RESULTADOS

ITEM		1		
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-21-07688		
CÓDIGO DEL CLIENTE:		Po: Servicentro (Alcantarillado)		
COORDENADAS:		E:0281905		
UTM WGS 84:		N:8672246		
PRODUCTO:		Agua Residual		
SUB PRODUCTO:		Residual Industrial		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO :		12-03-2021 10:00		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	2 763,00
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2,0	5,0	3 760,0
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,007	0,020	1,521

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

VI. MODIFICACIONES A LOS INFORMES DE ENSAYO

El presente informe IE-22-8074 reemplaza en su totalidad al informe de ensayo original identificado con el número IE-21-2127 con fecha de emisión 22-03-2021.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-2903

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
2.-DIRECCIÓN : DIRECCIÓN. AV 13 DE ENERO 1713, SJL
3.-PROYECTO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA : AV. 13 DE ENERO 1713 - SJL
5.-SOLICITANTE : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 08-21-1323
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-04-10

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-03-30
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-03-30 al 2021-04-10



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-2903**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aceites y Grasas ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendedos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

⁽¹⁾SMEWW^{*} : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-2903

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-11061	M-21-11062			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P1: Biofiltro 1	P2: Biofiltro 2			
COORDENADAS:	E:0281936.4W	E:0281936.4W			
UTM WGS 84:	N:1327723.6N	N:1327723.6N			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Residual Industrial	Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	30-03-2021 11:00	30-03-2021 11:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	30,40	70,20
Detergentes (*)	mg MBAS/L	0,010	0,025	<0,025	<0,025
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	477	638

⚠ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

L: 0001-43
M: 21
D: 2021/04/06

Datos del cliente:
 Razón Social:
 Persona de contacto: Jimmy Mendez Martinez Correo / Teléfono: jimmy.mendez.martinez.001@gmail.com
 Nombre del proyecto: Analisis de Agua Residual

Orden de servicio: 05-2021-1392 Pag. 01 de 02
 Plan de Muestreo:
 Informe de ensayo: IE-21-3176 / CC-21-3118
 Procedencia o lugar de muestreo: Au 12 de San 17A - SJC

Preservante	562	67	1650	67	66	1650	67
-------------	-----	----	------	----	----	------	----

Ez	Punto de muestreo / Estación	Codigo de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO						T° Mts (°C)	pH (valor en pH)	CE (cal/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	OBSERVACIONES
				Grupo	Sub-grupo		Y	P	ST 5	Deformante	A x 6	ST 5	Deformante	A x 6						
1	P. Residual 01	11948	P. Residual	AR	Intermittent	M 132772.66N E 281576.78E	✓	✓											Así como con el análisis	
2	P. Residual 02	✓	P. Residual	AR	Intermittent	M 132772.66N E 281576.78E	✓	✓												
3	P. Residual 03	✓	P. Residual	AR	Intermittent	M 132772.66N E 281576.78E	✓	✓												
4	P. Residual 04	11949	P. Residual	AR	Intermittent	M 132772.66N E 281576.78E	✓	✓												
5	P. Residual 05	✓	P. Residual	AR	Intermittent	M 132772.66N E 281576.78E	✓	✓												
6	P. Residual 06	✓	P. Residual	AR	Intermittent	M 132772.66N E 281576.78E	✓	✓												
7																				
8																				

Descripción de equipos utilizados:

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Leyenda
 F: Fecha N: Norte V: Vidrio T° Mts: Temperatura de Muestra CE: Coeficiente de absorción
 H: Hora E: Este P: Plástico T° Amb: Temperatura ambiente OD: Oxígeno disuelto

Muestreado por: Jimmy Mendez Martinez Cliente: SEGEPLAN
 Fecha: 06-04-2021
 Firma: [Firma]



Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

AGUAS	USOS
AR - Agua Residual	AGUAS RESIDUALES (SANEAMIENTO)
AR - Agua Residual	AGUAS RESIDUALES (SANEAMIENTO)
AR - Agua Residual	AGUAS RESIDUALES (SANEAMIENTO)
AR - Agua Residual	AGUAS RESIDUALES (SANEAMIENTO)
AR - Agua Residual	AGUAS RESIDUALES (SANEAMIENTO)
AR - Agua Residual	AGUAS RESIDUALES (SANEAMIENTO)

Muestreado por: ALAB Cliente

Observaciones / Comentarios:

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3176

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
2.-DIRECCIÓN : Dirección. Av 13 de enero 1713, SJL
3.-PROYECTO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA : LIMA
5.-SOLICITANTE : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 000001392-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-04-17

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-04-06
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-04-06 al 2021-04-17



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3176**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aceites y Grasas ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspensos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

⁽¹⁾SMEWW[®]: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3176

IV. RESULTADOS

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-11948	M-21-11948
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PLBIOFILTRO 01	PLBIOFILTRO 02
COORDENADAS:				E:0281936	E:0281936
UTM WGS 84:				N:1327723	N:1327723
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Industrial	Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :				06-04-2021 10:00	06-04-2021 10:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	20,70	10,20
Detergentes (*)	mg MBAS/L	0,010	0,025	<0,025	<0,025
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	9	18

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

L: 1.05742
M: 01
A: 2021-03

Datos del cliente
Razón Social:
Persona de contacto: Jimmy Masís Martínez
Nombre del proyecto: ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

Orden de servicio: 03-2021-1547
Plan de Muestreo:
Informe de ensayo: 1E-21-3508 / CC-21-3447
Procedencia o lugar de muestreo: Av. 43 de Enero, 1312, S.J.L.

Preservante
≤ 62
H. 50g
≤ 67
≤ 62
H. 50g
≤ 62

Table with columns: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (Punto de muestreo, Código de laboratorio, Muestras), CLASIFICACIÓN (Grupo, Sub-grupo), UBICACIÓN (Coordenadas UTM), N° Frascos, PARÁMETROS DE ENSAYO (SST, Ar.G., etc.), PARÁMETRO IN SITU (T° Agua, pH, etc.), and OBSERVACIONES.

Tabla de Descripción de equipos utilizados con columnas: Item, Código interno del equipo, Nombre de equipo.

Tabla de Leyenda con columnas: Muestreador por (Nombre, Fecha, Firma) and Clave (Fecha, Hora, V. Voto, etc.).

Tabla de Clasificación de la Matriz Agua Ref. NTP 214.047 con columnas: Clase, Descripción, y Muestreado por (ALAB, Ombú).

Observaciones / Comentarios

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3508

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
2.-DIRECCIÓN : Dirección. Av 13 de enero 1713, S.J.L
3.-PROYECTO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA : AV 13 DE ENERO1 1713, S.J.L
5.-SOLICITANTE : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON :
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 08-21-1547
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-04-26

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-04-13
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-04-13 al 2021-04-26



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3508**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aceites y Grasas ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

⁽¹⁾SMEWW[®] : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3508

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-13055	M-21-13058			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P1: BIOFILTRO 01	P2: BIOFILTRO 02			
COORDENADAS:	E:0281938	E:0281938			
UTM WGS 84:	N:1327723	N:1327723			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Residual Industrial	Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	13-04-2021 10:00	13-04-2021 10:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	16,30	6,50
Detergentes (*)	mg MBAS/L	0,010	0,025	0,039	<0,025
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg Total Suspendido Sólido/L	2	5	18	14

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

SI: F-095-1-A2
R: SI
IV: 2007-04-11

Datos del cliente
Razón Social:
Persona de contacto: Jimmy Mejías Martínez, Correo / Teléfono: jimmymejiasmartinez001@gmail.com / 791-618-198
Nombre del proyecto: Análisis de Agua Residual

Orden de servicio: 05-2021-1704 Pág. 01 de 01
Plan de Monitoreo:
Informe de ensayo: 1E-21-3813 / CC-21-3752
Procedencia o lugar de muestreo: Av. B. de Larrea 191 - S.3.C.

Preservante	66C	H2O2	66C	66C	H2O2	66C
-------------	-----	------	-----	-----	------	-----

Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO						PARAMETRO IN SITU			OBSERVACIONES		
				Grupo	Sub-grupo		V	F	SST	A.G	Detergente	SST	A.G	Detergente	T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (micro) Solubilidad (ppb)		OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)
1	P1 - Bof. Hual	13922	F: 20-04-2021 H: 11:30 am	AR	Industrial	N: 1327236 E: 2819364	✓	✓												
2	P1 - Bof. Hual	-	F: 20-04-2021 H: 11:30 am	AR	Industrial	N: 1327236 E: 2819364	✓	-	✓											
3	P1 - Bof. Hual	-	F: 20-04-2021 H: 11:30 am	AR	Industrial	N: 1327236 E: 2819364	✓	-		✓										
4	P2 - Bof. Hual 2	13923	F: 20-04-2021 H: 11:30 am	AR	Industrial	N: 1327236 E: 2819364	✓	-		✓										
5	P1 - Bof. Hual	-	F: 20-04-2021 H: 11:30 am	AR	Industrial	N: 1327236 E: 2819364	✓	-			✓									
6	P2 - Bof. Hual 2	-	F: 20-04-2021 H: 11:30 am	AR	Industrial	N: 1327236 E: 2819364	✓	-				✓								
7																				
8																				

Descripción de equipos utilizados:

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Observaciones / Comentarios

Legenda

F: Fecha N: Nota V: Vidio T° Mtra: Temperatura de Muestra CE: Conductividad Eléctrica
 H: Hora E: Esbo P: Plástico T° Amb: Temperatura ambiente OD: Oxígeno Disuelto

Muestreado por: Jimmy Mejías
 Cliente: Jimmy Mejías
 Fecha: 20-04-2021
 Firma: [Firma]

Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

AG-000	AG-000
AG-001	AG-001
AG-002	AG-002
AG-003	AG-003
AG-004	AG-004
AG-005	AG-005
AG-006	AG-006
AG-007	AG-007
AG-008	AG-008
AG-009	AG-009
AG-010	AG-010

Muestreado por: ALAB Cliente



Sede principal: Provingón Zorrillo 160, Of. 11, 3, Miraflores, Lima / Sede General: Calle 14 de Agosto 1100, Miraflores, Lima / Sede Callao: Calle 14 de Agosto 1100, Callao / Sede Piura: Calle 14 de Agosto 1100, Piura / Sede Iquitos: Calle 14 de Agosto 1100, Iquitos / Sede Tarma: Calle 14 de Agosto 1100, Tarma / Sede Chicla: Calle 14 de Agosto 1100, Chicla / Sede Arequipa: Calle 14 de Agosto 1100, Arequipa / Sede Puno: Calle 14 de Agosto 1100, Puno / Sede Cusco: Calle 14 de Agosto 1100, Cusco / Sede Trujillo: Calle 14 de Agosto 1100, Trujillo / Sede Huaran: Calle 14 de Agosto 1100, Huaran / Sede Ica: Calle 14 de Agosto 1100, Ica / Sede Lima: Calle 14 de Agosto 1100, Lima / Sede Moquegua: Calle 14 de Agosto 1100, Moquegua / Sede Tacna: Calle 14 de Agosto 1100, Tacna / Sede Tumbes: Calle 14 de Agosto 1100, Tumbes / Sede Yauca: Calle 14 de Agosto 1100, Yauca / Sede Arequipa: Calle 14 de Agosto 1100, Arequipa / Sede Callao: Calle 14 de Agosto 1100, Callao / Sede Piura: Calle 14 de Agosto 1100, Piura / Sede Iquitos: Calle 14 de Agosto 1100, Iquitos / Sede Tarma: Calle 14 de Agosto 1100, Tarma / Sede Chicla: Calle 14 de Agosto 1100, Chicla / Sede Arequipa: Calle 14 de Agosto 1100, Arequipa / Sede Puno: Calle 14 de Agosto 1100, Puno / Sede Cusco: Calle 14 de Agosto 1100, Cusco / Sede Trujillo: Calle 14 de Agosto 1100, Trujillo / Sede Huaran: Calle 14 de Agosto 1100, Huaran / Sede Ica: Calle 14 de Agosto 1100, Ica / Sede Lima: Calle 14 de Agosto 1100, Lima / Sede Moquegua: Calle 14 de Agosto 1100, Moquegua / Sede Tacna: Calle 14 de Agosto 1100, Tacna / Sede Tumbes: Calle 14 de Agosto 1100, Tumbes / Sede Yauca: Calle 14 de Agosto 1100, Yauca

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.

INFORMES

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3813**I. DATOS DEL SERVICIO**

1.-RAZON SOCIAL : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
2.-DIRECCIÓN : DIRECCIÓN. AV 13 DE ENERO 1713, S.J.L
3.-PROYECTO : ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA : AV 13 DE ENERO 1713 - S.J.L.
5.-SOLICITANTE : MENDEZ MARTINEZ JIMMY JHON
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-21-1704
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-04-30

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-04-20
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-04-20 al 2021-04-30



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3813**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aceites y Grasas ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Detergentes ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

⁽¹⁾SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-3813

IV. RESULTADOS

ITEM	1		2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-13022		M-21-13023		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P1: BIOFILTRO 01		P2: BIOFILTRO 02		
COORDENADAS:	E:0281938		E:0281938		
UTM WGS 84:	N:1277296		N:1327723		
PRODUCTO:	Agua Residual		Agua Residual		
SUB PRODUCTO:	Residual Industrial		Residual Industrial		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	20-04-2021 11:30		20-04-2021 11:30		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,48	1,20	8,30	7,00
Detergentes (*)	mg MBAS/L	0,010	0,025	<0,025	0,027
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg Total Suspended Solids/L	2	5	14	22

⚠ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"