

Implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físico-químicos generado por aguas residuales del lavadero AQUA-Moyobamba

por Menen Pool Lumba Noriega

Fecha de entrega: 21-mar-2023 10:40a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2042731285

Nombre del archivo: ING._SANITARIA_-_Menen_Pool_Lumba_Noriega.DOCX (8.75M)

Total de palabras: 15907

Total de caracteres: 86789



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución -
4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**Implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de
parámetros físico-químicos generado por aguas residuales del lavadero
AQUA-Moyobamba**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Menen Pool Lumba Noriega

17

ASESOR:

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

Código N° 6057222

Moyobamba – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Implementación ¹ de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físico-químicos generado por aguas residuales del lavadero
AQUA-Moyobamba

AUTOR:

Menen Pool Lumba Noriega

⁴⁵ Sustentada y aprobada el 20 de diciembre del 2022, por los siguientes jurados:

.....
Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera

Presidente

.....
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Secretario

.....
Ing. M. Sc. Alex Córdova Vásquez

²
Miembro

.....
Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

Asesor

Declaratoria de autenticidad

Menen Pool Lumba Noriega, con DNI N° 71012003, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físico-químicos generado por aguas residuales del lavadero AQUA-Moyobamba.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 20 de diciembre del 2022.



.....
Menen Pool Lumba Noriega

DNI N° 71012003

Dedicatoria

Agradecimientos

A mis padres Segundo Lumba Bautista y Doris Noriega Muñoz, por el soporte, la confianza y su sabiduría aportada durante mi ciclo universitario.

A ¹² mi alma mater, la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la célebre ¹¹ Universidad Nacional de San Martín por el apoyo otorgado en el acceso al laboratorio de la Facultad de Ecología, para el desarrollo de la investigación: “Implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físico-químicos generado por aguas residuales del lavadero AQUA-Moyobamba”, aprobado mediante resolución N° 074-2022-UNSM/CFT/FE con fecha 24 de marzo del 2022.

Al ² Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza, por asesorar y orientar el presente trabajo de investigación y ante todo por el aprecio hacia mi persona.

Al lavadero “AQUA” del señor Jorge Arbildo y esposa por la autorización y el apoyo brindado en la ejecución del trabajo de investigación.

Índice general

Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice general	viii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	1
CAPITULO I REVISION BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Bases teóricas	8
1.3. Definición de términos básicos	15
CAPITULO II MATERIAL Y MÉTODOS	18
2.1 Material	18
2.2 Métodos	19
CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1. Resultados	30
3.1.1 Elaboración e implementación del sistema de tratamiento primario de aguas residuales para el lavadero AQUA (trampa de grasa más filtro).....	30
3.1.2 Caracterización de agua residual en la entrada y salida del sistema de tratamiento primario	34
3.1.3 Eficiencia de remoción del sistema de tratamiento primario	36
3.1.4 Operación y mantenimiento	43
3.1.5 Análisis estadístico T-student	43
3.2 Discusiones	44
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

ANEXOS	53
Anexo A - plano de ubicación del área de estudio.....	54
Anexo B - ficha de registro de datos de campo.....	55
Anexo C - ficha de registro de datos generales.....	55
Anexo D - Etiqueta para muestras de agua residual.....	56
Anexo E - Carta de autorización de ingreso al laboratorio de ing. sanitaria de la UNSM.....	57
Anexo F - Cálculo de la trampa de grasa.....	58
Anexo G - Plano del sistema de tratamiento primario.....	59
Anexo H - Panel fotográfico.....	60
Anexo I - Resultado de los muestreos de AyG y DQO.....	64
Anexo J - Carta de autorización para la construcción del sistema de tratamiento primario.....	68

3 Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro comparativo del consumo medio de agua en distintos tipos de lavado	11
Tabla 2. Cuadro de entradas y salidas en las etapas de lavado vehicular	11
Tabla 3. Interrelación de los parámetros del Anexo N° 1 del reglamento de los valores máximos admisibles (VMA) establecidos por el ente rector	14
Tabla 4. Requisitos para la toma de muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo	27
Tabla 5. VMA para verter aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado	28
Tabla 6. Dimensiones de la trampa de grasa	31
Tabla 7. Dimensiones del filtro	32
Tabla 8. Parámetros muestreados en la entrada (afluente) del sistema de tratamiento ..	35
Tabla 9. Parámetros muestreados en la salida (efluente) del sistema de tratamiento	36
Tabla 10. Eficiencia de remoción de DBO	37
Tabla 11. Eficiencia de remoción de DQO	37
Tabla 12. Eficiencia de remoción de SST	38
Tabla 13. Eficiencia de remoción de AyG	38
Tabla 14. Resumen de la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento	39
Tabla 15. Cuadro matriz de análisis comparativo de entradas y salidas	42
Tabla 16. Análisis de T-student para muestras pareadas	44

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de los procesos de tratamiento	20
Figura 2. Esquema general de distribución de áreas y recolección de aguas residuales	21
Figura 3. Diseño de la trampa de grasa.....	24
Figura 4. Diseño del filtro (grava, arena y carbón activado)	25
Figura 5. <i>Diseño general del sistema de tratamiento primario</i>	26
Figura 6. <i>Sistema de tratamiento (trampa de grasa más filtro)</i>	32
Figura 7. Filtro de grava, arena y carbón activado	33
Figura 8. Eficiencia de remoción de pH	40
Figura 9. Eficiencia de remoción de SST	40
Figura 10. Comparación de muestras (afluente más efluente)	41

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo implementar un sistema de tratamiento primario de aguas residuales para la remoción de parámetros físico-químicos generados por las actividades del lavado automovilístico; para ello se realizó el estudio y la determinación del sistema de tratamiento a implementar, el cual consistió en un trampa de grasas que hacía las veces de sedimentador seguido por un filtro de grava y arena, al cual se le agregó carbón activado artesanal para mejorar la eficiencia de remoción de los parámetros; los muestreos se realizaron cada 15 días por un periodo de 2 meses, obteniendo datos iniciales como: pH (9,73); DBO (223 mg/L); DQO (500 mg/L); SST (650 mg/L) y Aceites y grasas (258 mg/L); en los muestreos tomados después de la implementación del sistema de tratamiento, se obtuvieron datos como: pH (8,52); DBO (126 mg/L); DQO (200 mg/L); SST (220 mg/L) y aceites y grasas (82 mg/L); evidenciando así resultados significativos en la eficiencia de remoción de: DBO (43 %), DQO (60 %), SST (66 %) y Aceites y grasas (68 %). La evaluación de la implementación del sistema de tratamiento, demuestra que tiene efecto en la remoción de los parámetros físico-químicos, llegando a concluir que, con la construcción de un sistema de tratamiento se ha logrado reducir de manera significativa en un 68 % los contaminantes presentes en el agua residual, para poder ser vertidos en el alcantarillado.

Palabras clave: sistemas de tratamiento, lavaderos automovilísticos, eficiencia.

63 Abstract

The objective of this research was to implement a primary wastewater treatment system for physicochemical parameters removal generated by car washing activities. For this purpose, a study was conducted to determine the treatment system to be implemented, which consisted of a grease trap that served as a settling tank followed by a gravel and sand filter, to which artisanal activated carbon was added to improve the removal efficiency of the parameters. Sampling was carried out every 15 days for a period of 2 months, obtaining initial data such as: pH (9.73); BOD (223 mg/L); COD (500 mg/L); TSS (650 mg/L) and Oils and fats (258 mg/L). In the samples collected after the implementation of the treatment system, the following data were obtained: pH (8.52); BOD (126 mg/L); COD (200 mg/L); TSS (220 mg/L) and Oils and fats (82 mg/L), thus showing significant results in the removal efficiency of: BOD (43 %), COD (60 %), TSS (66 %) and Oils and fats (68 %). The evaluation of the implementation of the treatment system shows that it does have an effect on the removal of the physical-chemical parameters, concluding that, with the construction of a treatment system, a significant reduction of 68% of the pollutants present in the wastewater has been achieved, enabling it to be discharged into the sewage system.

Keywords: treatment systems, car washes, efficiency.

Introducción

Más de mil millones de toneladas de aguas residuales son vertidas anualmente a los ríos, lagos y océanos del mundo, contaminándolos con metales pesados, disolventes, aceites, grasas, detergentes, ácidos, sustancias radioactivas, fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos. Esta contaminación química del medioambiente se ha convertido en uno de los problemas globales más urgentes de la humanidad. La falta de plantas de tratamiento de las aguas residuales, tanto industriales, domésticas, agrícolas, ganaderas, etc., ocasionan grandes desechos de aguas contaminantes que afectan en gran medida al medio ambiente, ya que la mayoría de estas aguas residuales son vertidas directamente en cuerpos de agua superficial, suelos y subsuelos (Rodríguez, 2017).

Según Tavera & Torres (2015), el empleo y consumo del agua se efectúa en prácticamente todas las actividades humanas y evidentemente en las instalaciones de lavado vehicular es la principal materia prima, grandes volúmenes del recurso hídrico son empleados para brindar el servicio de lavado automotriz, dejando a su vez enormes caudales de agua residual, que en lo general las industrias disponen al sistema de alcantarillado municipal, sin ningún tipo de tratamiento donde se tenga la probabilidad de reutilizar el agua y por consiguiente llevarlo a un ahorro de la misma.

En el Perú, alrededor del 70 % de las aguas servidas resultado de las actividades de lavado vehicular, se desechan sin un tratamiento preliminar, sin tener consideración de los posibles daños hacia el medio ambiente, salud de la población y sistemas de alcantarillado, debido a que no existe una diferenciación de corrientes frente al sistema de alcantarillado convencional, afectando así plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que elevan la carga contaminante para los cuales no fueron diseñados (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2015).

De acuerdo a la Fundación Ecología y Desarrollo (2016), el lavado de vehículos puede llegar a tener un efecto ecológico crítico, ya que es responsable de la contaminación difusa debido a la liberación inmediata de artículos de limpieza y algunos restos de sustancias de aceites y grasas, pinturas y combustibles, por medio de una red de drenaje sanitario, pluvial o entorno natural

Actualmente en la urbe de Moyobamba vienen desarrollándose industrias de lavado automovilístico, las cuales disponen sus aguas residuales en el alcantarillado municipal sin un previo tratamiento, que garanticen el cumplimiento de los valores máximos admisibles, estatuidos por las leyes ambientales vigentes del país, en el peor de los escenarios, algunos lavaderos vierten sus aguas residuales en los drenajes pluviales, afectando la fuente donde estas desembocan. El lavadero “AQUA” no es ajena a esta problemática, el cual dispone sus aguas residuales en el alcantarillado sanitario sin ningún tipo de tratamiento.

Siendo estas las principales razones que argumentan la problemática del estudio y en contexto la formulación del problema se resume en la siguiente pregunta: ¿En qué medida la implementación de un sistema de tratamiento primario de aguas residuales del lavadero AQUA contribuirá a la remoción de parámetros físico-químicos?

De esta manera la hipótesis se basó en que la implementación de un sistema de tratamiento primario de aguas residuales del lavadero contribuirá a la remoción de los parámetros físicos-químicos; las variables de estudios fueron: tratamiento primario de aguas residuales (independiente) y la remoción de parámetros físico-químicos (dependiente), como objetivo general, se evaluó la implementación de un sistema de tratamiento primario de aguas residuales del lavadero para la remoción de parámetros físicos químicos, de modo que se formularon los siguientes objetivos específicos que se componen en: 1) elaborar e implementar un sistema de tratamiento primario de aguas residuales para el lavadero AQUA; 2) caracterizar el agua residual proveniente de las actividades de lavado automotriz, antes y después del sistema de tratamiento (pH, temperatura, DBO₅, DQO, SST y Aceites y Grasas) y por último se buscó: 3) evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento comparando con los valores máximos admisibles (VMA) para verter sus efluentes en el alcantarillado sanitario acorde a la normativa vigente.

La metodología aplicada consistió en la recolección y procesamiento de muestras tomadas antes y después del sistema de tratamiento primario. Para la construcción del sistema, se calculó un caudal a partir de aforos realizados en máxima demanda horaria, de los cuales se proyectaron las estructuras, se emplearon procesos unitarios el cual consistió de una trampa de grasa seguida por un filtro de grava, donde a este último se le adicionó carbón activado artesanal para mejorar la calidad del efluente final. La eficiencia de remoción se calculó mediante la utilización de métodos estadísticos,

haciendo uso de la estadística descriptiva para codificar, tabular y procesar la información, además de la prueba estadística t-student para contrastar la hipótesis y el nivel de significancia del presente estudio de investigación.

En tal sentido, la investigación se justifica por la importancia del estudio que se fundamentó en reducir la contaminación generada por el lavadero, la construcción e implementación de un sistema de tratamiento primario de aguas residuales, beneficiará directamente a los dueños del lavadero AQUA, ya que no tendrán que pagar multas impuestas por la empresa prestadora de servicio de saneamiento (EPS-Moyobamba), además por ser usuario no doméstico, evitarán pagar cuotas por verter aguas residuales que exceden los valores máximos admisibles en los alcantarillados sanitarios; por otro lado, beneficiará en gran medida a los vecinos del sector, ya que generalmente las aguas residuales sin tratar causan malos olores y arrastre de sedimentos que pueden ocasionar obstrucciones del drenaje, proliferación de insectos y roedores.

De acuerdo al caso estudiado, contextualizando los resultados obtenidos, se logró diseñar y construir un sistema de tratamiento primario, conformado por una trampa de grasas y un filtro de grava, al cual se le agregó carbón activado, evidenciando así una mejor calidad de remoción de contaminantes presentes en el efluente, además se caracterizó el agua residual proveniente del lavadero automotriz, demostrando así, que los resultados de los análisis de laboratorio, arrojaban un rango elevado de algunos parámetros a la entrada del sistema de tratamiento y por último se calculó la eficiencia de remoción que de forma promedio fue de 68 % y de la base estadística aplicada, se concluyó que la implementación del sistema de tratamiento primario tiene relevancia, por lo que los resultados obtenidos servirán como base para futuros proyectos de investigación relacionados al tema.

De acuerdo a la estructura brindada, este trabajo de investigación está dividida en tres capítulos; el capítulo I: revisión bibliográfica, consta de recopilación bibliográfica, donde se citó fuentes de información e investigaciones realizadas anteriormente, de las cuales se basó la investigación (antecedentes de la investigación), la elaboración del marco teórico y definición de términos; en el capítulo II: materiales y métodos, se detalla los materiales, métodos y procedimientos que fueron realizados para la implementación del sistema de tratamiento primario; el capítulo III: resultados y discusión, se exponen y explican los resultados y discusiones a las que se llegó en el presente trabajo de tesis; finalmente las conclusiones, recomendaciones y anexos que garantizan el trabajo realizado.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Antecedentes internacionales

Del Angel et al. (2022), en su artículo titulado, “Treatment of domestic wastewater using activated carbon prepared from sugarcane bagasse”, tuvieron como objetivo obtener carbón activado a partir del bagazo de caña de azúcar, en el cual para la activación química del carbón activado utilizaron el método de activación química con H_3PO_4 y pirolisis a 973 K. el carbón obtenido **mostró una característica análoga al grafito y una superficie microporosa** característico de ese compuesto, dicho carbón activado fue empleado para evaluar la adsorción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas, obteniendo como resultados luego de ocho horas de contacto, que el carbón activado adsorbió un 94 % de aceites y grasas contenidas en el agua residual.

Cohecha et al. (2021), en su tesis titulada, “Estudio de factibilidad para el desarrollo de un sistema de aprovechamiento de aguas grises en lavaderos de carros en Colombia”, tuvieron como objetivo ejecutar un análisis de factibilidad técnica y económica para el diseño ideal de un sistema de reaprovechamiento de aguas residuales en los lavados de vehículos, donde, realizaron un estudio de caracterización del agua residual, obteniendo parámetros elevados como SST, DQO, DBO y Aceites y Grasas, llegando a proponer entonces un sistema de tratamiento que contaba con un desarenador, una trampa de grasa, un filtro y finalmente cloro como desinfectante, con lo cual pudieron deducir que la estructura de tratamiento de aguas residuales a implementar debe garantizar un apropiado y óptimo tratamiento contemplando las fases de tratamientos y que debe seguir un fin, para ser reutilizado o simplemente vertido en un alcantarillado o medio natural.

Albarracín (2018), en su tesis titulada, “Sistema de tratamiento de agua residual autolavados Samiwall, Bogotá”; implementó un diseño y optimización de una planta de tratamiento de agua residual, empezando por la caracterización del efluente, para luego hacer la propuesta y optimización de la planta de tratamiento ya existente; la caracterización inicial de las aguas residuales mostraron una elevada carga

contaminante ¹⁷ de los parámetros físicos y químicos, por lo cual evaluó que el sistema actual de tratamiento de sus efluentes presentaba deficiencias, conllevándolo a realizar optimizaciones, empezando por mejorar y modificar el sistema de la trampa de grasa, además de implantar el uso de detergentes biodegradables para reducir la carga química contaminante generada, posterior a ello se hizo el muestreo de SST, obteniendo resultados de 128 mg/L, el cual tenía un contenido moderado pero dentro de la normativa vigente, para la muestra de DBO₅ se encontró contenido de 95 mg/L, en cuanto al DQO también se encontró dentro del límite con una concentración de 128 mg/L; lo cual pudo concluir de esa manera, que el lavadero de carros “Samiwall” cumple con los principales parámetros en el vertimiento de sus efluentes, pero, para que el sistema sea durable y más eficiente, necesita una optimización e implementación de filtros para retener los sólidos productos del lavado de carros.

Galarza & Mercado (2018), en su artículo científico titulado, “Propuesta de tratamiento y reutilización de aguas residuales de lavaderos vehiculares del municipio de Cochabamba – Bolivia”; los autores a partir del análisis físico-químico del agua residual descargada al alcantarillado, se plantearon una alternativa de tratamiento para así poder reducir los contaminantes y posibilitar el reúso del agua residual. El sistema de tratamiento, contó de las siguientes unidades: canal colector, unidad integrada de desgrasador o trampa de grasa / sedimentador de placas y un tanque floculador, para lo cual se realizaron pruebas de simulación en la unidad integrada de trampa de grasa/sedimentador, obteniendo resultados de remoción de hasta 84% de grasas y aceites, con una remoción de sólidos y turbiedad también del 84 %. La simulación del proceso de floculación se realizó a través de ² las pruebas de jarras, donde utilizaron sulfato de aluminio al 2 %, con una dosis de 120 mg/L, lograron así una remoción del 95 % en la turbiedad; el sistema en general remueve el 99 % de DQO, el costo de operación para tratar 1 m³ fue de 2,5 pesos bolivianos (BOB) y el costo de implementación fue de 18 500 pesos bolivianos (BOB). Concluyeron así que el sistema de tratamiento planteado puede ser tomado en cuenta para tratar aguas residuales de lavaderos vehiculares en cualquier composición.

²³ 1.1.2. Antecedentes nacionales

Fernández (2019), en su tesis titulada, “Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales del servicentro San Miguel para minimizar el impacto ambiental

sobre las fuentes de agua”, Chiclayo; tuvo como objetivo plantear un sistema de tratamiento y reutilización para las aguas grises producto del servicio de lavado automovilístico y así poder mitigar el efecto ambiental, para ello efectuó un muestreo físico y químico del agua residual, en el cual obtuvo resultados de DBO₅ = 629,2mg/L; DQO = 1 333,28 mg/L; SST = 1 265 mg/L y Aceites y Grasas = 238,67 mg/L, estos parámetros muestreados en primera instancia se encontraban elevados y por lo tanto no cumplían con los valores máximos admisibles para ser vertidos en la alcantarilla, donde el autor para evaluar los tratamientos precisos para la propuesta; empleó el procedimiento de factores ponderados, teniendo como efecto: un desbaste de finos y gruesos, un interceptor de grasas, una coagulación-floculación y un lecho filtrante de carbón activado, donde obtuvo resultados después del tratamiento una disminución porcentual significativa de los contaminantes como DBO de 98,56 %, DQO de 99,65 %, para SST 99,79 % y Aceites y grasas de 95,56% donde finalmente pudo concluir con un análisis de costo beneficio, obteniendo una utilidad de s/ 0,36 por cada sol invertido en la implementación del sistema.

Astonistas (2018), en su tesis titulada, “Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa “Pevastar” s.a.c. para disminuir el impacto ambiental”, Chiclayo; propuso un sistema de tratamiento de aguas residuales para disminuir los impactos ambientales producidas por las aguas residuales del lavado de vehículos. Para ello realizó una caracterización físico química del efluente, donde obtuvo parámetros que excedían los límites máximos permisibles para ser descargado en fuentes de aguas superficiales, como DQO con 4 300 ppm, DBO₅ con 4 380 ppm y SST con 2 190 ppm, además aplicó la matriz de Leopold, en el cual identificó y estimó los efectos críticos ocasionados durante el proceso de lavado vehicular, llegando así a la conclusión que el sistema más adecuado para el tratamiento eficiente de las aguas residuales, es el tratamiento de coagulación-floculación, permitiendo que el efluente pueda ser reutilizado en el proceso de lavado. Por último, en su determinación costo beneficio dedujo una ganancia de \$ 0, 25 por cada dólar invertido en la implementación del sistema.

Chambi (2018), en su trabajo de tesis titulada, “Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación-floculación y adsorción, Puno”; determinó, a través de una evaluación de los parámetros físicos y químicos que las aguas residuales producidas por el lavado de ropa “don Marcelo”, excedían los

valores máximos admisibles y que estos efluentes eran vertidos directamente sin ningún tratamiento al alcantarillado sanitario; para la remoción de contaminantes se utilizaron floculantes como policloruro de aluminio y sulfato de aluminio, para luego remover contaminantes con el proceso de adsorción que para ello se realizó a través de carbón activado, por lo cual concluyó que dichos procesos de coagulación, Floculación y adsorción pueden remover un aproximado de 97,99 % de contaminantes eficientemente.

1.1.3. Antecedentes locales

Tuesta (2021), en su tesis titulada, “Diseño de un proceso físico para la reducción de contaminantes generados por aguas residuales de los usuarios no domésticos en la ciudad de Moyobamba”; el autor tuvo como objeto, diseñar un proceso físico compuesto por una trampa de grasa y un filtro de medio dual de grava fina y arena, para reducir los contaminantes generados por aguas residuales de los usuarios no domésticos, en el cual realizó los cálculos hidráulicos de dichas estructuras, teniendo como dato un caudal de 0,6 L/s, en la caracterización del agua residual pudo determinar la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento, teniendo como resultados en la eficiencia como 74,44 % para DBO₅, 84,50 % para DQO, 62,46 % para SST y para AyG tuvo eficiencia de remoción de hasta 82,09 %, concluyendo así que, con el tratamiento físico, se logró disminuir significativamente los parámetros evaluados, cumpliendo así con los VMA para verter en el alcantarillado municipal.

Hidalgo (2018), realizó su trabajo de grado titulada, “Determinación de los valores máximos admisibles de efluentes no domésticos en lavaderos de vehículos motorizados con autorización, Moyobamba-2018”, el cual evaluó y determinó los valores máximos admisibles (VMA) de efluentes no domésticos en 4 diferentes establecimientos de lavado vehicular que cuentan con autorización de vertimiento en el alcantarillado sanitario de la ciudad de Moyobamba, por lo que realizó muestreos del agua residual no domestica por 4 ocasiones cada 7 días, a la vez aplicó la comparación con los VMA del D.S. 001-2015-VIVIENDA, llegando así a la conclusión de que 3 lavaderos en el cual realizó su proyecto de investigación están sobre los valores máximos admisibles y que eso se debe a la falta de la implementación de sistemas de tratamiento y de la exigencia de la empresa prestadora de servicio de Moyobamba (EPS-Moyobamba).

1.2. Bases teóricas

2.2.1. Clasificación de las aguas residuales

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2017), la clasificación de las aguas residuales se detallan a continuación de acuerdo a su origen:

✓ ³¹ Domésticas

Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana y deben ser dispuestas adecuadamente (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2017).

✓ Industriales

Son aquellas que resultan ⁴⁰ del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otra (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2017).

✓ ¹⁰ Municipales

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2017).

2.2.2. Tipos o ⁶ procesos de tratamiento de aguas residuales

La complejidad de los ¹¹ procesos de tratabilidad del agua, están en función a los objetivos que se establezcan para el efluente final, así lo establece el Ministerio del Ambiente (2009), lo cual, los niveles de tratamiento de forma global han sido ordenados de la siguiente manera:

✓ ¹ Pre tratamiento o tratamiento preliminar

Tiene como objeto el retenimiento de sólidos gruesos y finos, con densidad mayor al agua y arenas, como son plásticos, palos, grasas, entre otros materiales flotantes, con la finalidad de favorecer el siguiente proceso de tratamiento, las unidades más

comunes empleadas en estos sistemas, son canales con rejas, desarenadores, y en algunas ocasiones especiales tamices (Ministerio del Ambiente, 2009).

✓ **Tratamiento primario**

Es todo proceso que faculta la remoción de material suspendido, por lo tanto, la remoción del tratamiento primario permite eliminar hasta un 70 % de SST y un 30 % de DBO₅, la finalidad del tratamiento primario es la eliminación de sólidos orgánicos e inorgánicos que pueden sedimentar por simple gravedad y mayor densidad de los sólidos; dentro de los procesos más comunes tenemos el tanque Imhoff, tanque séptico, tanques de flotación, trampas de grasa, lagunas primarias, etc (Ministerio del Ambiente, 2009).

✓ **Tratamiento secundario**

El origen del tratamiento secundario es la de incorporar procesos biológicos, en los que predomina la reacción bioquímica generado por microorganismos que generan una eficiencia de remoción de entre el 50 % y el 95 % dependiendo del tipo de proceso empleado, pueden ser biofiltros, biodiscos, lodos activados, lagunas de estabilización, etc (Ministerio del Ambiente, 2009).

✓ **Tratamiento terciario**

El objetivo del nivel de tratamiento terciario es lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes, su finalidad es evitar la eutrofización provocada por el exceso de los nutrientes como nitrógeno y fosforo; la necesidad de implementar este sistema de tratamiento se verá reflejado en la disposición final que se pretende darle, vertido a cuerpos de agua, reutilización para riego, reutilización de uso industrial, etc., las principales tecnologías usadas en este sistema son la precipitación química, radiación UV, flotación, osmosis inversa, etc (Ministerio del Ambiente, 2009).

2.2.3. Usuario no doméstico (UND)

Persona natural o jurídica que efectúa vertidos de aguas grises no domésticas al sistema de alcantarillado, encontrándose dentro de ella los lavaderos automovilísticos, D.S 010-2019 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019).

Obligación de los usuarios no domésticos

De acuerdo a la normativa vigente D.S. 010-2019⁴ del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2019), los usuarios que dispongan⁴⁷ aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado están en la obligación de:

- ✓ Construir un sistema de tratamiento de aguas residuales¹³ y/o modificar los procesos productivos, cuando sus vertidos estén sobre los valores máximos admisibles (VMA)
- ✓ Brindar todas las facilidades para que el personal de servicio de saneamiento pueda sacar muestras y verificar el cumplimiento de los VMA
- ✓ Pagar un incentivo adicional por exceder⁷ la concentración de los parámetros establecidos en el reglamento D.S 010-2019-VIVIENDA.
- ✓ Cumplir con las leyes ambientales⁴ que se remitan para la regulación de la utilidad de los VMA.

2.2.4. Lavado de vehículos y consumo de agua

³⁷ La clasificación industrial internacional uniforme (CIU), de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020), clasifica al servicio de lavado automovilístico dentro de la clase 4 520 (mantenimiento y reparación de vehículos automotores), dentro de los cuales se especifica la actividad de lavado automotor, entre otros más específicas de la clasificación.

✓ Consumo de agua en el lavado automovilístico

El consumo medio de agua en las actividades de lavado de vehículos está alineado al tipo de lavado, que puede ser manual o mecánico, tal como nos indica la siguiente tabla, el consumo de agua también está profundamente ligado al tipo de automóvil a lavar, que puede ser vehículo menor o mayor, hasta incluso de carga, el cuál dispondrá de mayor volumen de agua para ser limpiado. (Fundación Ecología y Desarrollo, 2014).

Tabla 1

Cuadro comparativo del consumo medio ⁵⁸ de agua en distintos tipos de lavado

Tipos de lavado	uso del agua (Litros/vehículo)
Lavado manual con manguera	²⁰ hasta más de 500 L (dejando fluir el agua durante todo el proceso) polución difusa.
Lavado manual esponja y cubo o manguera con boquilla que se puede cerrar	Menos de 50 L (principalmente en el aclarado), polución difusa
Lavado en túnel de lavado sin reciclaje del agua (maquinaria de rodillo)	De 200 L a 300 L
Lavado en túnel de lavado con reciclaje del agua (maquinaria de rodillo)	De ⁵⁵ 75 L a 100 L
Lavado con lanzas a alta presión	De 40 L a 50 L (fluctúa en función del usuario)

Fuente: recuperado de (Fundación Ecología y Desarrollo, 2014).

✓ Lavado de vehículos entradas y salidas

⁵ El lavado de un automóvil, consta de una serie de operaciones que pueden variar de acuerdo a los requerimientos del cliente, además de las condiciones en las que llega el vehículo, en la siguiente tabla se detalla los principales procesos realizados además de algunos compuestos generados durante el lavado (Tafur, 2017).

Tabla 2

Cuadro de ⁵ entradas y salidas en las etapas de lavado vehicular

ETAPA	ENTRADA	SALIDA	FRECUENCIA
Lavado de chasis y carrocería	Agua, champús, detergentes desengrasante	Aguas residuales con tensioactivos, sólidos suspendidos y sedimentables	habitual
Lavado de motores	Agua, aceite, detergentes, gasolina	Aguas residuales con tensioactivos, sólidos suspendidos e hidrocarburos	Ocasional
Lavado de tapicería	Agua, detergentes	Aguas residual ⁵ con tensioactivos y sólidos suspendidos	Habitual
Encerado, pulido o petrolizado	Cera, silicona, toalla	Toallas sucias	Ocasional

Fuente: adaptado de (Tafur, 2017).

2.2.5. Tecnologías de tratamiento

Según Tafur (2017), ⁵ para poder disminuir la carga contaminantes de las aguas residuales de los lavaderos automovilísticos es necesario aplicar distintos tipos de tecnologías de tratamiento, ⁵ de acuerdo a los estudios experimentales que se han realizado en diferentes países, existen algunas tecnologías que sobresalen, para aplicar en aguas residuales provenientes de establecimientos de lavado automóvil: rejillas, trampa de grasas, coagulación, floculación, oxidación química y filtración en general.

El análisis de una planta de tratamiento permitirá restablecer la calidad en el efluente final, cumpliendo así con la normativa ambiental vigente de cada país, minimizar el impacto ambiental y evitar pérdidas económicas por multas y sanciones (Cabrera et al., 2022).

2.2.6. Tecnologías, sistemas o procesos de tratamiento (trampa de grasas – filtro de grava)

Según nos menciona Cardozo (2017), ⁵ la solución viable para mitigar el efecto causado sobre el recurso hídrico, son las plantas o procesos de tratamiento de aguas servidas, cuya finalidad es devolver el efluente previamente tratado al curso de agua superficial o donde esta desemboca; el proceso de tratamiento más recomendable para aguas servidas de estaciones de lavado automovilístico, son aquellos que contienen sistemas unitarios específicos como desarenadores, trampas de grasa y filtros, dependerá el grado de tratamiento que se le quiera dar y el objetivo de esta, si se reutilizará el recurso o solo será dispuesto a una red de alcantarillado municipal.

³⁵ **Trampas de grasa:** las trampas de grasa son ⁶ en efecto un sistema de pretratamiento que ⁶ consiste en un tanque en los que el agua residual tiene una permanencia corta, permite el flote de partículas menos densa del agua, las partículas de mayor densidad son sedimentados en el fondo del tanque (Cardozo, 2017).

Según González et al. (2016), la trampa de grasa reduce el flujo del agua en un determinado tiempo, conocido como tiempo de retención, durante ese tiempo hace que las grasas se aglutinan y floten ³ en la superficie, mientras que los sólidos más densos son sedimentados en el fondo de la trampa de grasa, el exceso de agua, fluye libremente hacia la etapa de filtración.

Filtros de grava: los ⁵ filtros de gravedad o filtros lentos son aquellos que tienen un lecho filtrante por el cual el agua fluye a través de ella, en el caso del filtro de grava el agua circula por medio de un estrato de grava, el cual por sus condiciones y características, permite que los sólidos suspendidos tengan contacto con otras partículas siendo retenidas en el lecho filtrante, algunos filtros de grava funcionan en serie, grava-gravilla-arena gruesa y arena fina, en algunos otros filtros también se suele usar carbón activado, el cuál por su alta capacidad de adsorción permite la remoción de contaminantes más eficazmente (Cardozo, 2017).

2.2.7. Características físicas y químicas del agua residual de lavaderos automovilísticos

De acuerdo a Cohecha et al., (2021), las principales características de un agua residual derivado de un lavadero automovilístico, contiene los siguientes parámetros:

Características físicas: ⁴⁴ los parámetros físicos dan una aproximación de la calidad del agua residual, del proceso que se realiza y de los problemas que se pueden suscitar en el tratamiento del afluente (Cohecha et al., 2021).

- **Temperatura:** la temperatura generalmente se encuentra en rangos de temperatura ambiente de acuerdo al área geográfica del lavadero.
- **Color:** el color es producto ⁸ del material coloidal, sustancias en solución y sólidos suspendidos, el color es un indicador del tipo o la condición general del agua residual, ¹¹ en la mayoría de los casos se presenta en color café claro, gris claro y gris oscuro.
- **Olor:** ⁸ en la mayoría de los casos los olores son producto de los gases de la masa ⁶ del agua residual, en el agua residual de los lavaderos, el olor está estrictamente relacionada a los productos presentes en el proceso de lavado automotriz.
- **Sólidos:** son elementos o compuestos ⁶ que se encuentran en gran manera presentes en el agua residual, generalmente son sólidos sedimentables y no sedimentables, ¹ las aguas residuales producto del lavado de automóviles casi siempre se encuentra lodo, barro y arena que arrastran consigo las llantas del vehículo.

⁸ **Características químicas:** los parámetros químicos se encuentran estrechamente ligados con la capacidad de solvencia del agua, por lo que se determinan a través de instrumentos de medición y en algunos casos a través de reactivos (Cohecha et al., 2021).

- **Aceites y grasas:** este compuesto orgánico constituido en este caso por hidrocarburos del petróleo, parámetro poco soluble que forma película en la superficie del agua residual, además de formar **natas, espumas y capas iridiscentes sobre el agua residual.**
- **pH:** el pH tiene un comportamiento de suma importancia, ya que **con concentraciones de ion hidrógeno no adecuados, presenta dificultades para el tratamiento con procesos biológicos.**

2.2.8. Parámetros dentro los valores máximos admisibles (VMA)

De acuerdo al D.S. 010-2019-VIVIENDA dentro del ANEXO I y II hace mención a los parámetros a ser evaluados dentro de los valores máximos admisibles, los cuales no deben ser excedidos para poder ser vertidos en el sistema de alcantarillado sanitario, caso contrario generaría implicancias en la operación de los colectores del alcantarillado y de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), dichos parámetros se mencionan en la siguiente tabla.

Tabla 3

Interrelación de los parámetros del Anexo N° 1 del reglamento de los valores máximos admisibles (VMA) establecidos por el ente rector

PARÁMETROS	ASPECTOS	IMPLICANCIA EN LA OPERACIÓN DE COLECTORES Y PTAR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Parámetro básico para describir la biodegradabilidad de un efluente.	Valores elevados de DBO ₅ pueden causar problemas de deterioro en redes de alcantarillado por formación de gases anaerobios que al final pueden convertirse en H ₂ SO ₄ (ácido sulfúrico), el cual es extremadamente corrosivo.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Total, de sustancias oxidables de un efluente.	Niveles elevados de DQO se vinculan con la presencia de sustancias que inhiben el tratamiento biológico.
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Determina la cantidad de material decantable en un efluente.	Valores elevados de SST inciden en atoros en las redes de alcantarillado. Concentraciones altas de SST en la PTAR significan mayores costos en la remoción y en la disposición final de los lodos.
Aceites y Grasas (A y G)	Está estrictamente relacionado con los parámetros DBO ₅ y DQO.	Un valor elevado de A y G puede causar problemas de incrustaciones en la red y ocasionar atoros.

Fuente: adaptado de Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2020).

1.3. Definición de términos básicos

Afluente

Agua u otro líquido que ingresa a una planta o proceso de tratamiento (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Efluente

Líquido que surge de una fase de tratamiento (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Caudal máximo horario

Caudal a la hora de máxima descarga (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Agua residual no doméstica

Vertido de agua residual generado por alguna actividad económica comercial o industrial, distinta a los generados por usuarios domésticos (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019).

Usuario no doméstico (UND)

Persona natural o jurídica que realiza vertidos de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, D.S 010-2019 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019).

Valores máximos admisibles (VMA)

Es la concentración de los parámetros contenidos en la disposición final de las aguas residuales no domésticas a descargar al alcantarillado sanitario, y que puede influenciar negativamente en los procesos de tratamiento de aguas residuales al exceder dichos valores, D.S 010-2019 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019).

Depuración de aguas residuales

Remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de aguas servidas (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Grado de tratamiento

Eficiencia de remoción de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor o las normas de reúso (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Sistemas de tratamiento

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (2009), los sistemas o procesos de tratamiento de aguas servidas son un conjunto de procesos, físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar el agua residual hasta un nivel tal que permita la calidad requerida para su vertimiento.

Un sistema de tratamiento de aguas servidas es un continuo ciclo físico, químico y biológico que tienen por objetivo disminuir la carga contaminante de las aguas residuales, con relación a su origen y normatividad ambiental vigente a cumplir (Humanante et al., 2022).

Procesos de tratamiento

De forma global los procesos de tratamiento se clasifican en pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, cada proceso de tratamiento es crucial para continuar otro, dentro de cada proceso podemos encontrar operaciones físicas, químicas y biológicas (cribado, desarenador, trampas de grasa, lagunas, filtros biológicos, cloración, etc. (Ministerio del Ambiente, 2009).

Tratamiento primario

Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de una considerable cantidad de material en suspensión (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Su objetivo básico es eliminar todas las materias gruesas que lleva el agua residual, además de sedimentar sólidos de mediano y gran tamaño que decantan por gravedad (Chávez, 2017).

Trampas de grasa

La trampa de grasa o interceptor de grasa es una estructura ubicada entre el punto del origen del residuo líquido y las alcantarillas, este sistema consiste en la retención y recolección de aceites y grasas del efluente, evitando el paso a los alcantarillados municipales (Obeid & Ramírez, 2018).

Filtro percolador

Sistema en el que se suministra el flujo de agua residual previamente sedimentada sobre un lecho filtrante de piedra gruesa, grava o material sintético (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Medio filtrante

Material granular a través del cual pasa el agua residual con el objetivo de purificación, tratamiento o acondicionamiento (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Carbón activado

Gránulos carbonáceos que poseen una elevada cantidad de eliminación selectiva de compuestos solubles, por adsorción (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Eficiencia del tratamiento

Relación entre la masa o concentración de remoción y la masa o concentración aplicada en un proceso o sistema de tratamiento de aguas residuales y para un parámetro en específico, se expresa en decimales o porcentaje (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Muestreo

Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Lavaderos automovilísticos

Un autolavado es un espacio o infraestructura que ofrece servicio de limpieza y cuidado automotriz, su finalidad es mantener los vehículos libres de polvo, lodo, aceites y otros compuestos que pueden dañar el vehículo (Cohecha et al., 2021).

Operación y limpieza interior y exterior de la carrocería, a pesar de no tener consecuencia directa sobre el funcionamiento del vehículo, es de gran importancia para la conservación de la misma (Vargas & Diaz, 2018).

Laboratorio acreditado

Laboratorio que cuenta con una certificación de acreditación otorgada por el INACAL (instituto nacional de calidad ambiental), para realizar el análisis de agua residual, D.S 010-2019 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019).

2 **CAPITULO II** **MATERIAL Y MÉTODOS**

2.1 Material

2.1.1 Materiales para la construcción del sistema de tratamiento primario (trampa de grasa y filtro de grava)

- ✓ Tubería PVC 3 pulg
- ✓ Accesorios: Codos, Tees, Uniones y Tapones de 3 y 2 pulg
- ✓ Fierro corrugado de acero de ½”
- ✓ Wincha Stanley de 5m/16”
- ✓ Lampas truper
- ✓ Cemento Pacasmayo 42,5 Kg
- ✓ Grava de 30mm
- ✓ Piedra chancada
- ✓ Carbón activado artesanal
- ✓ Arena de 1mm a 3mm

2.1.2 Materiales para el muestreo de parámetros físico-químicos

- ✓ Refrigerante Ice pack 750 ml
- ✓ Cooler yeti rojo de 45 litros
- ✓ Preservantes químicos para preservar las muestras de DQO y A y G.
- ✓ Reactivo para medir DBO₅
- ✓ Reactivo para medir DQO
- ✓ Frascos de plástico de 50ml, 100ml y de 1000ml
- ✓ Frascos de vidrio ámbar de 1000ml
- ✓ Ficha de recolección de datos
- ✓ Cuaderno de campo
- ✓ Plumón indeleble

2.1.3 Equipos

- ✓ GPS Garmin Etrex Touch 35
- ✓ Medidor Multiparamétrico HI 98194 de pH/ORP/CE/OD/Presión/ Temperatura.
- ✓ Espectrofotómetro portátil Hash DR 900, interfaz mini USB IP67 (con módulo opcional)

- ✓ Laptop hp Core i5 séptima generación
- ✓ Reloj Casio digital
- ✓ Cámara digital Sony

2.1.4 Equipos de protección personal

- ✓ Guantes de látex descartables
- ✓ Guantes de seguridad
- ✓ Mascarillas quirúrgicas
- ✓ Bata de laboratorio
- ✓ Gafas de seguridad

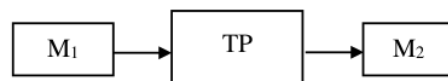
2.1.5 Servicios

- ✓ Maestro de obra para la construcción del sistema de tratamiento primario (trampa de grasa y filtro)
- ✓ Laboratorio acreditado LOAYZA MURAKAMI S.A.C. para los estudios de las muestras de Aceites y Grasas y DQO.

2.2 Métodos

La presente investigación es de tipo aplicada, porque busca resolver problemas prácticos.

Por las características que presenta el objeto de estudio, se trata de una investigación experimental – explicativa, en el cual el diseño pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula, en el presente estudio se optó por el diseño experimental de pre-prueba y post-prueba. El esquema de la investigación es el siguiente:



Donde:

TP: sistema de tratamiento primario.

M1: Medición de los parámetros del agua residual antes del proceso de tratamiento.

M2: Medición de los parámetros del agua residual después del proceso de tratamiento.

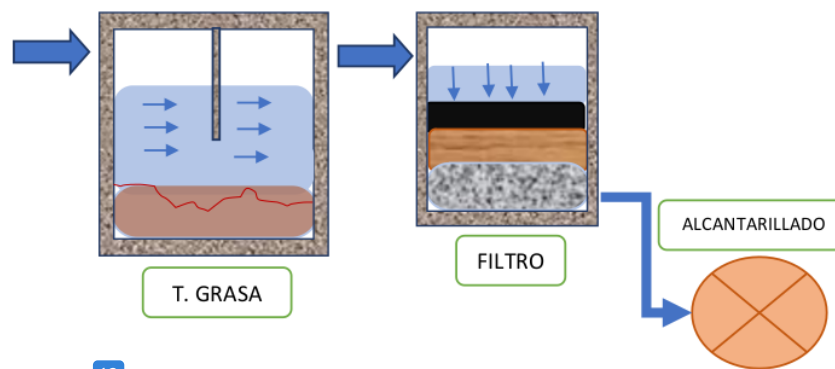
⁵⁶ El presente estudio de investigación que consistió en la implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físicos y químicos generado por aguas residuales del lavadero AQUA - Moyobamba, la población y muestra estuvo constituido por el total ⁵ de agua residual generada por el lavadero; el cual fue de 0,18 L/s.

Los métodos empleados fueron realizados de acuerdo a los objetivos planteados y en razón a los procedimientos empleados, los cuales se describen a continuación:

²³ ❖ Diagrama de flujo del proceso de tratamiento construido

El presente diagrama de flujo representa una esquematización gráfica ² del sistema de tratamiento compuesto por las estructuras de la trampa de grasa y el filtro, la finalidad de este gráfico era evaluar y analizar el diseño preliminar del sistema de remoción, las direcciones de flujo, el vertido final del efluente y la funcionalidad en general del sistema.

El esquema además ¹ aporta a una mejor conceptualización de los procesos y métodos unitarios usados para la implementación del sistema de tratamiento que se detallan a lo largo de este estudio de investigación.



¹² **Figura 1.** Diagrama de flujo de los procesos de tratamiento

❖ Recolección de las aguas residuales a tratar

En la Figura 2 se observa la distribución general de las diferentes áreas del lavadero, empezando de izquierda a derecha se tiene un área de lavado y enjuague de los vehículos, la segunda área consistía en el secado y pulido, dentro de esa área

se vio conveniente implementar el sistema de tratamiento, tal como se indica en la Figura 2, la tercera área fue recepción y despacho. El sistema de recolección del afluente se hacía a través de canaletas que estaban construidas estratégicamente, dichas canaletas tenían la función de recolectar y conducir el agua residual hasta la estructura de registro de entrada al sistema de tratamiento

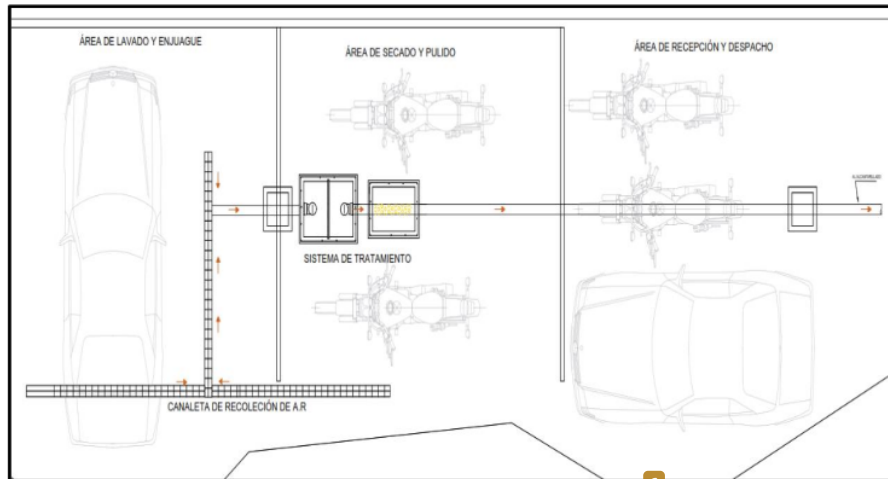


Figura 2. Esquema general de distribución de áreas y recolección de aguas residuales

❖ Aforo del agua residual del lavadero

El aforo de agua residual en el lavadero se hizo siguiendo los lineamientos de la R.J. N° 251-2013, de la Autoridad Nacional del Agua (2013), el cuál recomienda el método volumétrico para caudales menores de 5 L/s; para este método se utilizó:

- Un recipiente de 10 litros, graduado cada 1 litro para medir el volumen de agua.
- Cronómetro para medir el tiempo de llenado del recipiente

La metodología fue la siguiente:

- Se cuantificó el tiempo que demora en llenarse el agua residual en el recipiente.
- Se realiza 5 repeticiones en un intervalo de 3 minutos.
- Luego se descartó el valor máximo y mínimo y con los 3 valores restantes se determinó el promedio
- La fórmula del caudal está dada por la siguiente expresión (1).

$$Q = \frac{V}{T} \quad (1)$$

Donde:

Q = caudal en L/s

V = volumen en litros

T = en segundos

De esta manera se realizó el aforo y cálculo del caudal que ingresa al sistema de tratamiento, obteniendo así 0,18 L/s de agua residual vertido al sistema de alcantarillado sanitario, dicho caudal sirvió para proyectar las estructuras del sistema de tratamiento.

❖ **Diseño y construcción del sistema de tratamiento primario (trampa de grasa-filtro)**

Para el diseño y construcción del sistema de tratamiento primario de aguas residuales del lavadero, se empleó los siguientes métodos y procedimientos:

- para la proyección de la trampa de grasa se realizó los cálculos hidráulicos en el Excel, siguiendo las normas y especificaciones técnicas para el diseño de trampas de grasa del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria - CEPIS (2003).

Las fórmulas empleadas para calcular la trampa de grasa fueron las siguientes:

1. Cálculo del volumen de trampa de grasa

$$Vt.g = Va + Vg + Vs.s$$

Donde:

- Vt.g = Volumen de la trampa de grasa (L/semana)
- Va = Volumen de agua (litros)
- Vg = Volumen de grasa (L/semana)
- Vs.s = Volumen de sólidos sedimentables (L/semana)

las dimensiones de la Trampa de grasa se dimensionan tomando en cuenta que se van a realizar mantenimientos semanales

1.1. Cálculo del volumen de agua

$$Va = Q \text{ (m}^3\text{/s). * Tret.(s)}$$

Se deberá considerar un tiempo de retención de **15 minutos**

1.2. Cálculo de volumen de grasas retenidas

Previo al cálculo del volumen de grasas, se calculará la cantidad de grasas con la siguiente ecuación:

$$C.G = 3,6 * C * Q * D$$

La cantidad de grasas en el afluente varía entre 80 mg/L y 100 mg/L

Donde:

C.G = Cantidad de grasas generadas (gr)

C = concentración de grasas en el efluente (mg/L)

Q = Caudal máximo probable (L/s)

D = duración de 1 jornal de trabajo (horas)

entonces el volumen de grasas:

$$Vg = C.G/d$$

Donde:

d = densidad de la grasa (gr/l)

C.G = cantidad de grasas generadas (gr)

Vg = volumen de grasas (L/jornal)

Densidad de las grasas 900 kg/m³

1.4. Cálculo de volumen de sólidos sedimentables

$$Vs.s = 3,6 * S * Q * D$$

Concentración de sólidos sedimentables 3,6 ml/L/h

Donde:

Vs.s = Volumen de sólidos sedimentables (L/sem)

S = concentración de Sólidos sedimentables (ml/L/h)

Q = Caudal máximo probable (L/s)

D = duración de 1 jornal de trabajo (horas)

Cálculo del volumen total de la trampa de grasa

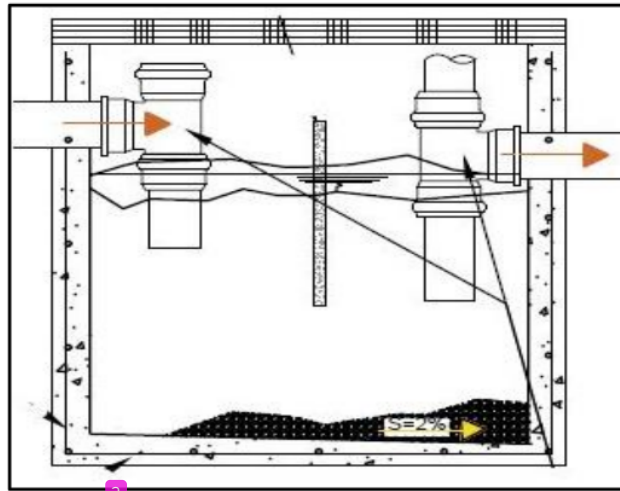
$$Vt.g = Va + Vg + Vs.s$$

2. Cálculo de las ¹⁴dimensiones de la trampa de grasa

Las ⁶dimensiones de la trampa de grasa se asumen en función al volumen útil a almacenar, en tal sentido el volumen de la trampa de grasa asumido, deberá ser mayor al volumen calculado total de la trampa de grasa

Para el caso estudiado las medidas de la trampa de grasa fueron de 0,60 m de ancho, 0,70 m de largo, una profundidad de 1 m y un borde libre de 0,25 m, (Anexo F).

- El modelamiento del sistema de tratamiento se realizó con el uso del software AutoCAD, basado en los cálculos proyectados en Microsoft Excel.



²Figura 3. Diseño de la trampa de grasa

- Diseño del ²¹filtro de grava: para el dimensionamiento de esta estructura se recurrió como fuente principal al R.M. 192-2018 VIVIENDA, opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).
- El filtro de grava se proyectó teniendo una tasa de filtración de 20 minutos, tiempo que tardaba el agua residual en pasar a través de su lecho filtrante, de esa manera se optó por las siguientes medidas asumidas, más un borde libre de 0,20 m.

La estructura del filtro estuvo conformada por un lecho filtrante de grava de diámetro de $\frac{1}{2}$ ", con un espesor de 0,15 m, arena fina con estrato de 0,15 m y 0,10

m de carbón activado para mejorar la remoción y adsorción de contaminantes, las dimensiones del filtro fueron de 0,60 m de ancho, 0,70 m de largo y 0,80 m de profundidad.

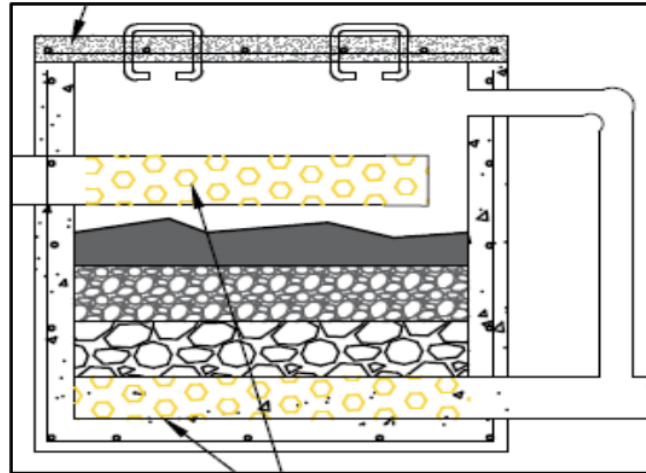


Figura 4. Diseño del filtro (grava, arena y carbón activado)

12

Para la construcción e implementación del sistema de tratamiento, se siguió los siguientes procedimientos:

- selección del área para la construcción del sistema de tratamiento primario.
- Trazo y nivelación del terreno.
- Corte y excavación del piso para montar los sistemas prefabricados.
- montaje del sistema de tratamiento primario (trampa de grasa y filtro de grava), para la ejecución del sistema de tratamiento, se hizo la contratación de un maestro de obra y dos ayudantes, los cuales fueron guiados y orientados con los planos y especificaciones que se les facilitó.

El diseño global del sistema se detalla en la Figura 5, el cual consistió en una caja de registro a la entrada de todo el sistema de tratamiento, dicha estructura tenía la finalidad de facilitar el muestreo a la entrada del sistema, siguiendo el flujo del agua hacia la derecha se proyectó la trampa de grasa y el filtro, finalmente una caja de registro, que tenía la misma finalidad que el primero.

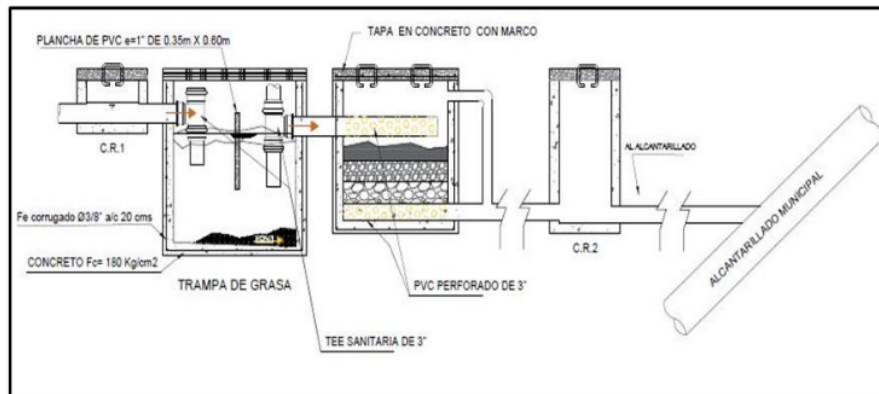


Figura 5. Diseño general del sistema de tratamiento primario

❖ Muestreo

La metodología que se empleó para realizar el muestreo y ubicar los puntos de monitoreo fueron realizados de acuerdo al protocolo de monitoreo del D.S N° 273 del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2013), el cuál recomienda la siguiente metodología:

- **Puntos de monitoreo:** los puntos de monitoreo fueron dos, uno en la entrada del sistema de tratamiento (afluente) y el otro a la salida (efluente).
- **Medición de parámetros en campo y registro de información:** los parámetros medidos en campo como pH y temperatura, se realizó con los siguientes equipos:
 - o Equipo portátil (pH-metro), con registro de calibración y mantenimiento.
- **Ensayo de muestras de agua, preservación, etiquetado, rotulado y transporte:** la toma de muestra y preservación se realizaron de acuerdo a cada parámetro evaluado, siguiendo los lineamientos de la norma D.S N° 273-2013 VIVIENDA, en su anexo III detallado en la Tabla 4, que sugiere etiquetar o rotular los frascos antes de la toma de muestras. Las muestras de agua residual recolectadas, preservadas y rotuladas fueron colocadas en una caja térmica con refrigerante (Ice pack), para cumplir con las recomendaciones de temperatura indicada.

Además, para cumplir con las medidas de custodia de cadena para preservar las muestras enviadas al laboratorio LOAYZA MURAKAMI S.A.C de la ciudad de Trujillo.

Tabla 4

Requisitos para la toma de muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo

Parámetros	Recipiente	Volumen mínimo de la muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P - V	1000 ml	No posible	15 min
pH		50 ml	No posible	15 min
DBO ₅	P - V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P - V	100 ml	Analizar lo más pronto posible o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y Grasas	V - ámbar boca ancha calibrado	1000 ml	Agregar HCl hasta pH < 2; refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos Suspendidos	P - V	100 ml	Refrigerar a 4°C	7 días
Totales (SST)				

Nota: P = Frasco de plástico o equivalente V = Frasco de vidrio

Fuente: adaptado de la R.M N° 273-2013 del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2013)

❖ Método de ensayo

Los parámetros físicos y químicos del agua residual se midieron los días 01, 15 y 30 de junio y el 15 de julio del año 2022, haciendo así una programación de cada 15 días por un periodo total de 2 meses; dichos parámetros a excepción de DQO y AyG, fueron medidos en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la facultad de Ecología, de la Universidad Nacional de San Martín.

Para determinar los SST se utilizó el espectrofotómetro DR 900 marca Hach.

Para el análisis del parámetro de DQO y de Aceites y Grasas, se enviaron a un laboratorio acreditado por INACAL, el laboratorio LOAYZA MURAKAMI S.A.C ubicado en la ciudad de Trujillo; la conservación y preservación de las muestras se especifican también en la Tabla 5.

❖ Evaluación de la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento primario

Para la evaluación de la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento se hizo considerando dos aspectos, el primero fue comparar los parámetros muestreados con los valores máximos admisibles (VMA) de la actual norma vigente del país, el D.S N° 010 del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2019), decreto que ratifica los VMA para los vertidos de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado, el cual se detalla en la Tabla 6; el segundo aspecto considerado, fue calcular la eficiencia de remoción a través de la fórmula establecida por la O.S 090 (plantas de tratamiento de aguas residuales) del Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006), que se detalla en la siguiente ecuación (2), donde el porcentaje de eficiencia de remoción (%E.R) es igual a la concentración del afluente menos la concentración del efluente, dividido entre la concentración del afluente, todo multiplicado por 100, factor establecido para convertir a porcentajes; la ecuación fue aplicada a los parámetros de DBO, DQO, SST y AyG.):

$$\%E.R = \frac{(Concentración_{entrada} - Concentración_{salida})}{Concentración_{entrada}} \times 100 \quad (2)$$

Tabla 5

VMA para verter aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado

Parámetro	Unidad	VMA
DBO	mg/L	500
DQO	mg/L	1000
SST	mg/L	500
A y G	mg/L	100
pH	unidad	6-9
temperatura	°C	< 35

Fuente: adaptado del D.S 010-2019-VIVIENDA

❖ **53** Procesamiento y análisis de datos

En el presente estudio de investigación se empleó técnicas de procesamiento y análisis de datos, teniendo en cuenta la secuencia metodológica contemplada en las etapas de campo y laboratorio:

Los cálculos y dimensionamiento de la trampa de grasa y filtro de grava se procesaron con la ayuda del programa estadístico Microsoft Excel.

Se utilizó la estadística descriptiva para demostrar datos obtenidos en la fase experimental de la investigación, las cuales fueron presentados en tablas y gráficos estadísticos con la ayuda de procesadores informáticos como Microsoft Excel y SPSS versión 26.0.

11 CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1 Elaboración e implementación del sistema de tratamiento primario de aguas residuales para el lavadero AQUA (trampa de grasa más filtro)

El proceso constructivo del sistema de tratamiento primario implementado, se dividió en dos estructuras principales y dos estructuras complementarias; las cajas de registro a la entrada y salida del agua residual, tenían dimensiones de 0,25 m x 0,40 m, dichas estructuras eran parte de las estructuras complementarias, que tenían la finalidad de facilitar el muestreo y llevar un control observatorio del sistema de tratamiento. Las estructuras principales se describen en los siguientes párrafos.

❖ Diseño y construcción de la trampa de grasa

Del aforo realizado se obtuvo un caudal máximo horario de 0,18 L/s de agua residual, el cual sirvió como dato base para calcular el dimensionamiento de la estructura de la trampa de grasa que se detalla a continuación:

6 Cálculo del volumen de la trampa de grasa

Del cálculo realizado se obtuvo las dimensiones de la trampa de grasa que fueron de ancho (a) de 0,60 m; largo (L) de 0,70 m; profundidad (H) de 1,00 m, más un borde libre (Bl) de 0,25 m.

Sumando las dimensiones del perímetro mojado **14** de la trampa de grasa se calculó un volumen útil de 0,42 m³, el cual cumple con el dimensionamiento, ya que es mayor al volumen total requerido para la trampa de grasa, que era de 0,19 m³ o 190 litros.

Tabla 6

²⁵
Dimensiones de la trampa de grasa

CALCULO DE LA TRAMPA DE GRASA	
caudal (Q)	0,18 L/s
volumen de agua (Va)	0,16 m ³
Cantidad de grasas (C.G)	518,40 gr
volumen de grasas generadas (Vg)	12 L/sem
Volumen de solidos sedimentables (Vss)	18 L/jornal
volumen total de la trampa de grasa	0,19 m ³
ancho (a)	0,60 m
Largo (L)	0,70 m
profundidad (H) ⁵⁹	1,00 m
Borde libre (Bl)	0,25 m
Volumen útil total	0,42 m ³

Con las dimensiones obtenidas del cálculo, se diseñó la arquitectura en AutoCAD, tal como se observa en la Figura 5, una vez proyectado el diseño de la trampa de grasa, su construcción se hizo de concreto prefabricado, con la finalidad de agilizar su implementación en el lavadero y así evitar pérdidas y mayor prolongación en el tiempo de ejecución del sistema de tratamiento. La tapa se hizo con sistema de rejillas de hierro dúctil, para permitir también el ingreso del agua y tener un adecuado control y vigilar su funcionamiento (Figura 6), la entrada del flujo del agua era a través de una tee sanitaria de 3 pulgadas y en la salida de la misma manera, proyectado con una tubería de 0,10 m hacía el fondo, con la finalidad de prevenir que la grasa, aceite y espumas pasen directamente, evitando la saturación del filtro y permitiendo la retención de natas en la parte superficial del agua residual. La trampa de grasa tenía una capacidad total de 600 litros y un periodo de retención de 15 minutos, este proceso de pretratamiento tenía la finalidad de adecuar las aguas residuales para su siguiente tratamiento.



Figura 6. Sistema de tratamiento (trampa de grasa más filtro)

Como se observa en la figura 6, la trampa de grasa permitía la retención de sólidos en la parte inferior de la estructura, los cuales sedimentaban en el fondo, por otra parte, retenía espumas que eran producto del lavado y enjuague de vehículos, espumas que contribuían al parámetro de DQO; se optó por una tapa de tipo rejillas con la finalidad de permitir el ingreso del agua, pero no de sólidos más grandes como bolsas, botellas, ramas u otros objetos de gran tamaño que puedan perjudicar el normal funcionamiento del sistema de tratamiento.

❖ Construcción del filtro

Tabla 7

Dimensiones del filtro

CALCULO DEL FILTRO	
caudal (Q)	0,18 L/s
volumen de agua (Va)	0,16 m ³
volumen total del filtro	0,19 m ³
ancho (a)	0,60 m
Largo (L)	0,70 m
profundidad (H)	0,80 m
Borde libre (Bl)	0,20 m
Volumen útil total	0,34 m ³

La construcción del filtro se hizo de la misma manera que la trampa de grasa, con concreto prefabricado, la capacidad hidráulica era de 440 litros, con dimensiones de ancho (a) de 0,60 m, de largo (L) con 0,70 más una profundidad (H) de 0,80 m y un borde libre (Bl) de 0,20 m, estas dimensiones fueron optados a criterio, además para tener estructuras funcionando en cadena, sin embargo teniendo ²⁵ el volumen total de agua residual que pasará por la trampa de grasa, se opta por valores o dimensiones del filtro de tal manera que puedan cumplir con dicho volumen; como se muestra en el diseño del filtro (Figura 4), el lecho filtrante estaba compuesto por grava de ½ pulgada, con una altura de 0,15 m, arena fina también con 0,15 m y carbón activado con 0,10 m de altura, el filtro se construyó para funcionar como flujo vertical, donde en la base se tenía un tubo de 3 pulgadas, perforado para permitir el paso del agua filtrada, la entrada era por la parte superior a través de una tubería de 3 pulgadas, debidamente perforada a lo largo y ancho del tubo. En la pared del filtro en la parte derecha se vio conveniente poner una tubería de rebose de 2 pulgadas, esto para ayudar a evacuar el agua que rebosara por alguna posible saturación del filtro (Figura 6), la tapa del filtro fue de concreto prefabricado, el cual cubría totalmente el área de la estructura, en la tapa se puso dos agarraderas de hierro liso, esto para facilitar su apertura al momento de dar mantenimiento del sistema.



Figura 7. Filtro de grava, arena y carbón activado

Como se observa en la Figura 7, el filtro implementado permitía el ingreso del flujo de agua residual a través de la tubería en la parte superior, la tubería fue perforada en la parte de la base del tubo, con la finalidad de permitir el ingreso uniforme y ocupar toda el área del filtro, de esta manera el agua residual era filtrado más eficientemente.

El filtro construido era el último proceso de tratamiento, el cual gracias a su efecto filtrante adecuaba el agua residual y retenía sólidos en suspensión que no eran sedimentados en la trampa de grasa, este proceso pulía el agua residual para luego ser vertido al sistema de alcantarillado sanitario, cumpliendo así, con los valores máximos admisibles (VMA) detallado en los siguientes acápite.

3.1.2 Caracterización del agua residual en la entrada y salida del sistema de tratamiento primario

Para determinar la relevancia del sistema de tratamiento implementado se hizo la caracterización del afluente y efluente respectivamente; los resultados de los parámetros muestreados a la entrada (afluente) y salida (efluente) del sistema de tratamiento primario se detallan en los siguientes acápite.

• Caracterización del afluente:

Del análisis de laboratorio, los resultados obtenidos en el afluente, se detallan en la Tabla 8; donde se puede evidenciar que la carga contaminante que ingresa al sistema, se obtuvo datos elevados, especialmente de los parámetros de DQO, SST y AyG, los cuales, de acuerdo al muestreo, fueron los parámetros más influyentes a reducir con el sistema de tratamiento implementado. El pH tiene un comportamiento ligeramente elevado sobre el valor establecido por los VMA que da un rango de 6 a 9 unidades de pH, por otro parte, los SST, tienen una carga muy elevada, esto debido a los sólidos inorgánicos como arena, barro y tierra que traen consigo las llantas de los vehículos, siendo así un parámetro relevante al momento de optar por alternativas de tratamiento para aguas residuales de lavaderos automovilísticos, el parámetro de AyG de igual manera está sobre el valor de 100 mg/L que establece el D.S N° 010-2019 para los VMA, parámetro determinante para optar por el sistema de tratamiento (trampa de grasa más filtro con carbón activado), a la par si observamos la Figura 5, se observan natas y espumas que también fueron retenidas por el sistema de tratamiento, en la siguiente tabla se detallan los resultados de los análisis realizados.

Tabla 8*Parámetros muestreados en la entrada (afluente) del sistema de tratamiento*

parámetros	unidad	carga contaminante a la entrada del sistema				VMA
		de tratamiento				
		M1 (01/06/22)	M2 (15/06/22)	M3 (30/06/22)	M4 (15/07/22)	
³³ pH	unidad	9,32	9,76	9,71	9,73	6-9
Temperatura	°C	25	23,9	22,4	23,3	< 35
DBO	mg/L	245	229	236	223	500
DQO	mg/L	568	401	480	500	1 000
SST	mg/L	625	630	680	650	500
A y G	mg/L	245,7	261,1	272	258	100

¹⁷ En la tabla 8 se puede observar los datos obtenidos del análisis de las muestras en el laboratorio durante los cuatro muestreos, adicional a ello, se agregó la última columna los cuales son los datos de los valores máximos admisibles (VMA), como se mencionó anteriormente las muestras más influyentes fueron los SST y AyG los cuales tienen valores sobre la normativa ambiental vigente, esto debido a que es una característica principal de las aguas residuales de origen industrial, donde se vierte gran cantidad de detergentes, restos de aceites de motor, entre otros; la Tabla anteriormente presentada, aporta una idea clara y concisa a considerar de acuerdo a los parámetros de entrada respecto a los VMA.

- **Caracterización del efluente:**

¹⁰ Las muestras obtenidas en la salida (efluente) del sistema de tratamiento, se obtuvo un mejoramiento progresivo frente a los parámetros muestreados inicialmente (afluente), los cuales van reduciendo en número, esto es un indicador que el sistema de tratamiento cumple con su función y su implementación tiene relevancia; las muestras evaluadas en el muestreo se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 9

Parámetros muestreados en la salida (efluente) del sistema de tratamiento

parámetros	unidad	carga contaminante a la salida del sistema de tratamiento				VMA
		M1 (01/06/22)	M2 (15/06/22)	M3 (30/06/22)	M4 (15/07/22)	
pH	unidad	8,53	8,58	8,05	8,52	6-9
Temperatura	°C	24,9	22,8	23,2	24,3	<35
DBO	mg/L	132	125	128	126	500
DQO	mg/L	307	188	210	200	1 000
SST	mg/L	350	261	257	220	500
A y G	mg/L	95	90	87	82	100

Los análisis de laboratorio realizados durante los cuatro muestreos en la salida del sistema de tratamiento (efluente), muestran una mejora continua y progresiva en la remoción de parámetros como DBO que en promedio se encontraba entre 125 mg/L y 132 mg/L evidenciándose valores dentro de los VMA para verter al alcantarillado sanitario, de igual manera para los SST que se tuvo una remoción aún mayor en el último muestreo con 220 mg/L, cumpliendo también la actual normativa ambiental, que establece 500 mg/L. Por otra parte, la DQO, que si bien, los parámetros muestreados en el afluente evidencian estar dentro de los VMA que da 1000 mg/L, también se obtuvo remoción en el sistema de tratamiento, ya que se redujo por ejemplo en el cuarto muestreo de 500 mg/L a 200 mg/L en el efluente.

Al margen de los resultados obtenidos en la caracterización del afluente y el efluente, se observó una mejora en el agua residual tratada, esto se evidenció al comparar el agua residual en la salida, con la técnica de la observación (Figura 14).

3.1.3 Eficiencia de remoción del sistema de tratamiento primario

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el muestreo tanto del afluente y efluente del agua residual, se efectuó la fórmula para encontrar el porcentaje de remoción de los parámetros físicos y químicos. En las siguientes líneas se detalla la eficiencia de remoción dada en cada parámetro analizado durante los cuatro muestreos, análisis que fueron reportado por los estudios de laboratorio.

- **27** Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

2 En la siguiente tabla se resume las eficiencias de remoción obtenidas para el parámetro de DBO

19
Tabla 10

Eficiencia de remoción de DBO

parámetro	unidad	M1 (01/06/22)		M2 (15/06/22)		M3 (30/06/22)		M4 (15/07/22)	
		39 Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs
DBO	mg/L	245	132	229	125	236	128	223	126
Eficiencia	%	46,12%		45,41%		45,76%		43,50%	

Nota: Ce = concentración de entrada, Cs = concentración de salida.

La mayor eficiencia de remoción se pudo evidenciar en el primer y segundo muestreo con un 46 %, mientras que en el cuarto muestreo se redujo a 43 %, el presente parámetro muestreado no tuvo mayor implicancia en el sistema de tratamiento primario, ya que el origen del agua residual era de origen industrial, con grandes contenidos de detergentes y tensioactivos, donde la DQO supera la DBO.

- **2** Eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno (DQO)

En la siguiente tabla se resume las eficiencias de remoción obtenidas para el parámetro de DQO.

19
Tabla 11

Eficiencia de remoción de DQO

parámetro	unidad	M1 (01/06/22)		M2 (15/06/22)		M3 (30/06/22)		M4 (15/07/22)	
		Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs
DQO	mg/L	568	307	401	188	480	210	500	200
Eficiencia	%	45,95%		53,12%		56,25%		60,00%	

Nota: Ce = concentración de entrada, Cs = concentración de salida.

Debido al origen industrial del agua residual, se presume un alto contenido de productos químicos que elevan la DQO, el cual, se evidenció en los análisis de laboratorio, su implicancia era mayor que la DBO, sin embargo, **28** con la implementación del sistema de tratamiento se obtuvo eficiencias de remoción, que se

elevan progresivamente, evidenciándose así, que durante el cuarto muestreo se llegó a una eficiencia de remoción de 60 %.

22 • **Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales (SST)**

En la siguiente tabla se muestra resultados obtenidos en la remoción de los SST, muestreados antes y después del sistema.

Tabla 12

Eficiencia de remoción de SST

parámetro	unidad	M1 (01/06/22)		M2 (15/06/22)		M3 (30/06/22)		M4 (15/07/22)	
		Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs
SST	mg/L	625	350	630	261	680	257	650	220
Eficiencia	%	44,00%		58,57%		62,21%		66,15%	

Nota: Ce = concentración de entrada, Cs = concentración de salida.

La mayor eficiencia de remoción se evidenció en el cuarto muestreo con 66 %, el cual, demuestra una adaptación progresiva del sistema de tratamiento primario, para decantar sólidos sedimentables en la trampa de grasa y retener sólidos suspendidos en el filtro, además de adherir otros contaminantes por la acción del carbón activado.

2 • **Eficiencia de remoción de aceites y grasas (AyG)**

De la siguiente tabla se resume las eficiencias de remoción del parámetro de AyG, resultados de los cuatro muestreos, además en la figura 13 se representa gráficamente.

19 **Tabla 13**

Eficiencia de remoción de AyG

parámetro	unidad	M1 (01/06/22)		M2 (15/06/22)		M3 (30/06/22)		M4 (15/07/22)	
		Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs	Ce	Cs
AyG	mg/L	245,70	95,00	261,10	90,00	272,00	87,00	258,00	82,00
Eficiencia	%	61,33%		65,53%		68,01%		68,22%	

Nota: La adaptación del sistema de tratamiento, demuestra una remoción máxima de 68 % realizado en el cuarto muestreo, el parámetro de AyG tenía elevada

implicancia, el cuál era determinante para considerar remover en el sistema de tratamiento. La elevada carga de aceites y grasas de origen inorgánico o industrial presentes en el agua, eran retenidas en la trampa de grasas y posteriormente filtradas y adsorbidas en el filtro con carbón activado.

● Resumen de las eficiencias de remoción

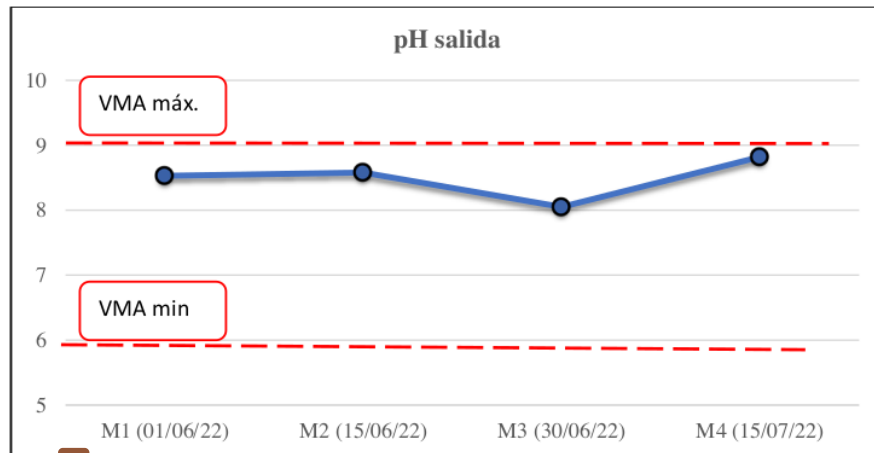
En la siguiente tabla se presenta las eficiencias de remoción de los parámetros analizados en el estudio, por ejemplo, en el cuarto muestreo fue de DBO (43 %), DQO (60 %), SST (66 %) y Aceites y grasas (68 %), el cual se determina en la siguiente tabla.

Tabla 14

Resumen de la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento

parámetros	eficiencias de remoción de parámetros físico-químicos			
	M1 (01/06/22)	M2 (15/06/22)	M3 (30/06/22)	M4 (15/07/22)
DBO	46%	45%	46%	43%
DQO	46%	53%	56%	60%
SST	44%	59%	62%	66%
AyG	61%	66%	68%	68%

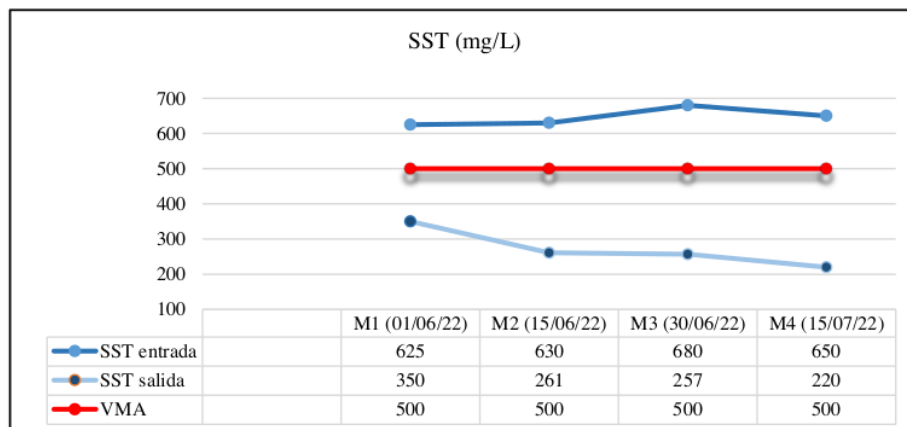
Como se observa en la Tabla 14 el cual reafirma nuestra hipótesis (con la implementación de un sistema de tratamiento primario se contribuirá a la remoción de parámetros físico-químicos), se logró eficiencias de remoción que promedian entre el 45 % y el 66 %, para cada parámetro descrito en las tablas, la Tabla 14 revela el crecimiento progresivo en la eficiencia de remoción dado en los 4 muestreos del efluente, por ejemplo para DBO se tiene porcentajes entre 46 % y 43 % en el último muestreo, se presenta este tipo de decrecimiento ligero en la remoción de este parámetro, esto debido a que el origen del agua residual es de origen industrial y poco o nulo biodegradable ya que tiene un contenido mayor de DQO respecto al parámetro de DBO. Por otro lado, la remoción de DQO realizado en los 4 análisis, presenta un aumento progresivo que va desde el 46 % y 60 %, para SST entre el 44 % y el 66 % y finalmente para AyG entre 43 % y 68 % en el muestreo número 4.



19 **Figura 8.** Eficiencia de remoción de pH

El pH en el efluente, fluctúa entre un valor de 8,52 y 8,58 unidades de pH, mostrando valores dentro del valor máximo admisible, que da valores de 9 como VMA máximo y un mínimo de 6 unidades; el pH de 8 se acerca a un pH relativamente neutro, el cual puede ser descargado a la red de drenaje sanitario sin que se exceda la normativa de los VMA.

De igual manera en la figura 9 se observa la representación en el tiempo del parámetro de SST, durante los 4 muestreos, los valores a la entrada del proceso de tratamiento se encuentran sobre los 500 mg/L establecidos en los VMA, con datos entre 625 mg/L y 680 mg/L, pero con la construcción del sistema de tratamiento, los niveles de SST se redujeron significativamente a valores entre 220 mg/L y 350 mg/L, análisis muy favorables que demuestran la existencia de remoción del sistema de tratamiento, porcentajes de remoción que van desde el 44 % al 66 % para dicho parámetro.



16 **Figura 9.** Eficiencia de remoción de SST

Adicionalmente con el sistema de tratamiento implementado, como se muestra en la Figura 10, a simple vista se puede observar ⁴⁸ la remoción de color y turbiedad del agua residual, el comparativo de las muestras del afluente y efluente se hizo del segundo muestreo, esto para tener una idea de la remoción de los parámetros con la técnica de la observación.



Figura 10. Comparación de muestras (afluente más efluente)

La acción del sistema de tratamiento primario durante los 4 análisis de laboratorio realizados, muestra resultados ventajosos al funcionamiento y acción de la trampa de grasa y filtro de grava, arena y carbón activado, el cual da resultados óptimos ²⁹ en la remoción de los contaminantes físicos y químicos del agua residual del lavadero AQUA.

Tabla 15

Cuadro matriz de análisis comparativo de entradas y salidas

PARÁMETROS	ENTRADAS	SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO		SALIDAS
		TRAMPA DE GRASA	FILTRO	
pH	agua residual con ion de pH básico	regulación del pH, vinculado con las sustancias oxidables y temperatura del agua	regulación del pH a valores relativamente neutros	Agua residual dentro del VMA
TEMPERATURA	Agua residual a temperatura ambiente	enfriamiento del agua residual, de acuerdo a su estacionalidad o ubicación geográfica		agua residual a temperatura ambiente
DBO	agua residual con baja carga orgánica	retención de carga orgánica sedimentable, decantación, consumo de oxígeno	retención y filtración de microorganismos y carga biológica, formando biopelículas en el lecho filtrante	agua residual libre de contaminantes orgánicos biodegradables
DQO	agua residual con gran cantidad de sustancias químicas, artículos de limpieza, detergentes, siliconas, etc.	oxidación de sustancias químicas y tensioactivos, retención de espumas	filtración de sustancias oxidables	agua residual libre de sustancias oxidables, tensioactivos y espumas
SST	agua residual con elevada carga coloidal, sedimentos, arenas y barros	sedimentación y decantación de sólidos gruesos	retención de sólidos en suspensión	agua residual clarificada libre de material coloidal
A y G	agua residual con elevada carga de aceites, gasolina, petróleo, grasas, etc	Retención y separación de aceites y grasas, emulsificación, flotación de natas y espumas	retención y adsorción de aceites y grasas, formación de biopelículas que degradan los aceites y las grasas	agua residual clarificada, libre de aceites, grasas y natas

3.1.4 ⁴ Operación y mantenimiento

La operación del sistema de tratamiento es muy práctica, se tiene que tener un adecuado control y observar periódicamente el filtro, esto para evitar saturación de la misma. El mantenimiento se hizo por un periodo no mayor a 15 días, esto para evitar la saturación y el colapso del sistema, para el mantenimiento se procedió a barrer todo el piso del área, levantar las tapas ⁵⁴ de la trampa de grasa y el filtro. La limpieza de la trampa de grasa se hizo de modo que primero se purga el agua residual y con la ayuda de una lampa se saca todo el lodo contenido en la estructura para luego raspar las paredes y enjuagarlas, las tuberías también se purgan para evitar que se formen biopelículas o incrustaciones de algunos residuos que puedan pasar por medio de ella, el lodo se desecha de acuerdo a los procedimientos de disposición final de residuos sólidos del país.

La limpieza del filtro se realiza posteriormente o en paralelo a la limpieza y enjuague de la trampa de grasa, para ello se procede a sacar las capas del filtro (grava, arena y carbón activado), se limpia y purga las tuberías de entrada y salida, observando que los huecos perforados, estén limpios y con libre paso; luego se reemplaza los materiales por nuevos (grava, arena y carbón activado). En algunas temporadas como, por ejemplo, en invierno donde hay poca afluencia para el servicio de lavado, se procederá a lavar el filtro, sus capas de grava y arena, el lavado se hace con manguera a presión, la capa de carbón activado si debe ser reemplazado por uno nuevo.

3.1.5 Análisis estadístico T-student

Para validar y contrastar la hipótesis, se hizo uso de la técnica estadística t-student, de prueba de significancia, donde se verificó que ¹⁷ las muestras tomadas a la entrada del sistema de tratamiento tengan variaciones significativas con las muestras tomadas a la salida.

¹ La prueba estadística se desarrolló para validar los resultados de los muestreos tanto para pH, temperatura, DBO, DQO, SST y AyG, empleando muestras emparejadas de pre y post prueba con $\alpha = 95 \%$ de confianza. Además, se detalla las variaciones medias y la desviación estándar de las muestras.

Tabla 16*Análisis de T-student para muestras pareadas*

H₁: La implementación de un sistema de tratamiento primario de aguas residuales del lavadero AQUA, contribuirá a la remoción de los parámetros físicos-químicos.		Prueba T para medias de dos muestras emparejadas (95%)					
		Media (d)	Desviación estándar	Varianza - Error estándar	T crítico	grados de libertad (gl)	significancia (P-valor)
pH	pH _e - pH _s	1,13	0,38	0,14	2,353	3	0,00982
DBO	DBO _e - DBO _s	105,5	6,75	45,66	2,353	3	0,00007
DQO	DQO _e - DQO _s	261	36,08	1 302	2,353	3	0,00072
SST	SST _e - SST _s	374,25	71,56	5 120,91	2,353	3	0,00187
AyG	AyG _e - AyG _s	170,7	14,52	210,91	2,353	3	0,00017

De la tabla 14 se resume que el p-valor (significancia) para los parámetros muestreados durante el tiempo estudiado es de 0,0098 para pH, DBO con 0,00007, DQO con 0,00072, SST con 0,0018 y para AyG con 0,00017, lo cual son menores al valor de significancia de 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis planteada (H₁), en efecto, esta base estadística respalda el estudio de investigación, además afirma que si existe una disminución significativa en la concentración de los parámetros muestreados después del sistema de tratamiento implementado.

3.2 Discusiones

Tal como se muestra en la Figura 6, se logró construir un sistema de tratamiento primario, el cual prevé la función de remover contaminantes físicos y químicos; al igual que Humanante et al., (2021), en su recopilación bibliográfica, demuestra que, con la implementación adecuada de sistemas de tratamiento para aguas residuales se logrará una reutilización del efluente, además el tratamiento adecuado mediante técnicas de descontaminación acorde al afluente, prevé ventajas debido a la conservación de fuentes de agua naturales y salud de las personas, de igual manera en el presente estudio, con la implementación del sistema de tratamiento, se logró reducir la concentración de los parámetros que excedían los VMA, de esta forma se obtuvo ventajas en el vertido del efluente y como consecuente en la protección del medio ambiente, tal como lo menciona

el autor citado anteriormente, que hace referencia a la mitigación del daño ambiental ocasionado por vertido directo de aguas residuales sin tratar.

² Al contrastar ¹ los resultados obtenidos por Galarza & Mercado (2018), quien ha implementado ² un sistema de tratamiento y reutilización de aguas residuales de lavaderos vehiculares, al igual que el caso de estudio, el ² sistema de tratamiento consistió de una trampa de grasa, sedimentador de placas y un tanque floculador, donde logró remoción de hasta 84 % de AyG y 84 % para SST, al agregar sulfato de aluminio en el floculador, logró obtener remoción de hasta 99 % de DQO, mientras que para el caso estudiado se obtuvo porcentajes de remoción de 60 % para DQO, 66 % para SST y 68 % para AyG, ⁶⁶ estas diferencias se deben a la utilización de procesos químicos empleados para tratar el agua residual con fines de reutilización, mientras que en el lavadero estudiado solo se cumplió con los VMA, sin embargo frente a la tecnología empleada por Galarza & Mercado (2018), se pudo obtener ventajas o desventajas, dependiendo del objetivo final que se dará al agua tratada, ya sea reutilización o simplemente vertido al alcantarillado, dicha evaluación servirá para hacer un análisis costo beneficio del sistema de tratamiento a implementar.

De acuerdo a Del Angel et al., (2022), un filtro tiene el objetivo de retener sólidos en suspensión de menor tamaño, a la par agregar carbón activado ayudará a perfeccionar la calidad del efluente, esto, gracias a su gran capacidad de adsorción de contaminantes como residuos de grasa y aceite, así lo demuestra el autor al aplicar carbón activado ³ producido del bagazo de caña de azúcar, donde obtuvo eficiencias de remoción de hasta 94 % de adsorción de aceites contenidos en el agua residual de origen doméstico, ¹⁴ mientras que para el presente estudio aplicando carbón artesanal, ⁴⁸ obtuvo una eficiencia de remoción de 68 % de aceites y grasas, esto debido probablemente al tipo de material utilizado como carbón activado y su capacidad microporosa, además considerando que el agua residual del caso estudiado era de origen industrial, con gran contenido de aceites de motor e hidrocarburos poco o nada solubles.

Con el presente estudio se demuestra que la construcción de una trampa de grasa y un filtro, se logra ³ eficiencias de remoción de hasta 68 % para SST y Aceites y Grasas, los cuales fueron los parámetros más influyentes debido a su alta carga encontrada en los análisis de laboratorio, sin embargo con el adecuado tratamiento, se obtuvo parámetros dentro de los VMA establecidos por la norma ambiental.

CONCLUSIONES

- Se ha logrado diseñar e implementar un sistema de tratamiento primario de aguas residuales para el lavadero AQUA, en el cual se construyó un sistema de tratamiento constituido por dos cajas de registro, una trampa de grasas y un filtro de grava, arena y carbón activado.
- Los resultados obtenidos de la caracterización de las aguas residuales en el afluente mostraron una carga contaminante relativamente elevada sobre los VMA, sin embargo, la caracterización en el efluente del sistema de tratamiento primario mostraba parámetros con carga contaminante reducida que además cumplían con los VMA.
- Tal como se ha podido observar, con la implementación del sistema de tratamiento se lograron eficiencias de remoción muy alentadores para cada parámetro muestreado, adicional a ello, con la comparación de las muestras analizadas con la normativa ambiental vigente, se evidenció que los parámetros muestreados en el efluente, se encontraban dentro del rango establecido para ser vertidos al sistema de alcantarillado.
- De la base estadística, se demuestra que la evaluación de la implementación del sistema de tratamiento primario tiene efecto en la remoción de parámetros físicos y químicos, de tal forma que se ha logrado reducir contaminantes de manera significativa en un 68%.

RECOMENDACIONES

- A los propietarios de lavaderos automovilísticos y a aquellos emprendedores, se les recomienda proyectar ¹³ la construcción de un sistema de tratamiento (trampa de grasa más filtro) desde la concepción de la idea de negocio, esto para optimizar procesos y tener una vida útil más extensa del sistema.
- A las personas dispuestas a implementar el sistema se sugiere una operación y mantenimiento preventivo no mayor a 15 días, esto para evitar la saturación del sistema de tratamiento, además del sistema propuesto en este estudio de investigación, se puede adicionar procesos químicos para tratar el agua con miras a una reutilización del agua residual, conllevándolo a ser una empresa amigable y ecoeficiente con economía circular.
- A las diferentes industrias interesados en ¹ optar por un sistema de tratamiento como el caso de estudio, se sugiere antes, evaluar los parámetros de entrada, el rubro de la empresa, el tipo de agua residual que genera y la norma ambiental a cumplir, además de evaluar si reutilizará el agua residual.
- A la facultad de Ecología de la UNSM, ³⁸ considerar los resultados obtenidos para formular otras investigaciones o proyectos referentes al tema. Además, a los estudiantes de Ingeniería Sanitaria, implementar nuevas tecnologías para el uso eficiente del agua.
- A ⁷¹ la Universidad Nacional de San Martín, facilitar e impulsar el desarrollo de las investigaciones en el rubro de tratamiento de efluentes, desarrollar lineamientos y convenios para potenciar capacidades de sus estudiantes e investigadores.
- A la EPS-Moyobamba poner más énfasis y rigurosidad para vigilar y hacer cumplir las normas ambientales vigentes del país, además de realizar campañas publicitarias y charlas de socialización y concientización a los usuarios no domésticos (UND).
- A la EPS-Moyobamba considerar y difundir los resultados obtenidos en la presente investigación para que otros UND, puedan acceder a la alternativa de tratamiento implementado (trampa de grasa y filtro).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, E. (2018). *Sistema de Tratamiento de Agua Residual Autolavado SAMIWALL* [Tesis de grado, Universidad Francisco José de Caldas. Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13135>
- Astonistas, Y. (2018). *Propuesta de un sistema de tratamiento de agua Residual en la empresa Pevastar S.A.C. para disminuir el impacto ambiental* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Repositorio Dspace]. <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1352>
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). Resolución Jefatural N° 251-2013-ANA, Guía Metodológica de Inspecciones Oculares. In *El Peruano* (p. 14). <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-251-2013-ana-0>
- Cabrera, M., Montenegro, L., & Andrea, J. (2022). Análisis de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria de embutidos. *Revista Politecnica*, 49(2), 47–54. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.05>
- Cardozo, J. (2017). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas, para lavado automotor, para la empresa Translogam s.a.s.* [Tesis de grado, Fundación Universidad de América. Repositorio institucional Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6496>
- CEPIS. (2003). Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa. In *Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural* (p. 11).
- Chambi, Z. (2018). *Tratamiento de Aguas Residuales de Lavanderías por el Proceso de Coagulación-Floculación y Adsorción* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio UNAP]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8347/Chambi_Hancco_Zulma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chávez, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales. *Dominio de Las Ciencias*, 3(1), 536–560.

<https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.1.mar>.

- Cohecha, D., Moncada, M., Posada, J., & Valderrama, J. (2021). *Estudio de factibilidad para el desarrollo de un sistema de aprovechamiento de aguas grises en lavaderos de carros en Colombia* [Trabajo de grado. Universidad EAN, Repositorio EAN]. <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/10983>
- Del Angel, E., Pantoja, M. A., López, R., & Cruz, A. E. (2022). Treatment of domestic wastewater using activated carbon prepared from sugarcane bagasse | Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando carbón activado preparado de bagazo de caña de azúcar. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(1). <https://doi.org/10.24850/jtyca-2022-01-04>
- Fernández, J. (2019). *Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales del servicentro San Miguel para minimizar el impacto ambiental sobre las fuentes de agua* [Tesis de grado. Universidad Católica Santo Toribio de Mongrovejo. Repositorio de tesis USAT]. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2050>
- Fundación Ecología y Desarrollo. (2014). *Guia de bolsillo de Buenas Practicas uso eficiente del agua en la ciudad*. Sector Autolavados.
- Galarza, R., & Mercado, A. (2018). Propuesta de tratamiento y reutilización de aguas residuales de lavaderos vehiculares del municipio de Cochabamba-Bolivia. *ResearchGate*, May, 8. <https://www.researchgate.net/publication/325206523%0APROPUESTA>
- González, A., Ramírez, J., Jaramillo, D., & Veléz, E. (2016). *Manual de producción y consumo sostenible, gestión del recurso hídrico - lavadero de camiones* (p. 40). [http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gestión ambiental/Producción y Consumo Sostenible/Manuales_GIRH/Lavadero_Camiones.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gestión%20ambiental/Producción%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Lavadero_Camiones.pdf)
- Hidalgo, N. (2018). Determinación de los valores máximos admisibles de efluentes no domésticos en lavaderos de vehículos motorizados con autorización, Moyobamba - 2018". In *Universidad Cesar Vallejo*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo.
- Humanante, J. J., Deza, C. A., Moreno, L. C., & Grijalva, A. M. (2021). Biorrecuperación de aguas residuales con microorganismos. *Manglar*, 18(4), 345–

356. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.044>

Humanante, J. J., Grijalva, A., Moreno, L. C., Suárez, J. A., & Saldoya, R. W. (2022). Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar*, 19(2), 177–187. <https://doi.org/http://doi.org/10.17268/manglar.2022.022>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). Clasificación Industrial Internacional Uniforme. In *Dirección Nacional de Cuentas Nacionales* (p. 6). <https://www.gob.pe/institucion/sunat/informes-publicaciones/394120-clasificacion-industrial-internacional-uniforme-ciiu>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2013). *Reglamento Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales* (p. 35). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/23087/RM-273-2013-VIVIENDA.pdf>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Resolucion Ministerial N°192-2018-VIVIENDA, “Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural”* (p. 4). <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2019). Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, Decreto Supremo que Aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las Descargas de Aguas Residuales no Domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario. In *El Peruano* (p. 20). <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-valores-maximos-decreto-supremo-n-010-2019-vivienda-1748339-3>

Ministerio del Ambiente. (2009a). *Tratamiento de Aguas Residuales* (p. 179). <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-municipios-ecoficientes>

Ministerio del Ambiente. (2009b). Tratamiento y reuso de aguas residuales. In *Manual para municipios ecoeficientes* (p. 179).

Obeid, K., & Ramírez, A. (2018). Diseño de una Trampa de Grasas en la Planta de

- Tratamiento de Aguas Residuales en una Planta Panificadora ubicado en el Departamento del Atlántico. *Photosynthetica*, 2(1), 1–13.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2017). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales* (pp. 1–36). www.oefa.gob.pe
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Norma OS.090, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Rodríguez, H. (2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. Iagua. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Rodríguez, K., Agudelo, R., & Caicedo, M. (2021). Tratamiento de aguas residuales producidas en el proceso de remojo en curtiembres empleando ozono y hierro como catalizador. *Revista ION*, 34(2), 105–113. <https://doi.org/10.18273/revion.v34n2-2021010>
- Rojas, K. (2018). *Diseño y aplicación de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises, para disminuir el consumo de agua potable en vivienda familiar en el distrito de Jepelacio – 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín. Repositorio Institucional UNSM]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3098>
- SUNASS. (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. In *Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-16066: Vol. I* (p. 150). <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2020). *INFORME N° 005-2020-SUNASS-DPN* (Issue Propuesta de norma que: a) Establece la Norma complementaria al D.S N° 010-2019-VIVIENDA). https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/proy_re011-2020cd.pdf
- Tafur, J. (2017). Estrategias para disminuir el impacto ambiental de las aguas residuales industriales generadas en los lavaderos de carros [trabajo de grado. Fundación Universidad de América, Repositorio institucional Universidad de América]. In

Occupational Medicine (Vol. 53, Issue 4).
<http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/7042>

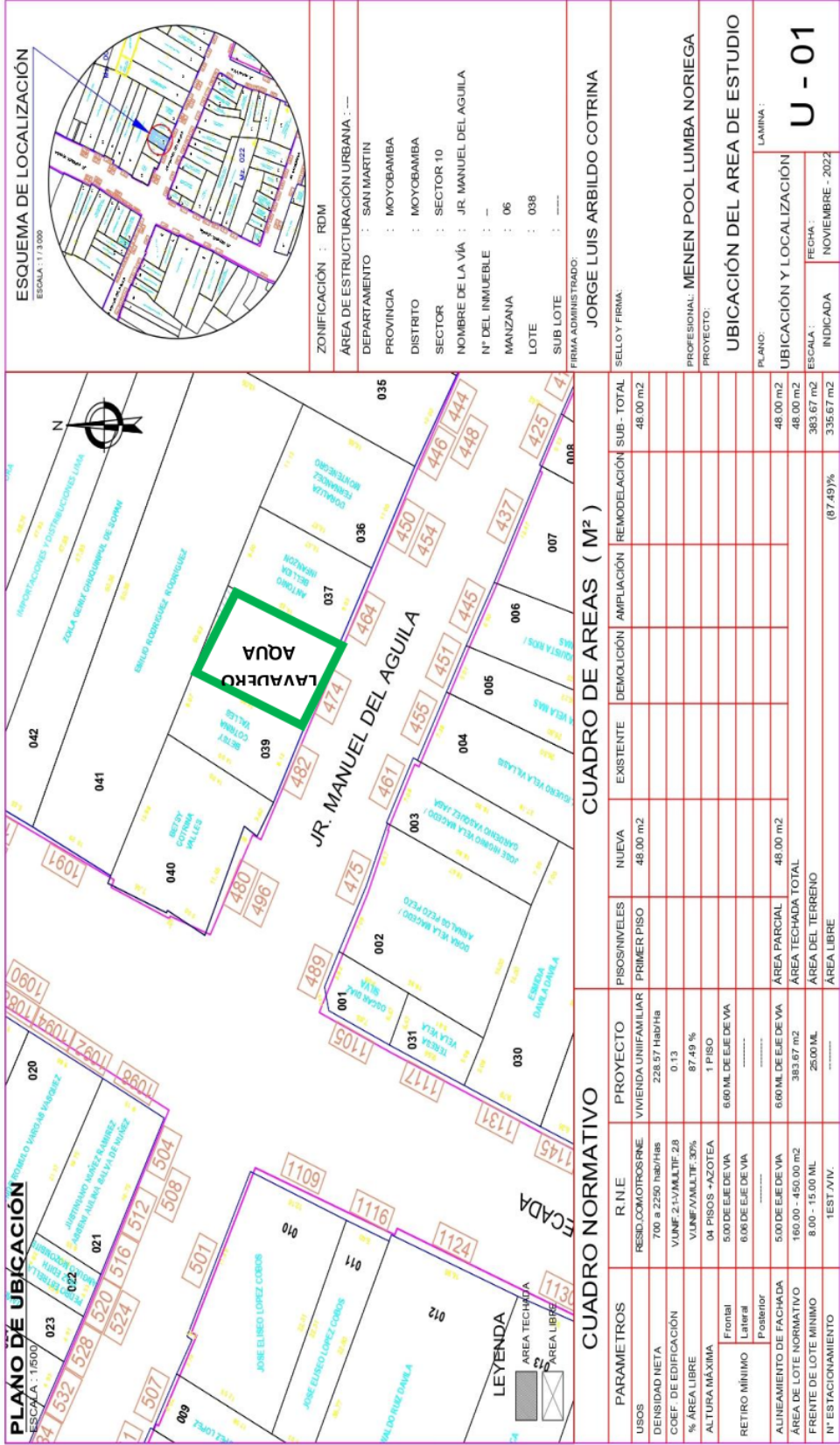
Tavera, J., & Torres, Y. (2015). *Manejo, Tratamiento y Reuso del Agua en la Estación de Lavado de Vehículos "LOS ÁNGELES" Kennedy, Bogotá D.C* (Vol. 2015) [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Repositorio Institucional Universidad Distrital-RIUD]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4850>

Tuesta, J. (2021). Diseño de un proceso físico para la reducción de contaminantes generados por aguas residuales de los usuarios no domésticos en la ciudad de Moyobamba [Tesis de grado. Universidad Nacional de San Martín. Repositorio de tesis UNSM]. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4189>

Vargas, T., & Diaz, D. (2018). *Estudio de factibilidad para implementar un lavadero ecológico en el municipio de Palmira Valle* [Tesis de pregrado, Universidad de Cundinamarca. Repositorio digital UdeC]. <https://repository.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1538>

ANEXOS

Anexo A:
Plano de ubicación del área de estudio



Anexo B:

Ficha de registro de datos de campo

Título de la investigación:				
Responsable del monitoreo:				
Lugar:				
AFLUENTE				
Denominación de punto de monitoreo:				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal del afluente
Observaciones del punto de monitoreo				
Características del agua residual				
EFLUENTE				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal del efluente
Observaciones del punto de monitoreo				
Características del agua residual				

Anexo C:

Ficha de registro de datos generales

Título de la investigación:				
Parámetros	Resultado de análisis		VMA	Eficiencia del sistema de tratamiento
	No. Muestreo			
	Afluente	Efluente		
pH, unidad de pH				
Temperatura, ° C				
DBO ₅ , mg/L				
DQO, mg/L				
SST, mg/L				
Aceites y Grasas, mg/L				
Laboratorio				
Investigador				

Anexo D:**Etiqueta para muestras de agua residual**

Investigación	
Denominación del punto de monitoreo	
No. de muestras	
Fecha y hora	
Ensayo fisicoquímico	<input type="checkbox"/> DBO <input type="checkbox"/> DQO <input type="checkbox"/> SST <input type="checkbox"/> A y G
Preservación	
Responsable del muestreo	

Anexo E:

Carta de autorización de ingreso al laboratorio



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Moyobamba, 01 de junio 2022

CARTA N° 011-2022-SIV.UNSM-T/FE/RLIS

Señor Blga. M.Sc.
ASTRITH RUIZ RIOS
Decano de la Facultad de Ecología

Asunto: AUTORIZACIÓN DE INGRESO AL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA

Referencia: Exp. N° 1873-2022-FECOL, prov. 1401.

Saludo a su persona cordialmente a la vez; indicar que, según la referencia indicada, el tesista MENEN POOL LUMBA NORIEGA, identificado con DNI: 71012003 y código de matrícula 71012003, estudiante de la Escuela de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la UNSM; presenta solicitud para ingresar al laboratorio de Ingeniería Sanitaria, estando en la fase experimental de la Tesis: "Implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físico-químicos generados por aguas residuales del lavadero AQUA-Moyobamba", por lo que requiere el uso del laboratorio de ingeniería sanitaria, para los análisis respectivos.

El tesista debe ingresar al laboratorio de ingeniería sanitaria conjuntamente con su asesor Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza, los días establecidos en su cronograma, cumpliendo con todos los protocolos de bioseguridad.

N°	HORAS	Actividades/Tareas	Meses			
			JUNIO		JULIO	
			juves 02	miércoles 15	juves 30	viernes 15
1	14:00	ingreso al laboratorio de Ing. Sanitaria	X	X	X	X
2	14:00-14:30	preparación de materiales a usar como pipetas, probetas, vaso precipitados de 100 ml y 1000 ml y equipos de medición de parámetros (Ph, temperatura, SST, DQO y DBO5)	X	X	X	X
3	15:00-15:30	medición de ph y temperatura con el equipo pHmetro, cabe resaltar que se medirá tanto el afluente como el efluente	X	X	X	X
4	15:30-16:00	medición de Sólidos suspendidos totales (SST) con el equipo espectrofotómetro DR1900 marca Hach, se medirá tanto el afluente como el efluente	X	X	X	X
5	16:00-16:30	medición de DQO (afluente-efluente)	X	X	X	X
6	16:30-17:00	preparación e incubación para la medición de DBO a 5 días con 20 °C (afluente-efluente), cumplido los 5 días el asesor será el encargado de reportar los resultados para DBO5	X	X	X	X
7	17:00-17:30	orden y limpieza de los materiales y equipos usados durante los ensayos	X	X	X	X

Por lo indicado; como responsable del laboratorio de Ingeniería Sanitaria; expreso la respectiva conformidad; sugiriendo a su Decanatura informar el permiso de ingreso a los ambientes de la Facultad, en coordinación con Vigilancia.


Stáñler Apolin Vásquez
ING. ENGENHO SANITARIO
CIP. N° 258448

Encargado laboratorio ingeniería sanitaria
Facultad de Ecología de la UNSM

Anexo F: Cálculo de la trampa de grasa

DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA

1. cálculo del caudal

Del aforo realizado en máxima demanda horaria, se tuvo un caudal de 0.18 L/s:

$$0,18 \text{ L/s}$$

2. Cálculo del volumen de trampa de grasa

$$Vt.g = Va + Vg + Vs.s$$

las dimensiones de la Trampa de grasa se dimensionan tomando en cuenta que se van a realizar mantenimientos semanales

Donde:

Vt.g = Volumen de la trampa de grasa (l/semana)
 Va = Volumen de agua (litros)
 Vg = Volumen de grasa (l/semana)
 Vs.s = Volumen de sólidos sedimentables (l/semana)

2.1 Cálculo de volumen de agua

$$Va = Q \text{ (m}^3\text{/s)} \cdot T_{\text{ret.}} \text{ (s)}$$

considerando un tiempo de retención de **15 minutos**

T retención =	15 min.
Q =	0,18 L/s
Va =	0,16 m ³

2.2 Cálculo de volumen de grasas retenidas

Previo al cálculo del volumen de grasa se calculará la cantidad de grasas con la siguiente ecuación:

$$C.G = 3,6 \cdot C \cdot Q \cdot D$$

$$C.G = 518,40 \text{ gr}$$

Donde:

C.G = Cantidad de grasas generadas (gr)
 C = concentración de grasas en el efluente (mg/l)
 Q = Caudal máximo probable (l/s)
 D = duración de 1 jornal de trabajo (horas)

entonces el volumen de grasas :

$$Vg = C.G/d$$

$$Vg = 0,58 \text{ L/jornal}$$

$$Vg = 12 \text{ L/semana}$$

donde:

d = densidad de la grasa (gr/l)
 C.G = cantidad de grasas generadas (gr)
 Vg = volumen de grasas (l/jornal)

2.3 Cálculo de volumen de sólidos sedimentables

$$Vs.s = 3,6 \cdot S \cdot Q \cdot D$$

$$Vs.s = 18,14 \text{ L/semana}$$

Donde:

Vs.s = Volumen de sólidos sedimentables (L/sem)
 S = concentración de Sólidos sedimentables (ml/L/h)
 Q = Caudal máximo probable (l/s)
 D = duración de 1 jornal de trabajo (horas)

Cálculo del volumen total de la trampa de grasa

$$Vt.g = Va + Vg + Vs.s$$

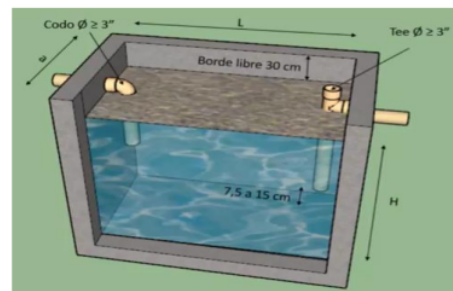
$$Vt.g = 192,14 \text{ L}$$

$$Vt.g = 0,19 \text{ m}^3$$

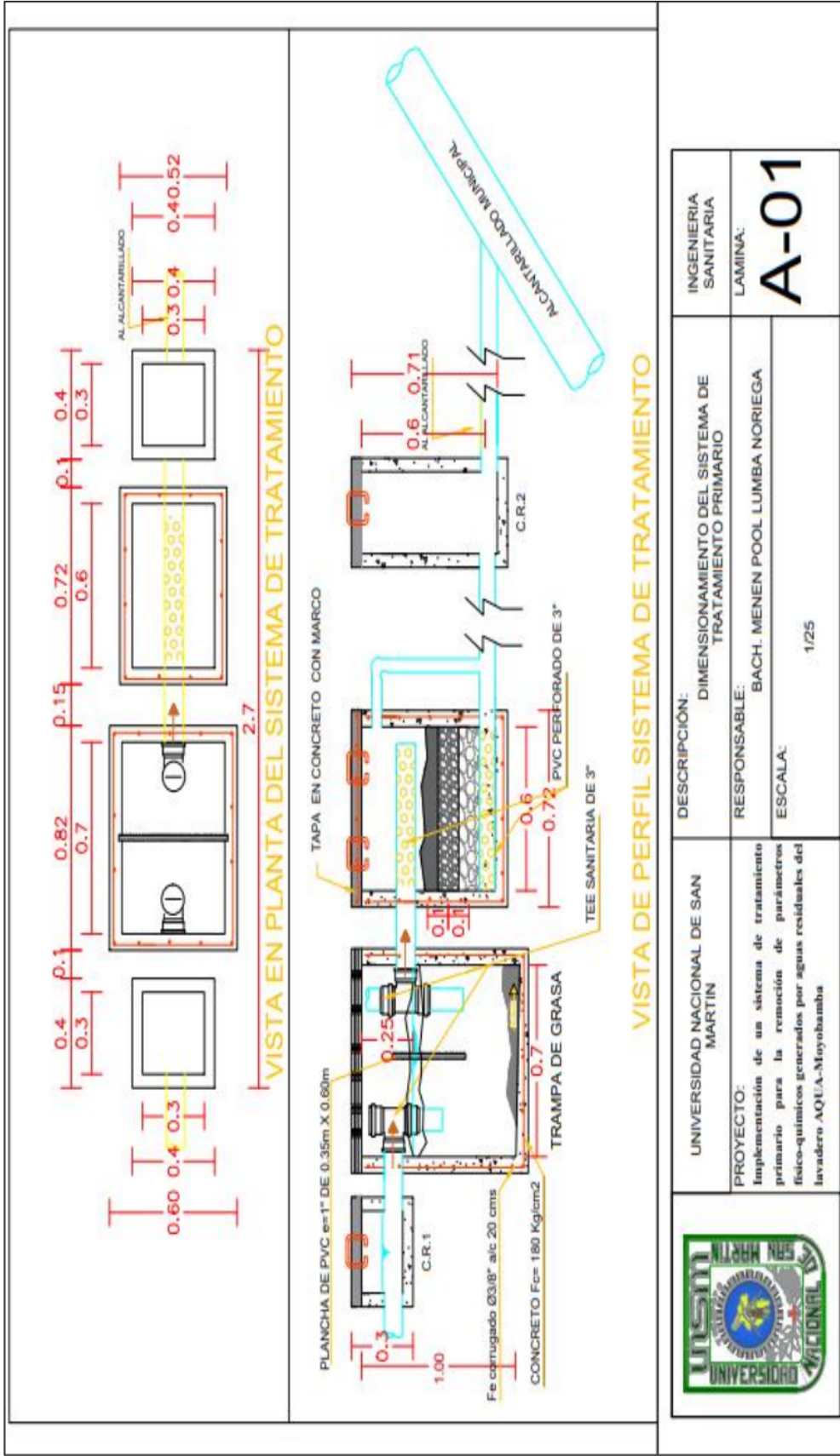
3 Cálculo de las dimensiones de la trampa de grasa

a =	0,60 m	Bl = 0,25m
L =	0,70 m	
H =	1,00 m	

$$V_{\text{total}} = 0,42 \text{ m}^3 \quad \text{OK-CUMPLE}$$



Anexo G: Plano del sistema de tratamiento primario



Anexo H:
Panel fotográfico

<p>Foto N° 01: área de estudio: “lavadero AQUA”</p>	<p>Foto N° 02: área de lavado y secado de vehículos</p>
	
<p>Foto N° 03: implementación del filtro prefabricado</p>	<p>Foto N° 04: excavación y colocación de la trampa de grasa</p>
	
<p>Foto N° 05: sistema de tratamiento construido (trampa de grasa + filtro)</p>	<p>Foto N° 06: Filtro con carbón activado, listo para el arranque</p>



Foto N° 07: puesta en marcha del sistema de tratamiento primario



Foto N° 08: diseño del sistema de tratamiento visto en planta

Foto N° 09: muestreo de aceites y grasas



Foto N° 10: muestreo de pH y temperatura con el equipo pH-metro de la UNSM



Foto N° 11: muestreo de SST con el equipo DR 900 de la UNSM



Foto N° 12: muestras del afluente y efluente, se observa mejor calidad del agua residual después del tratamiento construido



Foto N° 13: apertura de tapas de la trampa de grasa y el filtro para realizar mantenimiento preventivo

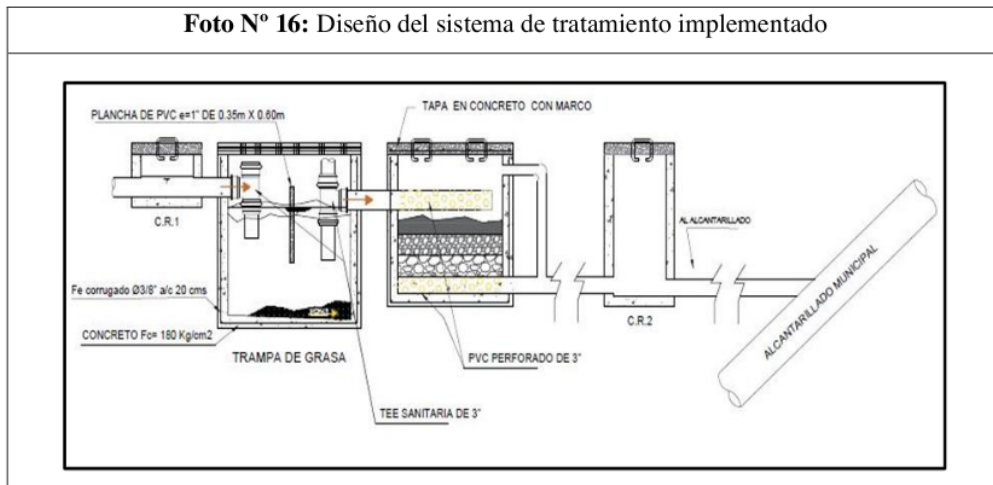


Foto N° 14: mantenimiento y limpieza del sistema; en la parte superior al fondo, se puede observar el lodo retirado de la trampa de grasa



Foto N° 15: mantenimiento y limpieza del filtro, esta foto resalta la importancia de una limpieza eventual y programada del filtro para evitar su saturación y baja eficiencia



Foto N° 16: Diseño del sistema de tratamiento implementado

Anexo I:

Resultado de los análisis de AyG y DQO

PRIMER MUESTREO (01/06/2022)

	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	
---	------------------------------------	--

INFORME DE ENSAYO N° 419-062022

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio	417-062022-1	417-062022-2	
Código de Cliente	Entrada	Salida	
Item de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	01/06/2022	01/06/2022	
Hora de Muestreo	11:30:00	11:45:00	
ENSAYOS		FISICOQUIMICOS	
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	568.0	307.0
Aceites y Grasas	mg HEM/L	245.7	95.0

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM o <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



SEGUNDO MUESTREO (15/06/2022)

	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	
---	------------------------------------	--

INFORME DE ENSAYO N° 418-062022

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio	416-062022-1	416-062022-2	
Código de Cliente	Entrada	Salida	
Item de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	15/06/2022	15/06/2022	
Hora de Muestreo	11:30:00	11:45:00	
ENSAYOS		FISICOQUIMICOS	
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	401.0	188.0
Aceites y Grasas	mg HEM/L	261.1	90

Leyenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, LDM: Limite de Detección del Método, VALOR <LCM ó <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



TERCER MUESTREO (30/06/2022)

	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	
---	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 441-072022

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio	452-062022-1	452-062022-2
Código de Cliente	Entrada	Salida
Item de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo	30/06/2022	30/06/2022
Hora de Muestreo	11:26:00	11:39:00
ENSAYOS		FISICOQUIMICOS
Parámetro	Unidad	Resultados
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	480.0
Aceites y Grasas	mg HEM/L	272.0
		210.0
		87.0

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM ó <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



CUARTO MUESTREO (15/07/2022)

	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	
---	------------------------------------	--

INFORME DE ENSAYO N° 478-072022

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio	483-072022-1	483-072022-2
Código de Cliente	Entrada	Salida
Item de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo	15/07/2022	15/07/2022
Hora de Muestreo	11:30:00	11:45:00
ENSAYOS		FISICOQUIMICOS
Parámetro	Unidad	Resultados
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	500.0
Aceites y Grasas	mg HEM/L	258.0

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM o <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



Anexo J:

**Autorización para la construcción del sistema
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”**

Moyobamba 10 de abril del 2022

CARTA N.º 001-2021/MPLN

Sr. JORGE LUIS ARBILDO COTRINA

Propietario del lavadero AQUA

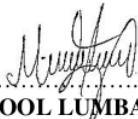
MOYOBAMBA. –

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN Y APOYO PARA LA EJECUCIÓN DEL
PROYECTO DE TESIS**

Me es grato dirigirme a usted, para saludarle cordialmente y al mismo tiempo solicitar su apoyo y autorización para la construcción de un sistema de tratamiento primario de aguas residuales en su lavadero “AQUA”, para la ejecución de mi tesis titulada **“Implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físico-químicos generados por aguas residuales del lavadero AQUA-Moyobamba”**.

Sin otro particular, a la espera de su gentil atención y trámites que corresponda, me suscribo de usted.

Atentamente.



.....
MENEN POOL LUMBA NORIEGA

TESISTA

Implementación de un sistema de tratamiento primario para la remoción de parámetros físico-químicos generado por aguas residuales del lavadero AQUA-Moyobamba

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.vivienda.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	1%
7	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repository.ean.edu.co Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
10	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	1library.co Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad del Istmo de Panamá Trabajo del estudiante	<1 %
16	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
17	www.grupo-epm.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	www.senamhi.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
20	es.slideshare.net	

Fuente de Internet

<1 %

21

repositorio.upecen.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

<1 %

23

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

26

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1 %

27

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

www.uniondemutuas.es

Fuente de Internet

<1 %

29

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

31	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	<1 %
32	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	<1 %
33	ww3.vivienda.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
36	www.ingenieroambiental.com Fuente de Internet	<1 %
37	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
38	sinia.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
39	docplayer.com.br Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

42	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	www.senasa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
46	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
48	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
49	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
52	repository.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
53	www.clubensayos.com	

Fuente de Internet

<1 %

54

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1 %

55

www.casabioclimatica.com

Fuente de Internet

<1 %

56

impactocientifico.wordpress.com

Fuente de Internet

<1 %

57

www.iri.org

Fuente de Internet

<1 %

58

Submitted to Universidad Nacional de
Colombia

Trabajo del estudiante

<1 %

59

Submitted to Universidad Privada Antenor
Orrego

Trabajo del estudiante

<1 %

60

bvs.minsa.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

61

documentop.com

Fuente de Internet

<1 %

62

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

63

polodelconocimiento.com

Fuente de Internet

<1 %

64	repositorio.unbosque.edu.co Fuente de Internet	<1 %
65	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
66	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
67	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
68	ihe.nas.gov.ua Fuente de Internet	<1 %
69	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
70	www.conmebol.com Fuente de Internet	<1 %
71	www.justiciaviva.org.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo
 Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 10 words