

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

Determinar la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado, Moquegua

Yarima Marylin Ramos Cruz
Luis Gustavo Ortega Tomas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Guido Mario Cuadros Ramirez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 2 de diciembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Determinar la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado, Moquegua

Autores:

1. Luis Gustavo Ortega Tomas – EAP. Ingeniería Ambiental
2. Yarima Marylin Ramos Cruz – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 6 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**):
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

BACH. ORTEGA TOMAS LUIS GUSTAVO

En primer lugar, les agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

BACH. RAMOS CRUZ, YARIMA MARYLIN

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a mi familia, cuya dedicación, paciencia y apoyo incondicional me han acompañado en cada etapa de este recorrido académico. Su aliento constante y sus sabias palabras han sido una fuente de inspiración y fortaleza, especialmente en los momentos de mayor desafío. No tengo palabras suficientes para expresar cuánto valoro su ayuda, amor y guía en cada paso de este viaje. Gracias por ser mi pilar y por creer en mí, incluso cuando las circunstancias se tornaron difíciles.

DEDICATORIA

BACH. ORTEGA TOMAS LUIS GUSTAVO

Dedico esta tesis a Dios, por darme la fuerza y la perseverancia necesarias para culminar este logro; a mis padres, por su amor incondicional y por ser mi fuente constante de motivación; y a mis hermanos, por su apoyo y compañía en cada paso de este camino, especialmente en las largas noches de estudio.

BACH. RAMOS CRUZ, YARIMA MARYLIN

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia, especialmente a mis padres, quienes me apoyaron y contuvieron en los momentos más difíciles. Les agradezco por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder la cabeza ni morir en el intento. Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño, todo esto con una gran cantidad de amor y sin pedir nada a cambio.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	4
DEDICATORIA	5
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I	13
1.1. Planteamiento del Problema.....	13
1.2. Formulación del Problema.....	13
1.2.1. Pregunta General.....	14
1.2.2. Preguntas Específicas	15
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos	15
1.4. Justificación	15
1.5. Importancia.....	16
1.6. Delimitación.....	16
1.6.1. Delimitación Temporal.....	16
1.6.2. Delimitación Espacial.....	17
1.7. Hipótesis	18
1.7.1. Hipótesis General	18
1.7.2. Hipótesis Específicas.....	18
1.8. Variables	18
1.8.1. Descripción de Variables.....	18
1.8.2. Operacionalización de Variables	18
CAPÍTULO II	20
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	20
2.2. Bases Teóricas.....	23
2.2.1. Calidad del Agua	23
2.2.2. Filtración	24
2.2.3. Filtración lenta de arena	24
2.2.4. Descripción del proceso de filtración lenta	24
2.2.5. Componente del filtro	24
2.2.6. Parámetros físicos de la calidad del agua	26

2.2.6.1.	Turbiedad	26
2.2.7.	Reglamento Nacional de Construcción – OS. 020 – Sistema de tratamiento de agua Fácil de beber.	26
2.2.	Definición de Términos Básicos	28
CAPÍTULO III		30
3.1.	Método y Alcance de la Investigación.....	30
3.1.1.	Método de filtración con gravas, arena y piedra caliza	30
3.2.	Diseño de la investigación.....	31
3.2.1.	Diseño experimental	31
3.3.	Población y muestra.....	31
3.3.1.	Población.....	31
3.3.2.	Muestra	31
3.3.3.	Toma de muestra.....	33
3.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección De Datos.....	36
3.4.1.	Técnicas de Recolección de datos.....	36
3.4.2.	Instrumentos de Recolección de datos	36
3.4.3.	Instrumentos de Análisis de Datos	37
CAPÍTULO IV		38
4.1.	Breve descripción de la empresa y sus procesos.....	38
4.2.	Diagnóstico de la situación actual.....	39
4.2.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras) 39	
4.3.	Análisis y discusión de resultados.....	41
4.3.1.	Resultados de Parámetros físico Químico.....	41
4.3.2.	Comparación con estudios previos y discusión.....	42
4.3.3.	Análisis de gráficas estadísticas	43
4.4.	Evaluación económica, financiera, ambiental, social	47
CONCLUSIONES.....		50
RECOMENDACIONES		51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		52
ANEXOS.....		56

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ubicación de Car wash en zona cercado de la ciudad</i>	16
<i>Figura 2 Ubicación del Perú en el mundo, de la región Moquegua y el Car Wash a muestrear</i>	17
<i>Figura 3 Método de filtración con gravas, arena y piedra caliza</i>	30
<i>Figura 4 Ubicación de car wash Lavado de autos en zona cercado de la ciudad</i>	31
<i>Figura 5 Moquegua JM Car Wash</i>	32
<i>Figura 6 CASA DEL LAVADO</i>	33
<i>Figura 7 Toma de muestras</i>	34
<i>Figura 8 Clasificaciones Normalizadas de Suelo</i>	35
<i>Figura 9 Diagrama de flujo Car Wash Express</i>	38
<i>Figura 10 Diagrama de flujo LA CASA DEL LAVADO</i>	39
<i>Figura 11 Gráfico de Resultado del parámetro C.E. en función de los puntos de muestreo</i>	43
<i>Figura 12 Gráfico de Resultado del parámetro de Turbidez en función de los puntos de muestreo</i>	44
<i>Figura 13 Gráfico de Resultado del parámetro S.D. en función de los puntos de muestreo</i>	45
<i>Figura 14 Gráfico de Resultado del parámetro C.E. en función de los puntos de muestreo</i>	46
<i>Figura 15 Lavado de auto en Car Wash de Moquegua, se realiza con manguera a presión agua de consumo humano y a alta presión previo limpieza en seco</i>	59
<i>Figura 16 Lavado con detergente al auto, detergente previamente preparado en un barril de 200 litros se presiona fuertemente al auto para remover grasas y polvo</i>	60
<i>Figura 17 Recojo de muestra de aguas residuales de Car Wash por su canaleta debajo del piso después de realizado el lavado del auto con detergente jabón y agua a presión, después del enjuagado final</i>	60
<i>Figura 18 Muestras al ingreso y salida de Car Wash o lavado de autos, se distingue los colores a simple vista del agua potable de ingreso y el agua residual del lavado de autos</i>	61
<i>Figura 19 Preparación de las arenas, grava y piedra caliza para la filtración, es decir la mezcla de arena fina, arena gruesa y piedra caliza</i>	61
<i>Figura 20 Inicio de la filtración por arenas, grava y piedra caliza, el paso a través de la maqueta es lento para que el tiempo necesario para una mejor filtración</i>	62
<i>Figura 21 Tratamiento de filtración 1 primera parte de filtrado, ingreso de agua residual de Car Wash, y salida al tratamiento 2 se analizo pH, C.E, SD y turbidez</i>	63
<i>Figura 22 Tratamiento de filtración 2, salida final del tratamiento al agua residual de Car Wash, para evaluar y analizar el pH, C.E., SD y Turbidez</i>	63
<i>Figura 23 Resultados obtenidos Salida Car Wash, salida tratamiento 1 y tratamiento 2, se puede observar a simple vista la diferencia de colores, es decir la turbidez que se ha ido perdiendo al paso por los filtros de arena, grava y piedra caliza</i>	64

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Direcciones y Coordenadas de los Car Wash</i>	17
<i>Tabla 2 Descripción de las variables independientes y dependientes</i>	19
<i>Tabla 3 Ubicación Geodésica</i>	34
<i>Tabla 4 Resumen de clasificaciones normalizadas de suelos</i>	36
<i>Tabla 5 Clasificaciones normalizadas de suelos</i>	36
<i>Tabla 6 Resultados de Análisis Físicoquímicos</i>	40
<i>Tabla 7 Análisis de frecuencias</i>	41
<i>Tabla 8 Análisis de medidas de tendencia central</i>	41

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Matriz de Consistencia</i>	58
<i>Anexo 2 Panel fotográfico</i>	59
<i>Anexo 3 Descripción y clasificación de gravas</i>	64

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Moquegua, donde pudo obtener resultados, La finalidad de esta investigación es evaluar la eficiencia como del filtro de arena, grava y piedra caliza en la eliminación de detergentes y otros productos químicos que utilizan las empresas de Car Wash en la ciudad de Moquegua, y así poder reciclarlas y reutilizarlas en en el mismo car wash, a la vez generar un impacto positivo en el ambiente y en la economía de la población de Moquegua.

En la presentación de esta investigación se desarrolló el método analítico, se realizó la caracterización del agua residual urbana y el monitoreo para los siguientes parámetros: Conductividad Eléctrica, Turbidez, Solidos Disueltos y pH.

La muestra fue obtenida de las empresas Car Wash (CW), para la cual se tomó una muestra de ingreso (agua potable), y posteriormente se tomaron las muestras del agua residual de CW, además a la salida de cada filtro, se codifico indicando el lugar, fecha y hora de muestreo, finalmente se colocó en un cooler con refrigerante y se trasladó al laboratorio Acreditado de Arequipa Laboratorios Analíticos del Sur LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050 De acuerdo con los resultados se confirma que: “El filtro de arena, grava y piedra caliza, es eficiente al bajar la turbidez de 625.5 NTU en el primer tratamiento hasta 490.5 NTU y en el segundo tratamiento hasta 202.27 NTU siendo el adecuado según normativa vigente 004-2017-MINAM ECA Categoría 1, Subcategoría A2, donde el LMP = 100 NTU y mantener el pH 7 a 8 unidades se bajó la turbidez según el tratamiento 2 en un 67.66% de la turbidez. Finalmente, se demostró la efectividad del filtro de arena, grava y piedra caliza.

Palabras claves: Filtro, Arena, grava, piedra caliza, Car Wash, Turbidez

ABSTRACT

The present research was carried out in the city of Moquegua, where results were obtained. The purpose of this research is to evaluate the efficiency of the sand, gravel and limestone filter in the elimination of detergents and other chemical products used by companies. of Car Wash in the city of Moquegua, and thus be able to recycle and reuse them in the same car wash, at the same time generating a positive impact on the environment and the economy.

of the population of Moquegua.

In the presentation of this research, the analytical method was developed, the characterization of urban wastewater and monitoring for the following parameters were carried out: Electrical Conductivity, Turbidity, Dissolved Solids and pH.

The sample was obtained from the Car Wash (CW) companies, for which an input sample (drinking water) was taken, and subsequently the

CW wastewater samples, also at the outlet of each filter, were coded indicating the place, date and time of sampling, finally they were placed in a cooler with coolant and moved to the Accredited laboratory of Arequipa Laboratorios Analíticos del Sur TESTING LABORATORY ACCREDITED BY THE ACCREDITATION DIRECTORATE OF THE INACAL WITH REGISTRATION N° LE-050 According to the results, it is confirmed that: "The sand, gravel and limestone filter is efficient by lowering the turbidity from 625.5 NTU in the first treatment to 490.5 NTU and in the second treatment up to 202.27 NTU, being appropriate according to current regulations 004-2017-MINAM ECA Category 1, Subcategory A2, where the LMP = 100 NTU and maintaining the pH 7 to 8 units, the turbidity is lowered according to treatment 2 in 67.66% of the turbidity. Finally, the effectiveness of the sand, gravel and limestone filter was demonstrated.

Keywords: Filter, Sand, Gravel, Limestone, Car Wash, Turbidity

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua por los detergentes es una preocupación en el contexto actual, ya que el uso desmedido de detergentes es: la formación de espumas, inhibición de la actividad biológica, efectos tóxicos para sistemas acuáticos, alteración de la permeabilidad del suelo facilitando la penetración de microorganismos en las aguas subterráneas, la eutrofización del agua priva de oxígeno causando muerte de otros organismos (Chambi, 2018)

La falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, hoteles y explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasionan grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios (Pimentel, 2017).

La contaminación del agua ocurre a niveles primario, secundario y terciario de las fuentes de agua. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas. En todos los casos, la contaminación del agua pone a la Salud Pública en peligro, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del Problema

La disponibilidad de agua para el suministro humano enfrenta crecientes preocupaciones, tanto para las autoridades como para la sociedad en general, ya que la calidad del agua está lejos de ser considerada como adecuada en la mayor parte del mundo. Según el informe publicado "Año Internacional del Saneamiento". En 2008, aproximadamente una quinta parte de la población mundial no tenía acceso al agua libre de contaminantes (Naciones Unidas, 2008). Es esencial llevar a cabo un control adecuado de la calidad microbiológica y química del agua potable, ya que los seres humanos dependen de la formulación e implementación de un plan de gestión que garantice la protección del sistema de suministro, el cual no solo permite reducir la presencia de patógenos y sustancias químicas en el agua, sino que también asegure que los riesgos para la salud pública sean insignificantes, logrando además que el agua sea apta por los consumidores. El uso de agua contaminada constituye una de las principales causas de enfermedades y tasas de mortalidad elevadas a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), aproximadamente 3,5 millones de personas, en su mayoría niños, mueren cada año a causa de enfermedades relacionadas con el agua, tales como malaria, diarrea, parásitos, hepatitis A y cólera, entre otras.

La contaminación del agua causada por los detergentes se ha convertido en un problema grave, especialmente debido al uso excesivo de agentes de limpieza. Esta situación actual genera efectos negativos como la formación de espuma, la inhibición de la actividad biológica y efectos tóxicos en los ecosistemas acuáticos. Además, los detergentes alteran la permeabilidad del suelo, lo que favorece la infiltración de contaminantes y el crecimiento de microorganismos en aguas subterráneas, lo que a su vez contribuye a la eutrofización. Este proceso reduce la cantidad de oxígeno disponible en el agua, provocando la muerte de otros organismos acuáticos (Chambi, 2018).

Una fuente de contaminación de agua por detergentes, son las empresas dedicadas al lavado de vehículos, que en la actualidad se han incrementado de manera significativa, debido al crecimiento del parque automotor en nuestro país y en sus diferentes regiones, ocasionando impactos significativos en el medio ambiente, debido al uso excesivo de agua y la producción de efluentes con detergentes y otros contaminantes (Carrasquero, 2015).

Los lavaderos de autos son uno de los negocios que tienen un alto consumo agua y en la mayoría de los casos no es reutilizada. Se estima que alrededor de 70 litros a 90 litros de este recurso se utilizan cuando se lava un solo vehículo de manera tradicional, y entre 200 a 300 litros de agua por cada automóvil en los túneles de lavado (Gonzales, 2018). Esto quiere decir que se descargan al menos 10 m³ de agua residual al día, generalmente sin recibir algún tratamiento previo o reutilizarse (Veit et al., 2020).

Por otro lado, la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas, junto con la ineficiencia en sectores como el industrial, hotelero, minero, agrícola y ganadero, contribuye al enorme desperdicio de agua contaminada. Esta contaminación no solo provoca grandes daños al medio ambiente, sino que la mayoría de estas aguas terminan en ríos, lagos, mares, campos abiertos o infiltradas en el subsuelo, a menudo mediante fosas sépticas y vertederos inadecuados (Pimentel, 2017).

La ciudad de Moquegua cuenta con una sola planta de tratamiento de aguas residuales en ubicada en el sector Omo, que fue declarada en emergencia en julio del 2024, debido a que excedió su capacidad de diseño a consecuencia del crecimiento poblacional provocando que el volumen del agua residual se incremente hasta 192 l/s (EPS Moquegua, 2024). Esta situación esta generando que las aguas residuales se viertan en el Río Moquegua sin un adecuado tratamiento.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Pregunta General

¿Se podrá determinar la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales lavado?

1.2.2. Preguntas Específicas

- a) ¿Será posible determinar la calidad del agua residual de lavado midiendo la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales?
- b) ¿Cuál será la proporción de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar las aguas residuales de lavado mediante análisis físico químicos y aplicar un método de filtrado de gravas y arenas
- b) Determinar la eficiencia del filtro de gravas, arena y piedra caliza mediante parámetros físico químicos en aguas residuales de lavado

1.4. Justificación

En la ciudad de Moquegua, las aguas residuales de las lavanderías no reciben ningún tipo de tratamiento y son vertidas directamente al sistema de alcantarillado, lo que incrementa la contaminación del agua causada por detergentes. Este problema se ha agravado por el uso excesivo de productos de limpieza, generando la formación de espuma y el desperdicio de grandes cantidades de agua sin posibilidad de reutilización. La situación se vuelve aún más preocupante debido a que la disponibilidad de agua enfrenta un desafío cada vez mayor, ya que el crecimiento de la población y la escasez de este recurso requieren la implementación urgente de medidas que aseguren el acceso al agua para el consumo humano.

Este proyecto de investigación tiene un costo reducido, ya que para su implementación se utilizan materias primas como gravas y arenas lavadas, que son de bajo costo. Además, el proceso es sencillo y puede ser adoptado por cualquier empresa, microempresa o incluso aplicado en el ámbito rural. Asimismo, el proyecto aborda un aspecto social relevante, dado que el agua residual no será eliminada directamente al desagüe,

sino que será reutilizada en un proceso de lavado altamente eficiente y natural, lo que evita la degradación del medio ambiente.

Actualmente, no se aprovecha el agua de lavado para su reutilización, lo que plantea un problema que este proyecto busca resolver. A través de un sistema de filtrado natural con gravas, arenas y piedra caliza, se promueve el reúso de las aguas residuales de lavado, evitando así la contaminación por el vertido directo de estas al desagüe. De acuerdo con los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en el D.S. 021-2009-VIVIENDA, el agua destinada a ser eliminada por el desagüe debe cumplir con ciertos límites, los cuales son regulados por la EPS Moquegua S.A. en la ciudad de Moquegua.

1.5. Importancia

Es de mucha importancia el tratamiento de aguas de las industrias y empresas de Moquegua, debido a encontrarse en una zona desértica entre el norte de Chile y el sur del Perú existe un desierto muy largo, razón por la cual, se debe cuidar el agua en estas ciudades, especialmente en la ciudad de Moquegua.

1.6. Delimitación

1.6.1. Delimitación Temporal



Figura 1 Ubicación de Car wash en zona cercado de la ciudad

En la figura 1, se muestra un mapa con la ubicación de diferentes servicios de lavado de autos en el cercado de la ciudad de Moquegua, el cual, cada

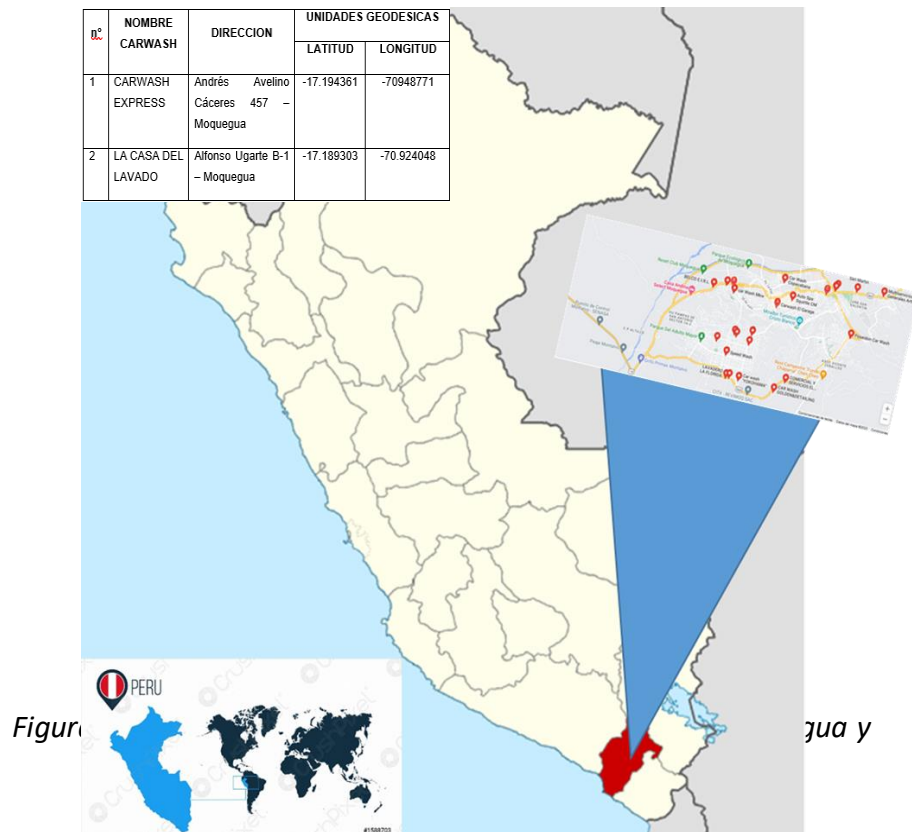
punto marcado indica un negocio relacionado con el lavado vehicular, distribuidos estratégicamente en diversas zonas.

1.6.2. Delimitación Espacial

En la ciudad de Moquegua se tomó de muestra dos lavaderos de autos en las siguientes direcciones y coordenadas:

N°	NOMBRE CAR WASH	UNIDADES GEODESICAS		DIRECCION
		LATITUD	LONGITUD	
1	CAR WASH EXPRESS	-17.194361	-70948771	Andrés Avelino Cáceres 457 – Moquegua
2	LA CASA DEL LAVADO	-17.189303	-70.924048	Alfonso Ugarte B-1 – Moquegua

Tabla 1 Direcciones y Coordenadas de los Car Wash



1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

Se determina la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado

1.7.2. Hipótesis Específicas

Se evalúa las aguas residuales de lavado mediante análisis físico químicos y se aplica un método de filtrado de gravas y arenas

Se determina la eficiencia del filtro de gravas, arena y piedra caliza en aguas residuales de lavado

1.8. Variables

1.8.1. Descripción de Variables

a) Variable Independiente

- Altura de arena fina, arena gruesa, grava y piedra caliza (mm)
- Área de arena fina (g/cm³)
- Área de arena gruesa (g/cm³)
- Área de grava (g/cm³)
- Área de piedra caliza (g/cm³)

b) Variable dependiente

- Parámetros Fisicoquímicos
- Potencial de hidrogeno (pH) unidades de pH
- Turbidez (NTU) Unidades Nefelométricas NTU
- Conductividad Eléctrica (C.E) $\mu\text{S/cm}$

1.8.2. Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE NTE: arena fina, arena gruesa, grava	Capas de arena, grava y piedra caliza	Altura (mm) Área (cm ²)

y piedra caliza			
VARIABLE DEPENDIENT	Bajar la turbidez y regular el pH	pH	unidades de pH
E: pH		C.E.	$\mu\text{S/cm}$
Turbidez		Turbidez	NTU
C.E.			

Tabla 2 Descripción de las variables independientes y dependientes

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Los autores J. Mendez y M. Severino según REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES POR LA INFLUENCIA DEL ÁREA DEL BIOFILTRO SUBSUPERFICIAL DE FLUJO VERTICAL EN EL SERVICENTRO VERY WASH, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2020 Se aborda el libreto de la remoción de contaminantes de las aguas residuales por el impacto del área del biofiltro subsuperficial de flujo vertical en el servicentro Very Wash ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho. El objetivo principal de la investigación fue determinar en qué porcentaje el radio del biofiltro subsuperficial de epidemia erguido remueve los contaminantes de aguas residuales del servicentro Very Wash. Es prominente enfocar las aguas residuales de servicentro justo a que contienen grandes cantidades de sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, y detergentes, los cuales son componentes mucho dañinos para la fitografía y fauna marina. La perspectiva de segunda mano fue de carácter experimental, caracterizándose por la realización de ensayos y pruebas, complementadas con la recopilación de evidencias verificadas a través de actividades de observación y análisis en el servicentro Very Wash. Metodológicamente, se contemplaron tres etapas: la primera consistió en el borrador y edificación de los biofiltros, construyéndose repetición biofiltros en estado de paralelepípedo, del tipo subsuperficial de epidemia erguido, que permitieron adiestrar diferentes mecanismos de remoción; ambos tuvieron como madre filtrante losa de canguro rodado, grava promedio y arena gruesa; las manto vegetal empleadas fueron “estampa enano” (*Cyperus haspan*), para una justiprecio de depuración de las aguas residuales del servicentro. La segunda marcha fue la importación de los biofiltros, realizándose la caracterización de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales, teniendo como contaminantes a los sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, y detergentes. La tercera marcha consistió en el entrenamiento experimental, realizándose 4 muestreos para cada dispositivo, con frecuencia semanal. Como resultado, se obtuvo que el primer biofiltro tuvo una remoción

del 99.63 % para los sólidos suspendidos totales, 99.7 % para aceites y grasas y 99.99 % para detergentes; mientras tanto que la segunda vez biofiltro de 99.41 % para sólidos suspendidos totales, 99.75 % para aceites y grasas y 99.99 % para detergentes. Se concluye que el radio del biofiltro nunca influyó en la remoción de contaminantes de las aguas residuales del servicentro; si perfectamente ambos biofiltros poseen una alta idoneidad de remoción de contaminantes, esto se debió a la intervención de otros componentes de los biofiltros como el manto vegetal acuáticas y botonadura de grasas. En cuanto al análisis crítico en esta investigación utiliza biofiltros que es muy costoso, pero elimina más del 90% impurezas, pero no evalúa la turbidez necesaria para un reciclado del agua.

Llanos A. y Mirano C. (2017) según la EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTRO DE ARENA Y FILTRO DE PIEDRA CALIZA, EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, DE LAS AGUAS DE LA QUEBRADA LA OYADA, MOYOBAMBA, PERÚ –. El filtro tiene un diseño distintivo, resultado que indica que se presentan las eficiencias del filtro de arena y filtro de piedra caliza en la remoción de turbiedad, color y sólidos totales, en un tiempo de 24 horas para cada temporada (estiaje y avenida). En la presente investigación se obtuvieron valores de eficiencia de 57.5% y 50.25% para el filtro de arena en la temporada de estiaje y avenida respectivamente, del mismo modo, se obtuvieron valores de eficiencia de 51.25% y 45.5% para el filtro de piedra caliza en la temporada de estiaje y avenida respectivamente y como conclusión resaltante indica que los filtros de arena y piedras caliza si remueve los parámetros físicos analizados, demostrando que ambos son efectivos; sin embargo, se demuestra que el filtro de arena presenta un porcentaje mayor de eficiencia de remoción que el filtro de piedra caliza. Respecto al análisis crítico en esta investigación utiliza los filtros de arena y piedra caliza donde se obtuvo valores encima de 50% de eficiencia y nosotros lo hicimos pasar por dos filtros de arena en un 60% de eficiencia.

Mamani A. y Saucedo O. (2021) EFECTIVIDAD DEL FILTRO DE GRAVA, SULFATO DE ALUMINIO Y CARBÓN ACTIVADO EN LA ELIMINACIÓN DE DETERGENTES DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA – PERU, en este trabajo se tomaron muestras de control en una industria específica. Las muestras, recolectadas antes y después de cada filtro,

fueron codificadas con su ubicación, fecha y hora. Luego, se transportó en una hielera con refrigerante y se llevó al laboratorio para su análisis. Como resultado, se confirmó lo siguiente: el aluminio y el carbón activado son eficaces para eliminar los detergentes de las aguas residuales. En el casco urbano de la ciudad de Cajamarca, se logró reducir el detergente en un 22.55% y la turbidez en un 98.51%. Finalmente, se demostró que el agua tratada no contiene detergentes, utilizando coagulante, grava y filtro de carbón. Con relación al análisis crítico en esta investigación utiliza aluminio y carbón activado donde se obtuvo la turbidez en 98.5% muy efectivo para tomar en cuenta como post proceso.

El autor Ramirez S. (2019) "CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RIO CHONTA EMPLEANDO FILTRO LENTO DE ARENA ASCENDENTE Y DESCENDENTE, CAJAMARCA 2019". La presente investigación tuvo como objetivo principal de estudio determinar la calidad del agua superficial de la cuenca del rio chonta empleando filtro lento de arena ascendente y descendente; el tipo de investigación es aplicada, con un diseño de pre prueba y pos prueba; en él cual se realizaron muestreos durante tres semanas comparando así entre ellas la remoción de los parámetros físicos químicos y bacteriológicos a la salida de cada filtro, el cual se comprobó y no se cumplió con la hipótesis establecida: el agua tratada filtro lento de arena descendente y ascendente proveniente de la cuenca rio chonta no mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de una manera estable ya que requiere una constante limpieza debido al asentamiento de limos y arenas finas, pero a su vez obteniendo un agua purificada apta para el consumo humano. En lo referente al análisis crítico, en esta investigación utiliza los filtros de arena ascendente y descendente con lo cual no llega a obtener resultados positivos según su hipótesis, encontrando en mi tesis resultados favorables.

El autor Cedeño P. (2018) Diseño de filtros Grava-Arena-Carbón para el tratamiento de aguas lluvias almacenadas en cisternas de viviendas unifamiliares en zonas rurales de Jipijapa, establece como objetivo diseñar un filtro de material granular para el tratamiento de aguas lluvias con fines de uso doméstico en zonas rurales de Jipijapa. Se evaluaron tres configuraciones distintas de los elementos que componen el filtro, obteniendo resultados de laboratorio variables, y se identificó la configuración más adecuada como

solución al problema. Los filtros #1 y #2, en sus combinaciones de grava-carbón-arena, aumentaron ciertos parámetros analizados, por lo que se descartaron; en cambio, el filtro #3, configurado en el orden grava-arena-carbón, fue determinado como el más eficaz para el tratamiento de aguas lluvias en uso doméstico. En conclusión, el filtro #3 redujo el pH en un 3%, el color aparente en un 67%, los sólidos disueltos totales en un 16%, la dureza total en un 7% y los cloruros en un 10%, garantizando la calidad del agua para su aplicación en actividades domésticas en zonas rurales del cantón Jipijapa. En cuanto al análisis crítico de esta investigación, se destaca que la reducción del color aparente alcanzó un 67% de efectividad, mientras que en mi proyecto se logró una efectividad del 60% en la reducción de turbidez.

Amasifuen M. y Morón L., (2021) en su estudio “Aplicación de dosis de piedra pómez y carbón activado para el tratamiento de agua residual en el Camal Municipal de Moquegua”, utilizaron una técnica experimental enfocada en la objetividad. Los resultados indican que las características fisicoquímicas del carbón activado y la piedra pómez influyen positivamente en el tratamiento de aguas residuales del camal, siendo particularmente efectivas en la retención de sólidos suspendidos totales. En conclusión, el uso de dosis adecuadas de carbón activado y piedra pómez mejora significativamente el tratamiento de estas aguas. En el análisis crítico de la investigación, se destaca el uso de piedra pómez y carbón activado como filtros. Comparado con otros materiales, como la grava, arena y piedra caliza empleados en mi trabajo, también se observó una mejora en la turbidez y el pH del agua.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Calidad del Agua

El término "calidad del agua" es relativo y tiene un significado universal que depende del contexto en el que se utilice. Esto implica que una fuente de agua se considera suficientemente limpia si cumple con los estándares para el uso específico que se le dará. Sin embargo, el agua que puede ser apta para el consumo humano no siempre es adecuada para todos los usos; por ejemplo, un pez puede no ser apto para nadar o consumir agua en ciertas condiciones. Para determinar si una masa de agua es adecuada, es fundamental especificar su calidad en función del uso

previsto. Según estas consideraciones, el agua se considera contaminada si se producen cambios que afectan su uso real o potencial (Vargas, 2011).

2.2.2. Filtración

La filtración es el proceso mediante el cual se separa el agua de las partículas suspendidas al pasar a través de materiales porosos. Este proceso generalmente utiliza materiales como la arena. Existen dos tipos de filtros de arena: de acción lenta y de acción rápida. En el caso de los filtros de acción lenta, el agua fluye a través de la arena a un ritmo lento debido a la gravedad, y la separación de sólidos ocurre al hacer pasar el agua a través de los poros de la capa filtrante, donde las partículas se adhieren a los granos de arena. En contraste, los filtros de arena de acción rápida eliminan partículas suspendidas relativamente grandes mediante procesos físicos, acumulando los sólidos en la parte superior del medio filtrante. Estos filtros requieren un proceso de limpieza por reflujos, que puede ser complejo (Cristóbal, 2010).

2.2.3. Filtración lenta de arena

La filtración lenta (FLA) consiste en una serie de procesos físicos y biológicos que destruyen los microorganismos patógenos presentes en el agua, haciéndola no apta para el consumo humano. Debido a esta propiedad, se considera una tecnología limpia que purifica el agua sin generar nuevas fuentes de contaminación para el medio ambiente y los consumidores (Arboleda, 2010). Los filtros lentos se utilizan principalmente para eliminar la turbidez en el agua, alcanzando niveles inferiores a 100 NTU, siempre que estén diseñados y operados adecuadamente. Este sistema es considerado una forma efectiva de desinfección del agua (Arboleda, 2010). Además, los filtros lentos son sistemas sencillos, limpios y eficientes, ideales para el suministro de agua en zonas rurales y pequeñas comunidades, gracias a su bajo costo de operación y mantenimiento (Arboleda, 2010).

2.2.4. Descripción del proceso de filtración lenta

El proceso de filtración lenta comienza cuando el agua cruda ingresa al filtro y permanece en el medio durante un periodo determinado, que

depende de la velocidad de filtración. Durante este tiempo, las partículas más pesadas en suspensión tienden a hundirse, mientras que las más ligeras forman escamas. En la capa superior del filtro se genera una fina película conocida como "manto de suciedad", compuesta por una gran cantidad de microorganismos biológicamente activos. Este manto requiere un período de maduración de 3 a 5 semanas, durante el cual los microorganismos se estabilizan dentro de los poros del medio filtrante, capturando, digiriendo y descomponiendo la materia orgánica presente en el agua. Es importante mantener un nivel de agua constante en la superficie del medio, ya que los microorganismos desempeñan un papel crucial en la purificación (Aguar y Portella, 2009). A medida que el agua fluye a través del medio filtrante, se producen procesos como el tamizado, donde las adherencias que se forman son removidas. Este proceso también puede llevar a que el agua se torne turbia y decolorada. En el espacio vacío del medio filtrante, se lleva a cabo la sedimentación. Dependiendo del proceso en curso, la superficie de las partículas del material filtrante se cubre con una membrana biológica similar a la cubierta del suelo, rica en bacterias que continúan absorbiendo contaminantes y desechos en el fondo. Si la cantidad de medio filtrante se reduce, también lo hace la disponibilidad de alimento para las bacterias, lo que permite el desarrollo de otros tipos que utilizan el oxígeno disuelto y los nutrientes presentes en el agua (García y Rivas, 2017).

2.2.5. Componente del filtro

Un filtro está compuesto por varios elementos: la estructura del filtro, que contiene todos los materiales filtrantes, y una entrada que asegura un flujo uniforme hacia el interior. La capa de agua que sobresale garantiza una altura adecuada, idealmente entre 0,80 y 1 metro, para permitir el paso del agua a través del lecho de material filtrante. Los medios filtrantes deben estar hechos de material granular inerte y duradero, y la capa de soporte actúa como base para el material filtrante mientras permite un filtrado uniforme. La cámara de salida consta de dos secciones separadas por una pared; en la parte superior, se instala un rebosadero que se sitúa ligeramente por encima del lecho de arena (Blacio y Palacio, 2014).

2.2.6. Parámetros físicos de la calidad del agua

Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos totales, turbiedad, color, sabor y olor (Vargas, 2019).

2.2.6.1. Turbiedad

Es La turbidez es una medida de la dispersión de la luz en el agua provocada por la presencia de materiales suspendidos coloidales y particulados, que pueden indicar cambios en la calidad del agua, como contaminación por microorganismos o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas, como arena, fango y arcilla, así como de materiales orgánicos. Este factor ambiental es crucial en las aguas naturales, ya que influye en la actividad fotosintética, reduciendo la penetración de luz y, por ende, la producción de fitoplancton, lo que afecta la dinámica del ecosistema acuático. Además, la turbidez interfiere con los usos recreativos y la estética del agua, y puede obstaculizar la eficacia de los tratamientos de desinfección, provocando sabores y olores desagradables. Por lo tanto, el agua destinada al consumo humano debe estar libre de turbidez, siendo la transparencia especialmente importante en la producción de materiales para el consumo humano, como en las industrias de alimentos y bebidas (Jimeno, 2013).

2.2.7. Reglamento Nacional de Construcción – OS. 020 – Sistema de tratamiento de agua Fácil de beber.

a) Filtración lenta con arena.

- Requerimientos generales

La tasa de filtración debe estar entre 2 y 8 $m^3/(m^2 \cdot día)$. a) Se adopta la velocidad 2 si el único proceso considerado es un filtro lento. $3m^3/(m^2 \cdot Día)$. b) si el agua proviene de una laguna o embalse o está en consideración para tratamiento; Provisionalmente se pueden utilizar cantidades de hasta 5-8 $m^3/(m^2 \cdot día)$. El límite máximo permisible debería permitirse cuando se puedan garantizar buenas condiciones de funcionamiento; mantenimiento. - Requiere al menos dos unidades que deben estar conectadas entre sí Permitir el llenado hacia arriba a través

de la estructura de salida. Surge de cualquier proceso de limpieza (stripping) de filtros adyacentes durante el funcionamiento. - La estructura del ingreso a la unidad deberá tener en cuenta lo siguiente: a) equipo para medir y ajustar fácilmente el caudal a través del vertedero; triangular o rectangular, con válvulas o compuertas aguas arriba para regular el flujo Entrada y rebosadero para eliminar excedentes. b) Canales que distribuyan el flujo uniformemente a todas las unidades. c) Compuertas o válvulas para aislar la unidad.

2.2.8. Aguas residuales

Las aguas residuales, de acuerdo con OEFA (2014), son aquellas cuyo estado ha sido alterado debido a diversas actividades humanas. Estas aguas, debido a su composición modificada, necesitan ser tratadas antes de ser reutilizadas, vertidas en cuerpos de agua naturales o descargadas en el alcantarillado. Además, se clasifican en función de su origen.

2.2.8.1. Aguas residuales domesticas

Las aguas residuales domésticas son aquellas que provienen de viviendas y contienen desechos fisiológicos, entre otros derivados de actividades humanas, y requieren una disposición adecuada (OEFA, 2014).

2.2.8.2. Aguas residuales no domésticas

Por otro lado, las aguas residuales no domésticas son generadas por actividades comerciales o industriales, distintas de las domésticas, donde se producen a partir de procesos como la preparación de alimentos, el aseo personal y desechos fisiológicos (Ministerio de Vivienda, 2019).

2.2.9. Manejo de las aguas residuales MUNICIPALES

Las EPS de Saneamiento, junto con otras entidades afines, se encargan de captar agua de fuentes naturales como ríos, lagos, manantiales y pozos subterráneos. Posteriormente, estas aguas son tratadas con el objetivo de hacerlas adecuadas para el consumo humano.

El agua destinada al consumo humano se utiliza en diversas actividades domésticas, comerciales e industriales, lo que produce aguas residuales municipales. Estas son descargadas en la red de alcantarillado gestionada por las EPS de Saneamiento o entidades similares. Sin embargo, las aguas residuales que no se vierten en dichas redes suelen ser liberadas sin tratamiento en cuerpos de agua naturales, terrenos no urbanizados o utilizadas para el riego de cultivos (OEFA, 2014).

2.2.10. Autoridad Nacional del Agua (ANA):

La autorización de vertimientos de aguas residuales tratadas se otorga con las opiniones técnicas favorables y vinculantes de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y de la autoridad ambiental sectorial. Asimismo, se verifica el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en los cuerpos de agua, se imponen sanciones, y se puede suspender la autorización si se comprueba que las aguas residuales tratadas afectan la calidad del cuerpo receptor o sus recursos. Además, se autoriza el reúso del agua residual, siempre que no se comprometa la salud humana ni el ecosistema (OEFA, 2014).

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Agua cruda:** Agua que no ha sufrido ningún proceso de tratamiento.
Entrada: agua que ingresa a una unidad de tratamiento e inicia una etapa o proceso completo.
- **Tratamiento Arena:** Proceso destinado a eliminar partículas sólidas no consolidadas, con tamaños comprendidos entre 20 y 2 μm , presentes en el agua.
- **Calidad:** Se refiere a las condiciones relacionadas con las propiedades del agua. después de modificación por condiciones o influencias físicas, químicas, biológicas, naturales; humano.
- **Nivel bajo de agua:** Este es el nivel de agua más bajo que alcanza un río o laguna en una época determinada del año. Principalmente por la sequía.

- **Filtro:** elemento que, cuando se inserta en un flujo, permite eliminar algunos de los elementos de ese flujo. Flujo, normalmente un elemento innecesario.
- **Filtración:** Proceso final utilizado para eliminar sólidos y sustancias del agua, incluyendo partículas microscópicas, como coloides, que no se pueden eliminar mediante métodos convencionales.
- **Tasa de filtración constante:** condiciones de trabajo del filtro forzado Funciona a pesar de la capacidad de filtrado reducida con el mismo caudal constipación.
- **Tratamiento del agua:** Eliminación de contaminantes presentes en el agua, ya sea mediante métodos naturales o artificiales, con el objetivo de cumplir los estándares establecidos en las normas de calidad para agua destinada al consumo.
- **Turbidez:** La opacidad de un líquido causada por partículas en suspensión. absolutamente Determinado por la cantidad de luz dispersada por la muestra.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método y Alcance de la Investigación

El proyecto de investigación es de tipo experimental

3.1.1. Método de filtración con gravas, arena y piedra caliza

Una muestra de agua de lavado, extraído de las empresas de auto lavado o conocidos como Car Wash en la ciudad de Moquegua, con el fin de poder mejorar los parámetros físico químicos antes de ser arrojados al desagüe municipal y llegar a la planta de tratamiento de aguas residuales municipales, se aplicará un método de filtrado mediante gravas, arenas y piedra caliza, preparados en un envase para poder ingresar por la parte superior el agua residual y lixiviar por los filtros de arena y grava hasta la salida y obtener un agua residual tratada por este método.

El método realizado es según las unidades de filtración en gravas de flujo descendente (Ver Figura 3), operaron con tres filtros de arena distribuidos por la altura (mm) de grava, arena y piedra caliza, así como tiempo de contacto con el filtro. Al inicio y final se analiza los parámetros físico químicos como son la turbidez, pH, C.E y TDS

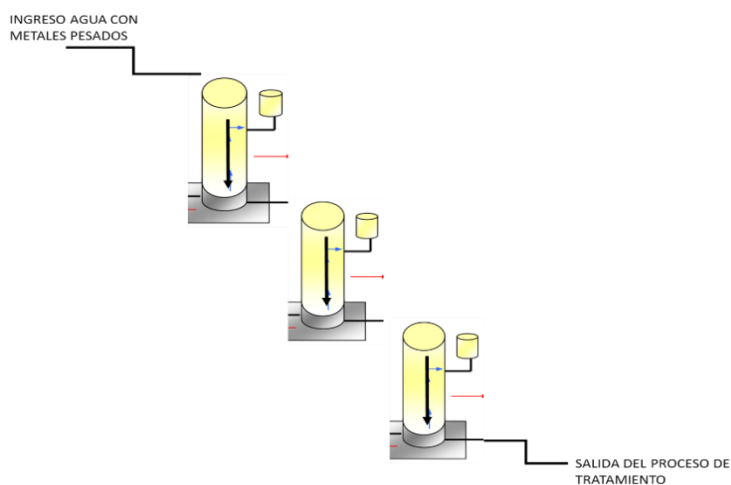


Figura 3 Método de filtración con gravas, arena y piedra caliza

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño experimental

Las muestras de agua se tomarán después del lavado en diversas fuentes, como lavanderías y lavaderos de autos. La muestra de control se recogerá de la industria correspondiente. Todas las muestras, tanto las tomadas antes como después de pasar por los filtros, se codificarán con información sobre la ubicación, la fecha y la hora de la recolección. Posteriormente, se enviarán a un laboratorio para determinar los parámetros físico-químicos, que incluyen pH, conductividad eléctrica (C.E.), turbidez y sólidos disueltos totales (TDS). Se evaluarán estos parámetros antes y después de que el agua pase por un sistema de filtración compuesto de gravas, arena y piedra caliza. Además, se realizará un análisis de varianza (ANOVA) para comparar los diferentes parámetros físico-químicos en la entrada y salida de los filtros dispuestos en forma de cascada.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población del estudio está constituida por las empresas de lavado, específicamente 20 lavaderos de autos ubicados en el cercado de la ciudad de Moquegua, durante el año 2024.



Figura 4 Ubicación de car wash Lavado de autos en zona cercado de la ciudad

3.3.2. Muestra

La obtención de la muestra se realiza de manera aleatoria. Para una población pequeña, como en este caso, se puede seleccionar el tamaño

de la muestra al azar utilizando un generador de números aleatorios para elegir a los individuos de la lista completa de la población. Para seleccionar una muestra aleatoria de 2 individuos de una población de 20, se utilizó un generador de números aleatorios que selecciona dos números entre 1 y 20 sin repetición. En el caso de una población pequeña, como los 2 lavaderos de autos elegidos al azar, aplicaremos la fórmula de tamaño de muestra para poblaciones finitas. Esta fórmula es la siguiente:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Donde:

- N=2 es el tamaño de la población.
- Z es el valor de la distribución normal correspondiente al nivel de confianza deseado (1.96 para 95% de confianza).
- p es la proporción de éxito esperada (0.5 si no se conoce).
- E es el margen de error permitido.

Las muestras son de dos empresas lava autos en distintos puntos de la ciudad, como son:

EMPRESA 1

1. Dirección Alfonso Ugarte B-1 – Moquegua Car Wash Express



Figura 5 Moquegua JM Car Wash

EMPRESA 2

2. Dirección: Andrés Avelino Cáceres 457 – Moquegua LA CASA DEL LAVADO



Figura 6 CASA DEL LAVADO

3.3.3. Toma de muestra

La recolección de muestras se realizará en dos empresas de lavado de autos: Car Wash Express y La Casa del Lavado, durante una semana. Se seleccionaron los días viernes, sábado y domingo para la toma de muestras, siendo viernes y sábado los días más concurridos, debido a las restricciones de horario en el laboratorio.

Las muestras se recogerán en frascos de plástico, ya que este tipo de recipiente es el más recomendado por los Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (American Health Public Association et al., 2017) para el tipo de análisis que se llevará a cabo. Además, para asegurar la calidad de la muestra se tomó en cuenta La Norma Técnica Peruana (NTP) 214.060, que establece la metodología de muestreo para evaluar la calidad de las aguas residuales no domésticas que se descargan en el alcantarillado sanitario y se consideró las condiciones de preservación y tipo de recipiente para análisis de los parámetros considerados en la presente investigación.

Las muestras se obtendrán en dos momentos: primero, se tomará el agua de ingreso para el lavado (agua de caño) y, segundo, se

recolectará el agua residual que sale del sistema de recuperación (canaletas de desagüe).



Figura 7 Toma de muestras

Las muestras se tomaron de dos puntos distantes en la ciudad de Moquegua, específicamente en Car Wash Express y La Casa del Lavado, que son fácilmente accesibles debido a su ubicación y popularidad. Para el análisis de las muestras, se consideraron varios parámetros de contaminación del agua de lavado. Estos incluyen el pH, que indica la acidez o basicidad del agua en función de los detergentes y limpiadores utilizados; la conductividad eléctrica (C.E.), que refleja las sales generadas por estos productos y los sólidos disueltos en el agua; y la turbidez, que se relaciona con la cantidad de sólidos no solubles en el agua residual, así como con la presencia de óxidos de hierro de las canaletas que también afectan la turbidez.

n°	NOMBRE CAR WASH	DIRECCION	UNIDADES GEODESICAS	
			LATITUD	LONGITUD
1	CAR WASH EXPRESS	Andrés Avelino Cáceres 457 – Moquegua	-17.194361	-70948771
2	LA CASA DEL LAVADO	Alfonso Ugarte B-1 – Moquegua	-17.189303	-70.924048

Tabla 3 Ubicación Geodésica

Según la tabla 3, se muestra la ubicación geodésica de los Car Wash o Lavadero de autos en la ciudad de Moquegua donde se realizó el muestreo.

CLASIFICACIONES NORMALIZADAS DE SUELOS

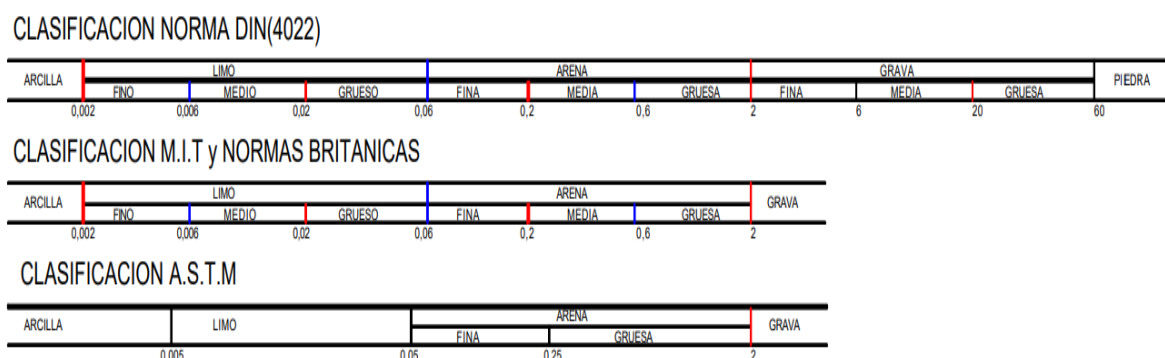


Figura 8 Clasificaciones Normalizadas de Suelo

La figura 8 muestra la clasificación de suelos según tres normativas: DIN (4022), M.I.T. y Normas Británicas, y A.S.T.M. Cada una clasifica los suelos según el tamaño de sus partículas, desde arcilla y limo hasta arena, grava y piedra, con rangos de medida que varían entre 0.002 mm y más de 60 mm. Esta clasificación se utiliza en ingeniería para determinar el comportamiento del suelo en diferentes aplicaciones.

RESUMEN DE CLASIFICACIONES NORMALIZADAS DE SUELOS

Clasificación	Nombre	Tamaño [mm]	Ejemplo
Norma DIN (4022)	Arcilla	< 0.002	Arcillita (formada por partículas de arcilla)
	Limo Fino	0.002 - 0.006	Limo (Limolita)
	Limo Medio	0.006 - 0.02	Limo (Limolita)
	Limo Grueso	0.02 - 0.06	Limo (Limolita)
	Arena Fina	0.06 - 0.2	Arenisca (formada por granos de arena)
	Arena Media	0.2 - 0.6	Arenisca (formada por granos de arena)
	Arena Gruesa	0.6 - 2	Arenisca (formada por granos de arena)
	Grava Fina	2-6	Conglomerado (partículas redondeadas)
	Grava Media	6-20	Brecha (partículas angulares)
	Grava Gruesa	20 - 60	Brecha (partículas angulares)
	Piedra	> 60	Roca o bloque
Clasificación MIT y Normas Británicas	Arcilla	< 0.002	Arcillita (formada por partículas de arcilla)

	Limo Fino	0.002 - 0.006	Limolita
	Limo Medio	0.006 - 0.02	Limolita
	Limo Grueso	0.02 - 0.06	Limolita
	Arena Fina	0.06 - 0.2	Arenisca (formada por granos de arena)
	Arena Media	0.2 - 0.6	Arenisca (formada por granos de arena)
	Arena Gruesa	0.6 - 2	Arenisca (formada por granos de arena)
	Grava	> 2	Conglomerado/Brecha según forma de partículas
Clasificación ASTM	Arcilla	< 0.002	Arcillita (formada por partículas de arcilla)
	Limo	0.005 - 0.05	Limolita
	Arena Fina	0.05 - 0.25	Arenisca (formada por granos de arena)
	Arena Gruesa	0.25 - 2	Arenisca (formada por granos de arena)
	Grava	> 2	Conglomerado/Brecha según forma de partículas

Tabla 4 Resumen de clasificaciones normalizadas de suelos

CLASIFICACIONES NORMALIZADAS DE SUELOS

NORMATIVIDAD	ARCILLA (mm)	LIMO (mm)	ARENA (mm)		GRAVA (mm)	PIEDRA (mm)
			FINA	GRUESA		
ASTM	< 0.005	0.005 – 0.05	0.05 – 0.25	0.25 – 2.00	> 2.00	--
DIN	< 0.002	0.002 – 0.06	0.06 – 0.20	0.60 – 2.00	2.00 – 60.0	> 60.00
MIT / NB	< 0.002	0.002 – 0.06	0.06 – 0.20	0.60 – 2.00	> 2.00	--

Tabla 5 Clasificaciones normalizadas de suelos

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección De Datos

3.4.1. Técnicas de Recolección de datos

Métodos de ensayo o técnicas analíticas El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la norma ECA 004-2017-MINAM, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la misma norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

3.4.2. Instrumentos de Recolección de datos

- Muestreo de agua al ingreso y salida de Car Wash en la ciudad de Moquegua

- Resultados de análisis físico químico en laboratorio acreditado reconocido

3.4.3. Instrumentos de Análisis de Datos

- Cuaderno de campo, computadora, tablet, cámara de fotos, celular
- Análisis estadísticos en Infostat 2020
- Microsoft Excel

CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Breve descripción de la empresa y sus procesos

- Moquegua Car Wash Express

Un centro de lavado de automóviles, también conocido como un autolavado y auto baño, es un espacio dedicado a la limpieza de automóviles, ya sea como un servicio brindado por empleados del lugar o bien por los propios usuarios.

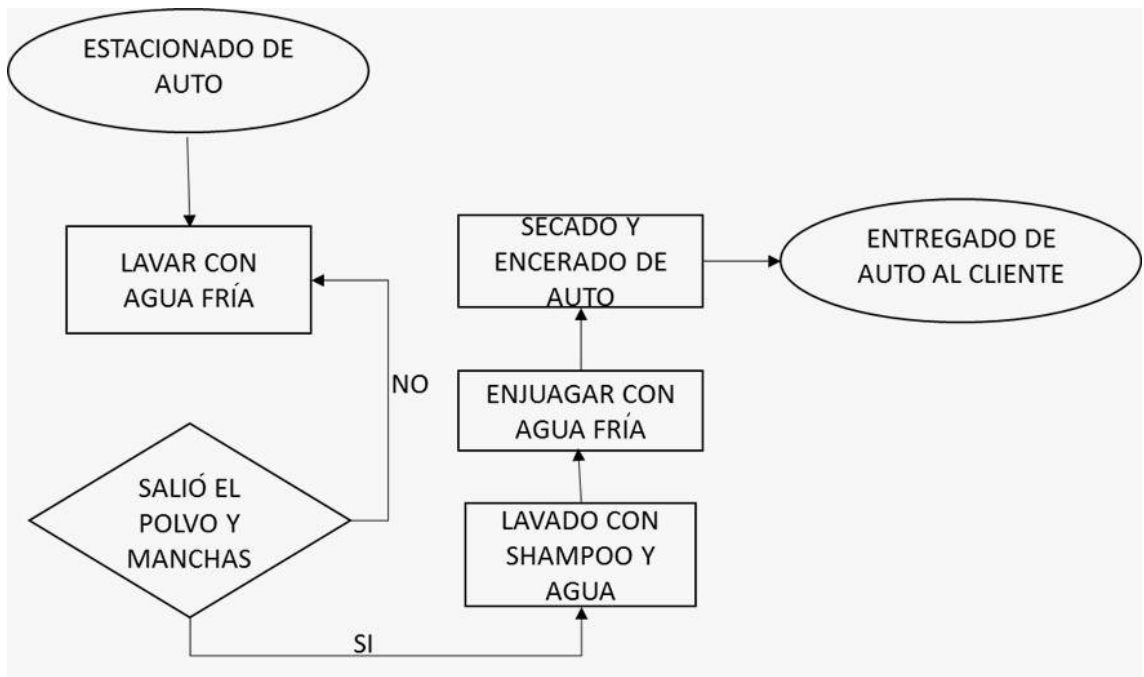


Figura 9 Diagrama de flujo Car Wash Express

- Moquegua La Casa Del Lavado

Abarca un lavado exterior en seco, limpieza de vidrios y llantas, aplicación de renovador de neumáticos, aspirado completo del vehículo, además de una limpieza interior que incluye protección, y tratamiento de los pisos de goma con renovador.

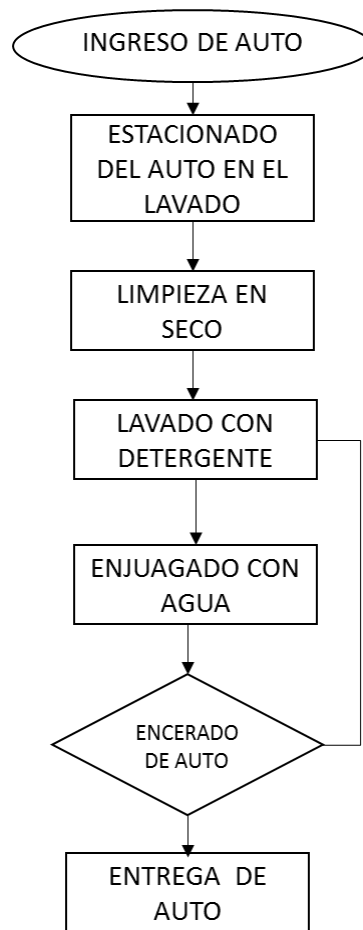


Figura 10 Diagrama de flujo LA CASA DEL LAVADO

4.2. Diagnóstico de la situación actual

4.2.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras)

Los resultados obtenidos mediante análisis físico químico, en un laboratorio acreditado fueron los siguiente

Resultados de Análisis en Laboratorio Acreditado

Nombre de la muestra	MATRIZ DE LA MUESTRA	C E	Turbidez	SD	pH
		µs/cm	NTU	mg/L	Unidad de Ph
AI-CW1	AGUA DE INGRESO A CAR WASH AGUA DE CAÑO	544.8	0.5	354	7.00
AS-CW1	AGUA RESIDUAL DEL CAR WASH	1307	625.5	1.124	8.229
AT-CW1-M1	AGUA SALIDA DEL TRATAMIENTO 1	1326	496.5	124	7.717
T-CW1-M2	AGUA SALIDA DEL TRATAMIENTO 2	1640	202.27	1.128	7.748
ECA Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales A2		1600	100	1000	5.5 - 9.0

Tabla 6 Resultados de Análisis Físicoquímicos

Según la tabla 6, Se puede observar la turbidez presenta al ingreso de agua al Car Wash (CW) muestra AI-CW1 menor a 0.5 NTU y según la Calidad del agua para consumo humano del Ministerio de salud 031-2010-SA Indica <5 NTU la turbidez, en el agua residual del CW tiene 625.50 NTU, en el tratamiento 1 turbidez=496.50 NTU y en el tratamiento 2 dio como resultado turbidez=202.27 NTU siendo el que más se acerca a la ECA 004-2017-MINAN LMP (Límites Máximos Permisibles) menores a 100 NTU según normativa vigente del MINAM indicados en la sub categoría A2 de los "Estándares de Calidad Ambiental Para Agua" donde el LMP=100 NTU agua de ingreso a tratamiento.

Se tomo referencia la ECA 004-2017-MINAN debido a que, actualmente no existe una normativa vigente para aguas residuales procedentes de las empresas dedicada al lavado de automóviles. Por otro lado, para los parámetros evaluados en la presente investigación no se han establecido LMP, en la normativa que aplica para efluentes vertidos a cuerpos de aguas, como ríos, lagos, entre otros.

4.3. Análisis y discusión de resultados

4.3.1. Resultados de Parámetros físico Químico

ANALISIS ESTADISTICO

Software Estadístico InfoStat versión 2020

ANALISIS DE FRECUENCIAS

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
C E	1	[544.80	1307.00]	925.90	2	1.00	2	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Turbidez	1	625.50	1	0.50	2	1.00
Turbidez	2	<0,5	1	0.50	1	0.50

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
SD	1	[1.12	354.00]	177.56	2	1.00	2	1.00

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
pH	1	[7.00	8.23]	7.61	2	1.00	2	1.00

Tabla 7 Análisis de frecuencias

ANALISIS DE MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
C E	4	1204.45	465.52	38.65	544.80	1640.00	1316.50
Turbidez	4	331.19	282.80	85.39	0.50	625.50	349.39
SD	4	120.06	166.37	138.57	1.12	354.00	62.56
pH	4	7.67	0.51	6.60	7.00	8.23	7.73

Tabla 8 Análisis de medidas de tendencia central

En la tabla anterior se observa que el coeficiente de variación más bajo corresponde al pH (6.60), lo que indica que los datos están muy próximos entre sí. Por otro lado, los valores de turbidez presentan una mayor dispersión, evidenciando una diferencia significativa. Se destaca una reducción notable en la turbidez, que disminuye de 625.5 NTU a 202.27 NTU, cumpliendo así con el objetivo de evaluar este parámetro.

% Eficiencia del parámetro turbidez

$$\% \text{ eficiencia} = ((625.5 - 202.27)/625.5) \times 100\% = 67.66\%$$

La eficiencia del parámetro turbidez se calcula comparando la turbidez inicial (625.5 NTU) y la turbidez final (202.27 NTU) después de un tratamiento.

Esto significa que el tratamiento eliminó un 67.66% de la turbidez del agua.

4.3.2. Comparación con estudios previos y discusión

En el estudio de Llanos A. y Mirano C. (2017), se obtuvieron valores de eficiencia del 57.5% y 50.25% para el filtro de arena. En comparación, en nuestro proyecto logramos una eficiencia superior al 67%, lo que indica un tratamiento más efectivo no solo en el lavado de autos, sino también en otras empresas donde se busca reducir la turbidez del agua.

La comparación de resultados entre el estudio de Cedeño P. (2018) y el presente trabajo destaca diferencias importantes en la eficacia de tratamiento de aguas en distintos contextos. Cedeño logró una reducción del color aparente en un 67% y de los sólidos disueltos totales en un 16% con un filtro de grava-arena-carbón, lo que resultó ser una opción adecuada para mejorar parámetro visuales y fisicoquímicos de aguas lluvias destinadas a uso doméstico en zonas rurales. En contraste, nuestro estudio se enfocó en la reducción de turbidez en aguas residuales de un Car Wash, alcanzando una eficiencia del 67.66% al disminuir la turbidez de 625.5 NTU a 202.27 NTU con el uso de piedra pómez y carbón activado. Este enfoque resulta más adecuado en el contexto de aguas residuales de lavado de autos, donde la reducción de sólidos suspendidos es crucial y, aunque no existe una normativa específica para esta industria, se logró acercarse al límite de 100 NTU establecido en los estándares ambientales del MINAM para aguas superficiales. En conclusión, ambos estudios demuestran la efectividad de sus configuraciones en sus respectivos objetivos: Cedeño, en la mejora de parámetros estéticos y de salubridad para uso doméstico, y el presente trabajo, en la optimización de la claridad de aguas residuales para una posible reutilización en actividades que requieran baja turbidez.

4.3.3. Análisis de gráficas estadísticas

a. Conductividad Eléctrica (C.E.)

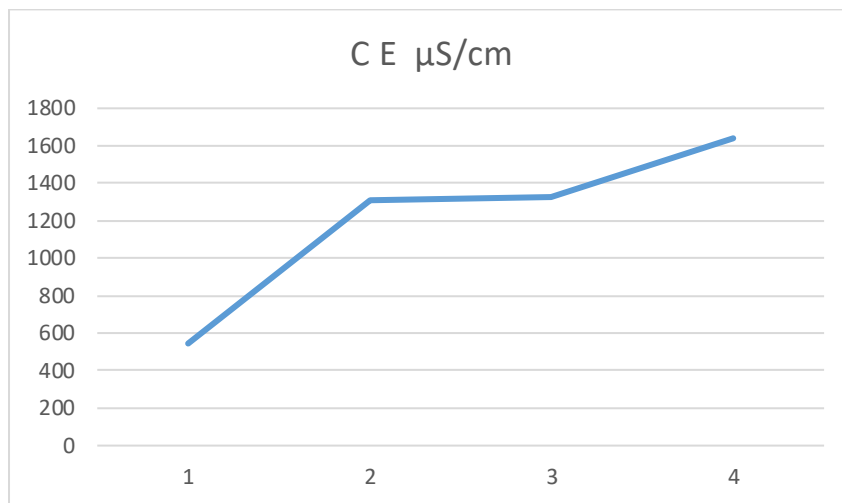


Figura 11 Gráfico de Resultado del parámetro C.E. en función de los puntos de muestreo

Según la figura 11 los resultados de la Conductividad Eléctrica (CE) en los puntos de muestreo presentan importantes variaciones así; en el punto 1 es el más bajo 544.8 $\mu\text{S/cm}$, en el punto 2 sube la CE 1307 $\mu\text{S/cm}$ y del punto 3 sube muy poco 1326 $\mu\text{S/cm}$ llegando al punto 4 más alto 1640 $\mu\text{S/cm}$, comparando con el Limite C.E = 1600 $\mu\text{S/cm}$ según ECA 004-2017-MINAM esto se debe el punto 1 agua de ingreso (agua potable) y punto de salida de agua residual del CW, el punto 3 es el tratamiento 1 y el punto 4 es el tratamiento 2 del agua residual tomado a la salida de los tratamientos 1 y 2, en el parámetro de C.E se encuentra dentro de los LMP según normativa

b. Turbidez (NTU)

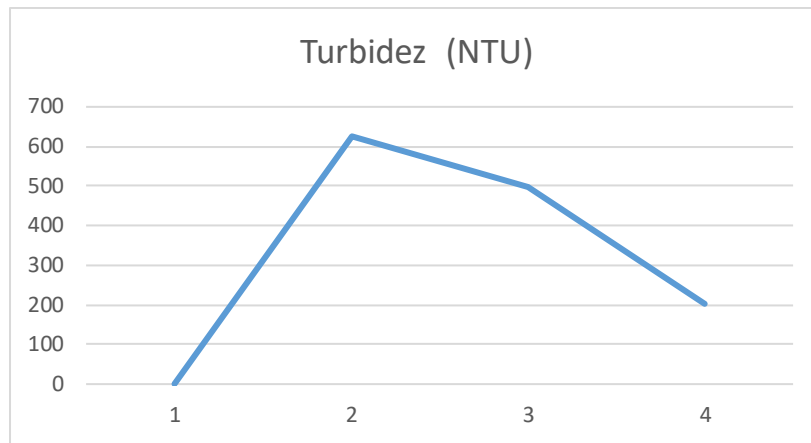


Figura 12 Gráfico de Resultado del parámetro de Turbidez en función de los puntos de muestreo

Según la Figura 12, los resultados de turbidez (NTU) en los diferentes puntos de muestreo muestran variaciones significativas. En el punto 1, correspondiente al agua potable de ingreso, la turbidez es de 0.5 NTU. En el punto 2, que es el agua residual del Car Wash (CW), la turbidez se eleva considerablemente a 625.5 NTU. En el punto 3, después del tratamiento 1, la turbidez disminuye a 496.5 NTU, y en el punto 4, tras el tratamiento 2, baja aún más a 202.27 NTU. Según la normativa ECA 004-2017-MINAM, el valor permitido para agua con fines de potabilización es <100 NTU, aunque no existe una normativa específica para aguas residuales de lavaderos de autos. Por ello, se tomaron como referencia los límites máximos permisibles del ECA para evaluar la calidad del agua tras los tratamientos.

c. Sólidos Disueltos SD (ppm)

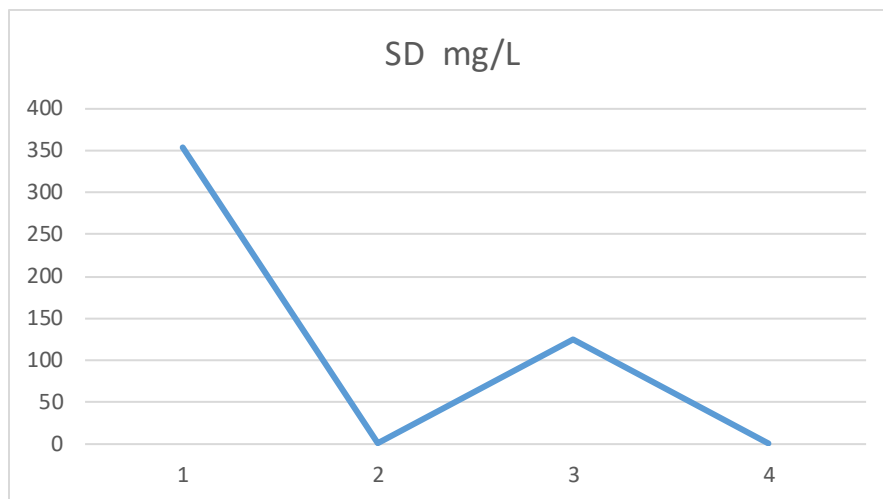


Figura 13 Gráfico de Resultado del parámetro S.D. en función de los puntos de muestreo

Según la Figura 13, los resultados de sólidos disueltos (SD) en los puntos de muestreo muestran variaciones notables. En el punto 1, correspondiente al agua potable de ingreso, se registra el valor más alto con 354 mg/L. En el punto 2, correspondiente al agua residual del Car Wash (CW), los sólidos disueltos disminuyen drásticamente a 1.12 mg/L. Luego, en el punto 3, tras el tratamiento 1, aumentan significativamente a 124 mg/L, mientras que en el punto 4, después del tratamiento 2, vuelven a bajar ligeramente a 1.128 mg/L. De acuerdo con la normativa ECA 004-2017-MINAM, el límite máximo permisible para sólidos totales disueltos (TDS) es de 1000 mg/L, lo que indica que todos los puntos evaluados están dentro de los límites establecidos. Esta variación en los sólidos disueltos refleja la efectividad de los tratamientos aplicados y asegura que los niveles se mantengan dentro de los estándares permitidos según la normativa vigente.

d. Potencial de Hidrogeno pH (unidad de pH)

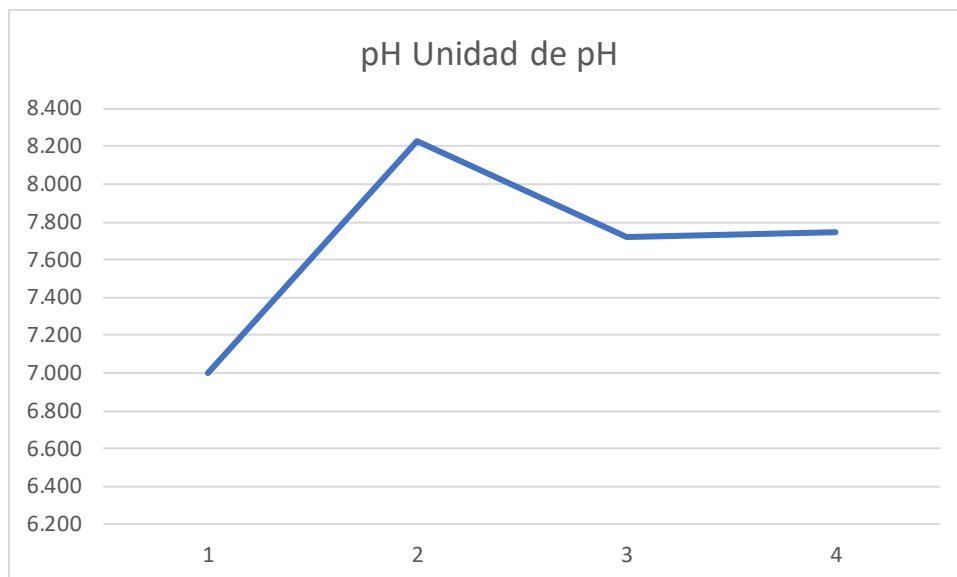


Figura 14 Gráfico de Resultado del parámetro C.E. en función de los puntos de muestreo

Según la Figura 14, los resultados del potencial de hidrógeno (pH) en los puntos de muestreo muestran variaciones significativas. En el punto 1, que representa el agua potable de ingreso, el pH es de 7.0, lo que indica un nivel neutro. En el punto 2, el pH alcanza su valor máximo de 8.229, indicando un carácter alcalino. Luego, en el punto 3, correspondiente al tratamiento 1, el pH desciende moderadamente a 7.717, manteniéndose ligeramente alcalino, y en el punto 4, después del tratamiento 2, se observa una leve disminución a 7.748, también ligeramente alcalino. De acuerdo con la normativa vigente ECA 004-2017-MINAM, el límite máximo permisible para el pH se encuentra entre 5.5 y 9.0, por lo que todos los puntos evaluados se encuentran dentro de estos límites. Esta variación en el pH se relaciona con el tipo de agua analizada: el punto 1 representa el agua de ingreso, mientras que los puntos 3 y 4 corresponden a los tratamientos aplicados a las aguas residuales del Car Wash (CW).

Los análisis físico químicos se realizaron en un LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050 Laboratorios Analíticos del Sur – Arequipa

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Conductividad Eléctrica. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed. Conductivity. Laboratory Method. - C E $\mu\text{S}/\text{cm}$

pH. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. pH Value. Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO) - pH [0 - 14] Unidad de pH

Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods. [^a 0.5 - 5000] NTU

Sólidos Totales Disueltos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed. SOLIDS. Total Dissolved Solids Dried at 180°C. [^b 12 - 10000] mg/L

4.4. Evaluación económica, financiera, ambiental, social

Evaluación Económica: Esta investigación tiene un ahorro para la empresa de Car Wash ya que se podría reciclar sus aguas bajándole la turbidez y el pH, por lo que sería un ahorro significativo y generaría una huella hídrica menor al de la competencia cuidando el medio ambiente.

El costo de la huella hídrica se refiere al consumo de agua potable por parte de los lavaderos de autos, ya que el agua potable no debería utilizarse para este tipo de actividades. Si se usa agua de río o canal, el lavadero debe solicitar un permiso a la Autoridad Local del Agua (ALA Moquegua), y sería sancionado por mal uso de agua potable, si pudiera bajar la turbidez a menos de 100 NTU se tendría un reciclado del agua para su uso, este proyecto de investigación no incluye el costo de la huella hídrica, eso es parte de otra investigación.

Actualmente, los usuarios industriales y comerciales conectados a red pagan alrededor S/5 por m³ (Bonifaz, 2024) y teniendo en cuenta la cantidad de agua que se requiere para un lavadero de autos, el poder reducir el consumo de agua, reducirá de manera importante el gasto que realizan en pagos de servicios a las EPS.

Evaluación Financiera: Generaría mayor demanda por el servicio debido a ser amable con el medio ambiente y una cultura de reciclaje, y mejora en la calidad de agua antes de ser eliminada. En el año 2023, en el Perú se incrementó un 6%, la cantidad de consumidores que se preocupan por el cuidado del medio ambiente (Kantar Group and Affiliates, 2024). Asimismo, según un estudio

llevado a cabo por Kantar Ibope Media, el 65% de los peruanos estaría dispuesto a pagar más para conseguir un producto o servicio que sea amigable con el planeta (Gestión, 2024).

Evaluación Ambiental: debido al reciclaje y reutilización del agua por un método de bajo costo y mantenimiento, generando agua con menos contaminantes antes de ser eliminados, y al poder ser reciclados. Utilizando filtros de arena el ahorro de agua limpia puede ser de hasta un 85 % (Kärcher S.A., 2024).

Evaluación Social: En tiempos de escasas de agua en zonas desérticas, como lo es la región Moquegua, es importante para ayudar a la sociedad racionalizar el uso de agua potable para usos en lavado de autos, por este motivo la sociedad saldría beneficiada con esta investigación ambiental. Kantar Group and Affiliates (2024), menciona que el 28% de los hogares peruanos cree que sus elecciones de consumo pueden marcar la diferencia para controlar o limitar el daño ambiental, cifra que resalta en el contexto de incertidumbre social y económica que enfrentamos.

Abreviaturas y símbolos

1. BACH. : Bachiller
2. Ing. : Ingeniero
3. CW : Car Wash
4. NTU : Unidades Nefelometricas
5. pH : Potencial de hidrogeno
6. OMS : Organización Mundial de la Salud
7. VMA : Valores Maximo Admisibles
8. CE : Conductividad Electrica
9. OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
10. EPS: Empresa Prestadora de Servicios
11. ECA: Estándares de Calidad Ambiental
12. TDS: Solidos Totales Disueltos
13. ANOVA: Analsisi de Varianza
14. INACAL: Instituto Nacional de Calidad
15. mm : milímetros
16. ALA : Autoridad Local del Agua

CONCLUSIONES

1. Se puede observar de los resultados obtenidos que la utilización de filtros de arena, grava y piedra caliza, mejora la calidad de agua residual generada por los Car Wash, evaluados. Esto se refleja principalmente en los parámetros de pH y turbidez.
2. Se concluye que el parámetro pH según tabla 2, al ingreso al tratamiento 1 es de $\text{pH}=8.229$ y a la salida de tratamiento 1 $\text{pH}=7.717$ y la salida del tratamiento 2 $\text{pH}=7.748$ lo cual indica que baja de pH alcalino a pH ligeramente alcalino, mejorando la calidad del agua en términos de alcalinidad.
3. Asimismo, el parámetro de turbidez, según la Tabla 2, muestra que al ingresar al tratamiento 1, la turbidez es de 625.5 NTU, y al salir del tratamiento 1, la turbidez se reduce a 496.5 NTU. En el tratamiento 2, la turbidez baja aún más a 202.7 NTU. Esto indica que ambos tratamientos ayudan a reducir la turbidez, mejorando así la calidad del agua. Sin embargo, aún sería necesario un tratamiento adicional para alcanzar los 100 NTU requeridos por la normativa para el agua destinada a potabilización. En conclusión, el primer filtro logra reducir la turbidez en un 20.6%, y el segundo filtro consigue una reducción del 67.7%.
4. Se concluye que el tratamiento de aguas residuales de lavado de autos mediante un filtro de gravas y arenas cuida el medio ambiente y puede atraer a los clientes que se preocupan por el cuidado del ambiente, los cuales se han incrementado en los últimos años.
5. Se concluye que el reúso de las aguas residuales generadas en los lavaderos de autos puede ser un paso para reducir su huella hídrica en este rubro empresas y por ende reducir los gastos generados por pagos de servicios a EPS.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar un sistema de filtración con arena, grava y piedra caliza para reducir la turbidez y permitir la reutilización del agua residual generada en los car wash de la ciudad de Moquegua. Para su aplicación a escala real, se sugiere construir un tanque de filtrado de al menos 200 litros de capacidad, diseñado específicamente para operaciones de lavado de autos. Este tanque debería contener capas de arena, grava y piedra caliza, distribuidas de manera que el agua pase primero por la grava para remover partículas grandes, luego por la arena para filtrar partículas más finas, y finalmente por la piedra caliza para ajustar el pH y reducir aún más la turbidez. Este sistema permitirá la recuperación del agua residual, contribuyendo a la sostenibilidad y ahorro de agua en las empresas de lavado de autos de la región.
2. Se recomienda realizar un tratamiento 3 para mejorar la calidad del agua para mejorar el parámetro pH y turbidez, para ser reutilizada como agua para reciclar, puede ser un tratamiento con carbón activado
3. Se recomienda que Impacto social ambiental y económico sea medido según la huella hídrica según el proceso de cada lavado de autos en la ciudad para ver su impacto ambiental en el uso de agua potable
4. Se recomienda identificar y sancionar a las empresas que usan agua para consumo humano en el lavado de autos sin permiso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amasifuen, M., & Morón, L. (2021). Aplicación de dosis de piedra pómez y carbón activado para el tratamiento de agua residual en Camal Municipal Moquegua, 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. [Fecha de consulta: 2 de enero de 2024]. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/73440>.
2. Arboleda, (2010). Teoría práctica de la purificación del agua. Análisis del agua. Colombia Mac-Graw Hill. [Fecha de consulta: 6 de enero de 2024].
3. Aguiar, & Portella. (2009). Diseño y montaje del laboratorio de filtro lento de arena para agua potable [Tesis de grado en Ingeniería Civil]. Corporación Universitaria Minuto de Dios. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2024]. Disponible en <http://hdl.handle.net/10656/569>
4. Blacio, D., & Palacios, J. (2011). Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región. Universidad de Cuenca. [Fecha de consulta: 14 de enero de 2024]. Disponible en <https://bit.ly/3vHDmRZ>.
5. Bonifaz, J. (2024). Tarifas de agua subterránea y las EPS. El Comercio. [Fecha de consulta: 18 de enero de 2024]. Disponible en <https://www.up.edu.pe/egp/noticias/tarifas-agua-subterranea-eps/#:~:text=Actualmente%2C%20los%20usuarios%20industriales%20y,pagan%20S/1%2C41m>
6. Cánepa, L. (2011). Filtración Lenta: Teoría y Evaluación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. [Fecha de consulta: 22 de enero de 2024].
7. Caqui. (2013). Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura [Tesis de grado en Ingeniería Industrial y de Sistemas]. Universidad de Piura, Perú. [Fecha de consulta: 26 de enero de 2024]. Disponible en <https://hdl.handle.net/11042/1738>
8. Cardona. (2012). Caracterización de un filtro lento de arena con un prefiltro de flujo horizontal de grava [Tesis de grado en Ingeniería Civil]. Universidad de Piura, Piura, Perú. [Fecha de consulta: 30 de enero de

- 2024]. Disponible en https://www.scipedia.com/wd/images/0/07/Draft_Content_934808974Roman-Seda_et_al.pdf.
9. Carrasquero, S., Terán, K., Mas y Rubí, M., Colina, G., & Díaz, A. (2020). Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización / An assessment in effluents from chemical treatment car wash for reuse. *Impacto Científico*, 10(2), 122-139. [Fecha de consulta: 3 de febrero de 2024]. Recuperado a partir de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/impacto/article/view/33918>.
 10. Cedeño, P. (2018). Diseño de filtros grava-arena-carbón para el tratamiento de aguas lluvias almacenadas en cisternas de viviendas unifamiliares en zonas rurales de Jipijapa. JIPIJAPA-UNESUM. [Fecha de consulta: 7 de febrero de 2024]. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1203>.
 11. Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua de la OMS. (2009). Filtración lenta en arena para abastecimiento público de agua en países en desarrollo. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2024].
 12. Chambi, Z. (2018). Tratamiento de aguas residuales de lavanderías. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2024]. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8347>.
 13. Conagua. (2011). Compendio básico del agua en México. Comisión Nacional del Agua. [Fecha de consulta: 19 de febrero de 2024].
 14. Cristóbal, (2010). Descripción hidráulica de la batería de filtros de planta N° 1 de La Atarjea. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Fecha de consulta: 23 de febrero de 2024]. Disponible en https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/cristobal_ef/cristobal_ef.pdf.
 15. Decreto Supremo 021-2009-VIVIENDA. (2009, noviembre 20). Aprueban valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Gobierno del Perú. [Fecha de consulta: 27 de febrero de 2024]. Disponible en

- <https://www.gob.pe/institucion/sedaayacucho/normas-legales/3979411-021-2009-vivienda>.
16. Decreto Legislativo N° 1055, que modifica a la Ley general del ambiente – Ley N° 28611, publicado el 27 junio 2008. Ministerio del Ambiente del Perú. [Fecha de consulta: 2 de marzo de 2024]. Disponible en <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1055/m>.
 17. Jimeno, E. (2013). En análisis de aguas y desagües UNI. Lima-Perú: oficina de bienestar universitario. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2024].
 18. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, & Centre for Affordable Water and Sanitation Technology. (2008). Biosand filter manual. Calgary, Canadá: CAWST. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2024].
 19. García, M., & Rivas, W. (2017). Evaluación de la filtración lenta de arena para la potabilización del agua en el corregimiento de San José de Playón [Tesis de grado en Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2024]. Disponible en <https://hdl.handle.net/11227/4154>.
 20. Gestión. (2024). El 65% de peruanos pagaría más por productos ecoamigables. El Comercio S.A. [Fecha de consulta: 18 de marzo de 2024]. Disponible en <https://gestion.pe/economia/empresas/el-65-de-peruanos-pagaria-mas-por-productos-ecoamigables-sostenibilidad-medio-ambiente-empresas-g-de-gestion-noticia/>.
 21. González, X. (2018). Conozca las iniciativas ambientales de algunos lavaderos de carros en el país. La República. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2024]. Disponible en <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/las-iniciativas-ambientales-de-algunos-lavaderos-de-carros-2767532>.
 22. Jimeno, E. (2013). En análisis de aguas y desagües UNI. Oficina de Bienestar Universitario, Lima, Perú. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2024]. Disponible en https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=22.%09Jime

- [no%2C+E.+%282013%29.+En+an%C3%A1lisis+de+aguas+y+desag%C3%BCes+UNI.+Lima-+Per%C3%BA%3A+oficina+de+bienestar+universitario.&btnG=#d=gs_ci t&t=1732759975337&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3As8avwK4aG8YJ %3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3 Des.](#)
23. Kantar Group and Affiliates, (2024). Crece la preocupación de los peruanos por el medioambiente. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2024]. Obtenido de <https://www.kantar.com/latin-america/inspiracion/consumidor/preocupacion-por-el-medioambiente-crece-en-peru-en-2023#:~:text=As%C3%AD%20tenemos%20que%2C%20consumidores%20peruanos,en%20el%202022%20a%2047%25>.
24. Kärcher S.A. (2024). Reciclaje de agua en la instalación de lavado. [Fecha de consulta: 3 de abril de 2024]. Obtenido de <https://www.kaercher.com/es/professional/know-how-profesional-conocimientos-tecnicos-y-experiencias-de-limpieza-para-profesionales/reciclaje-de-agua-en-la-instalacion-de-lavado.html>.
25. Llanos, A., & Mirano, C. (2017). Evaluación de la eficiencia de filtro de arena y filtro de piedra caliza, en la remoción de parámetros físicos, de las aguas de la quebrada La Oyada, Moyobamba, Perú. [Fecha de consulta: 7 de abril de 2024]. Disponible en <http://hdl.handle.net/11458/3033>.
26. Mamani, A., & Saucedo, O. (2021). Efectividad del filtro de grava, sulfato de aluminio y carbón activado en la eliminación de detergentes de aguas residuales urbanas de la ciudad de Cajamarca, Perú. Revista ECAAE, 2(2). [Fecha de consulta: 11 de abril de 2024]. <https://doi.org/10.51252/reacae.v2i2.511>.
27. ONU. (2008). Anuario de las Naciones Unidas, Anuario Express 2008, Volumen 62. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2024]. Disponible en <https://digitallibrary.un.org/record/4015211/files/1378096ES.pdf>.
28. OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Ginebra. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2024]. Disponible en <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>.

29. ONU, O. d. (7 de septiembre de 2008). Agua. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2024]. Obtenido de Hacia la solución de una crisis mundial: Año Internacional del Saneamiento: http://esa.un.org/iys/docs/flagship_ES.pdf.
30. Pimentel, H. (2017, 13 de marzo). Aguas residuales y efectos contaminantes. iAgua. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2024]. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-yefectos-contaminantes>.
31. Ramirez Sanga, F. W. (2021). Calidad del agua superficial de la cuenca del río Chonta empleando filtro lento de arena ascendente y descendente, Cajamarca 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2024]. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27892>.
32. Vargas Luque, A. L. (s.f.). Aplicación de piedra pómez como filtro en el proceso de tratamiento de aguas residuales verdes de un centro de beneficio animal, Puno. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2024]. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11819>.
33. Veit, M. T., Novais, Í. G. V., Juchen, P. T., Palácio, S. M., da Cunha Gonçalves, G., & Zanette, J. C. (2020). Automotive wash effluent treatment using combined process of coagulation/flocculation/sedimentation–adsorption. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231, 1-12. [Fecha de consulta: 9 de mayo de 2024]. Recuperado de <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/loOMjynl/>.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

DETERMINAR LA EFICIENCIA DE GRAVAS Y PIEDRA CALIZA COMO FILTROS NATURALES EN AGUAS RESIDUALES DE LAVADO, MOQUEGUA

Tipo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
General	¿Se podrá determinar la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales lavado?	Determinar la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado.	Se determina la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado	Variable Dependiente Parámetros Físicoquímicos Potencial de hidrogeno (pH) unidades de pH Turbidez (NTU) Unidades Nefelométricas NTU Conductividad Eléctrica (C.E) $\mu\text{S/cm}$	Tipo de investigación: Es una investigación tipo experimental
Específicos	a) ¿Será posible determinar la calidad del agua residual de lavado midiendo la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales?) Determinar la calidad del agua residual de lavado midiendo la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales	Se determina la calidad del agua residual de lavado midiendo la eficiencia de gravas y piedra caliza como filtros naturales	Altura de arena fina, arena gruesa, grava y piedra caliza (mm)	Diseño de investigación: Diseño de Analisis de Varianza (ANOVA)

<p>b) ¿Cuál será la proporción de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado?</p>	<p>b) Determinar la proporción eficiente de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado.</p>	<p>Se determina la proporción eficiente de gravas y piedra caliza como filtros naturales en aguas residuales de lavado.</p>	<p>Área de arena fina (g/cm3) Área de arena gruesa (g/cm3) Área de grava (g/cm3) Área de piedra caliza (g/cm3)</p>	<p>Población: La población está comprendida el mercado central de la ciudad de Moquegua 2022.</p>
--	---	---	---	---

Anexo 1 Matriz de Consistencia

Anexo 2 Panel fotográfico

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 15 Lavado de auto en Car Wash de Moquegua, se realiza con manguera a presión agua de consumo humano y a alta presión previo limpieza en seco



Figura 16 Lavado con detergente al auto, detergente previamente preparado en un barril de 200 litros se presiona fuertemente al auto para remover grasas y polvo

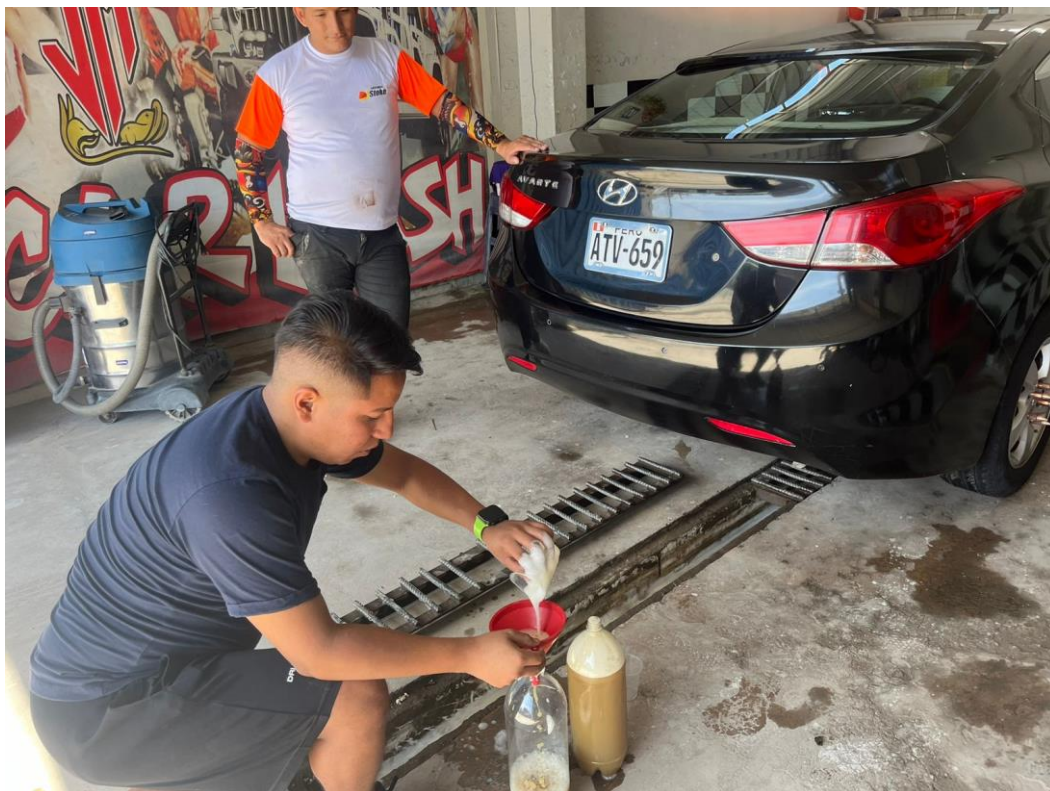


Figura 17 Recojo de muestra de aguas residuales de Car Wash por su canaleta debajo del piso después de realizado el lavado del auto con detergente jabón y agua a presión, después del enjuagado final



Figura 18 Muestras al ingreso y salida de Car Wash o lavado de autos, se distingue los colores a simple vista del agua potable de ingreso y el agua residual del lavado de autos

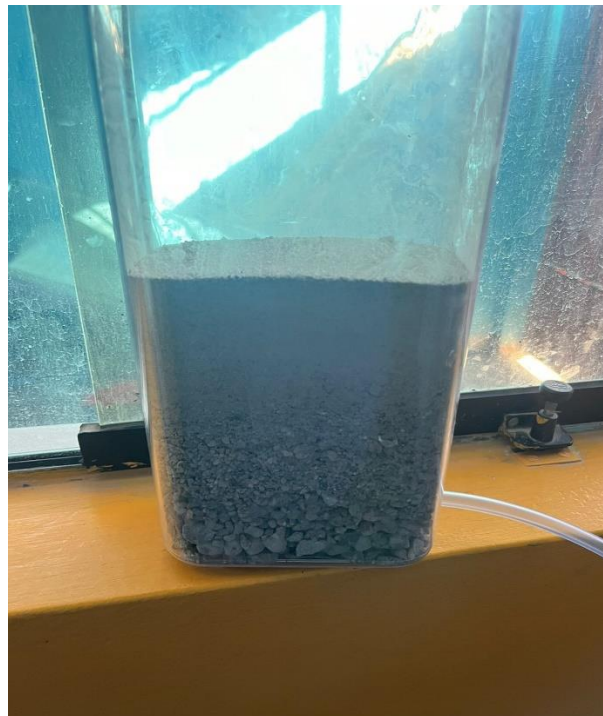


Figura 19 Preparación de las arenas, grava y piedra caliza para la filtración, es decir la mezcla de arena fina, arena gruesa y piedra caliza



Figura 20 Inicio de la filtración por arenas, grava y piedra caliza, el paso a través de la maqueta es lento para que el tiempo necesario para una mejor filtración



Figura 21 Tratamiento de filtración 1 primera parte de filtrado, ingreso de agua residual de Car Wash, y salida al tratamiento 2 se analizo pH, C.E, SD y turbidez



Figura 22 Tratamiento de filtración 2, salida final del tratamiento al agua residual de Car Wash, para evaluar y analizar el pH, C.E., SD y Turbidez



Figura 23 Resultados obtenidos Salida Car Wash, salida tratamiento 1 y tratamiento 2, se puede observar a simple vista la diferencia de colores, es decir la turbidez que se ha ido perdiendo al paso por los filtros de arena, grava y piedra caliza

Anexo 3 Clasificación de gravas según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS

Divisiones Mayores		Símbolo de grupo	Nombre de grupo
Grava < 50% de la fracción gruesa que pasa el tamiz n.º 4 (4.75 mm)	grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n.º200	GW	grava bien graduada, grava fina a gruesa
		GP	grava pobremente graduada
	grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz n.º 200	GM	grava limosa
		GC	grava arcillosa

Anexo 3 Descripción y clasificación de gravas