

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL PARA UN LAVADERO DE
VEHÍCULOS, BAGUA – AMAZONAS**

Autores: Bach. José Junior Huamán Izquierdo

Asesor: M.Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): HUAMÁN IZQUIERDO JOSÉ JUNIOR
DNI N°: 70224620
Correo electrónico: 702246205@untrm.edu.pe
Facultad: INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
Escuela Profesional: INGENIERÍA AMBIENTAL

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA UN LAVADERO DE VEHÍCULOS, BAOVA - AMAZONAS

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: REYES FARSE JEFFERSON FITZGERALD
DNI, Pasaporte, C.E N°: 76634664
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-0003-4480-9235>

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: _____
DNI, Pasaporte, C.E N°: _____
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>)

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
1.04.00 - Química

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 21 de MARZO de 2023



[Firma]
Firma del autor 1

Firma del autor 2

[Firma]
Firma del Asesor 1

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

PRIMERAMENTE A DIOS

Por otorgarme la vida, salud y fuerza durante el proceso de culminación de este proyecto, me ha concedido sobresalir ante todas las dificultades que se me han presentado.

A MIS PADRES

Gracias a ustedes que son mi fuerza principal en mi proceso de formación académica, me han entregado todo el apoyo día a día para lograr mis metas, sin ustedes no hubiera sido posible realizar este logro.

A MI HERMANA

Por estar siempre a mi lado brindándome palabras de aliento y superación, por su apoyo y confianza.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me ha brindado las fuerzas necesarias para poder alcanzar la sabiduría y las ganas para no rendirme ante las dificultades que se me han presentado.

A mi familia que es la base primordial en toda mi vida que es la inspiración que día a día haya podido superar todos los obstáculos que se han presentado.

De manera muy especial a mi madre por cada consejo que me brindo y por ayudarme en todo lo necesitado para mis estudios, por su ayuda incondicional a cada momento y por no permitirme que me dé por vencido ante cualquier obstáculo ocurrido para finalizar este proyecto de tesis.

Al Ing. M. Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje a quien le expreso mi agradecimiento por su debida ayuda y asesoramiento en la finalización del presente trabajo y a los miembros del jurado.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA
RECTOR**

**DR. OSCAR ANDRES GAMARRA TORRES
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**DRA. MARÍA NELLY LUJAN ESPINOZA
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

**DR. RICARDO EDMUNDO CAMPOS RAMOS
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L


VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA UN LAVADERO DE VEHÍCULOS, BAGUA - AMAZONAS; del egresado JOSE JUNIOR MURMAN IZQUIERDO de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL, Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 21 de FEBRERO de 2023


Firma y nombre completo del Asesor
Jefferson F. Reyes Farja

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Erick Stevinsonn Arellanos Carrión

PRESIDENTE



M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

SECRETARIO



Mg. Damaris Leiva Tafur

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
PARA UN LAVADERO DE VEHÍCULOS, BAOBA - AMAZONAS

presentada por el estudiante ()/egresado (X) JOSE JUNIOR HUAMAN IZQUIERDO
de la Escuela Profesional de INGENIERIA AMBIENTAL

con correo electrónico institucional 7022462051@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 21 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 12 de enero del 2023


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 06 de marzo del año 2023, siendo las 16:00 horas, el aspirante: Bach. Huamán Izquierdo José Junior, asesorado por M.Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada:

Propuesta de un Sistema de Tratamiento de agua residual para un lavadero de vehículos en el distrito de Baya, Amazonas, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, a ser otorgado por la Universidad

Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M.Sc. Erick Stevinson Arellano Carrión

Secretario: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Vocal: Mg. Damaris Leyva Tafur

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:20 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:
.....

INDICE O CONTENIDO GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL RESPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
INDICE O CONTENIDO GENERAL	x
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y METODOS	21
2.1.Área de estudio.....	21
2.1.1.Población.....	21
2.1.2.Muestra.....	21
2.2.Método.....	22
2.2.1.Fase de campo	22
2.2.2.Fase de laboratorio	23
2.2.3.Fase de diseño	24
2.3.Diagrama del trabajo.....	26
III. RESULTADOS	27
3.1.Estudio del agua.....	27
3.2.Determinación del caudal de diseño.....	29
3.3.Cálculo de la velocidad.....	29
3.4.Dimensionamiento de la rejilla (pretratamiento).....	29
3.4.1.Cálculo del área entre barras (A).....	30
3.4.2.Altura del tirante del agua (h)	30
3.4.3.Altura del canal (H).....	30

3.4.4. Longitud de las barras	30
3.4.5. Cálculo de la adición de las separaciones de las barras (bg).....	31
3.4.6. Cálculo del número de barrotos (n)	31
3.5. Trampa de grasas	31
3.5.1. Volumen de la trampa de grasas (V).....	31
3.5.2. Área superficial	32
3.5.3. Dimensiones de la trampa de grasas	32
3.6. Filtro de Arena.....	33
3.6.1. Área del tanque.....	33
3.6.2. Diámetro del tanque	33
3.6.3., Calculo del volumen del lecho filtrante	33
3.6.4. Altura del lecho filtrante (AL)	34
3.7. Tanque de cloración.....	34
3.7.1. Dimensionamiento de desinfección	34
3.7.2. Determinación del peso de desinfectante	35
3.7.3. Cálculo del volumen del tanque de cloración	35
3.7.4. Ancho y largo del tanque	35
3.7.5. Altura del tanque	36
3.8. Filtro de carbón activado.....	36
3.9. Diagrama de del sistema de tratamiento.....	36
IV. DISCUSIÓN	37
V. CONCLUSIONES	40
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	41
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físico-químicos del lavadero de vehículos Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.L	27
Tabla 2. Parámetros microbiológicos del lavadero de vehículos Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.L.....	28
Tabla 3. Promedios de los resultados del laboratorio y comparación	28
Tabla 4. Determinación de la velocidad	29
Tabla 5. Criterios para almacenamiento de productos desinfectantes.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio	21
Figura 2. Flujograma del servicio de lavado.....	22
Figura 3. Vertedero triangular	22
Figura 4. Diagrama de procesos para el sistema de tratamiento de aguas residuales.....	26
Figura 5. Sistema de tratamiento para las aguas residuales del lavadero de vehículos ..	36

RESUMEN

El presente estudio de investigación propone un sistema de tratamiento de agua residual para un lavadero de vehículos, Bagua – Amazonas, en el cual se caracterizó el agua residual provenientes de los efluentes del lavadero de vehículos empresa “Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.L.”, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los resultados obtenidos por el laboratorio dió que el pH fue de 7,03 encontrándose entre los parámetros mencionados en los Límites Máximos Permisibles (LMP) DS N° 003-2010-MINAM (normativa peruana) y TULSMA Libro VI Tabla N° 9 (normativa ecuatoriana). Los ST se encuentran dentro de los límites con 494,30 mg/L; los SST se encuentran fuera de los límites permitidos siendo 292,80 mg/L; los aceites y grasas con un resultado de 15,93 mg/L encontrándose dentro de los límites por ambas normativas; los HTP fue de 23,67 mg/L siendo su límite 20 mg/L; la DBO5 con 136,23 mgO2/L siendo el límite 100 mgO2/L para las dos normativas; la DQO con 288,47 mgO2/L teniendo como límite 200 mgO2/L; los coliformes termotolerantes con 18,67 x 10² NMP/100mL. Con ello se establece los procesos fisicoquímicos y microbiológicos que necesita el agua para ser tratada, mismos que inician con una rejilla, trampa de grasas, filtro multimedia o arena, tanque de cloración y filtro de carbón activado. Concluyéndose que casi un 50% de los parámetros se encuentran por encima de los límites que indican las normas referenciales.

Palabras clave: Agua residual, trampa de grasas, filtro multimedia o arena, tanque de cloración, filtro de carbón activado.

ABSTRACT

The present research study proposes a wastewater treatment system for a car wash, Bagua - Amazonas, in which the wastewater from the effluents of the car wash company "Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.L." was characterized. "In terms of physicochemical and microbiological parameters, the results obtained by the laboratory showed that the pH was 7,03; which is within the parameters mentioned in the Maximum Permissible Limits (MPL) DS N° 003-2010-MINAM (Peruvian regulations) and TULSMA Book VI Table N° 9 (Ecuadorian regulations). The TS are within the limits with 494,30 mg/L; the TSS are outside the permitted limits at 292,80 mg/L; oils and fats with a result of 15,93 mg/L, which is within the limits for both regulations; TPH was 23,67 mg/L, with a limit of 20 mg/L; BOD5 was 136,23 mgO₂/L, with a limit of 100 mgO₂/L for both regulations; COD was 288,47 mgO₂/L, with a limit of 200 mgO₂/L; thermotolerant coliforms were 18,67 x 10² NMP/100mL. This establishes the physicochemical and microbiological processes that the water needs to be treated, which begin with a grid, grease trap, multimedia filter or sand, chlorination tank and activated carbon filter. It was concluded that almost 50% of the parameters are above the limits indicated by the reference standards.

Keywords: Wastewater, grease trap, multimedia or sand filter, chlorination tank, activated carbon filter.

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales (AR) se detallan como aguas de composiciones diversas, procedentes de las liberaciones de usos industriales, municipales, de servicios agrícolas, comerciales, domésticos, pecuarios y en general de cualquier otro uso (Rodríguez & Duran de Bazúa, 2006). Desde un punto de vista de las fuentes de origen, las aguas residuales son una mezcla de residuos líquidos originarios de instituciones públicas, domicilios, establecimientos comerciales e industriales (Metcalf & Eddy, 1995). Se afirma que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos (Yee-Batista, 2013).

En el Perú, más del 65% de las AR no reciben purificación, provocando la contaminación del agua y su falta de recuperación para luego ser usada en favor de las viviendas (Larios et al., 2015). El vertido de aguas residuales hacia los cuerpos de agua (ríos, lagos y mares), poseen dos principales fuentes los cuales son las descargas de AR de la parte urbana y agrícola, y, por otro lado, las AR provenientes de los lugares industriales (Paucar & Iturregui, 2020).

Según Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2019. Mediante su Artículo 79° Vertimiento de agua residual (Ley de Recursos Hídricos 29338), ANA es la que normaliza sobre la disposición de AR tratadas a cuerpos de aguas (ríos o mares), siempre que se obtenga la aprobación de las Autoridades Ambientales y de Salud, donde aquellas aguas deben encontrarse entre los parámetros establecidos para los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP).

Las AR contienen contaminantes elevados, lo cual genera fuertes impactos ambientales en los cuerpos receptores. Los principales efectos nocivos de los vertidos de las AR son: los depósitos de fangos, reducción del oxígeno, color y una situación general desagradable. Si estas AR no se tratan, contribuirán a la degradación ambiental (Caldera, et al., 2010). Existen diversos contaminantes de los cuales los principales son el DBO₅, DQO, hidrocarburos totales de petróleo (HTP), pH, sólidos totales (ST), Sólidos suspendidos totales (SST), Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes, metales pesados de los cuales contienen diversos efectos en la salud y también equilibrio ecológico, entre otros (Jiménez, et al., 2010).

El DBO₅ (parámetro de contaminación orgánica) resulta del deterioro de tres tipos de materiales: compuestos químicos reductores (se oxidan con el OD), nitrógeno oxidable (nitrógeno bacteriano y nitrosomas), orgánicos carbónicos (microorganismos aerobios). El DQO es el total de oxígeno demandado para oxidar químicamente la materia inorgánica y orgánica que se encuentra en el agua (mg/L) en lo cual se usa un oxidante (K₂Cr₂O₇) con un tiempo de determinación de tres horas. El valor del DQO es constantemente superior al DBO₅, debido a numerosas sustancias orgánicas logran oxidarse químicamente (Metcalf & Eddy, 1995).

Los HTP están formados por compuestos aromáticos (cíclicos) y alifáticos (acíclicos); sus composiciones fisicoquímicas (alta hidrofobicidad y baja solubilidad) son las encargadas de su permanencia en la matriz del suelo por periodos extendidos, perturbando la fauna y la flora de los variables ecosistemas (Martínez & Soto, 2017).

El pH decreta si una sustancia es básica, neutra o ácida, calcula la cantidad iones de hidrogeno presentes. Su medición tiene una escala entre de 0 a 14, la escala 7 representa que la sustancia es neutra, mientras que por debajo de 7 muestran que es una sustancia ácida y por encima de 7 muestran que es básica. Los SST (limo, arena y virus) son habitualmente los causantes de las impurezas visibles. Radica en partículas demasiado pequeñas, las cuales son identificadas con el diseño de características claras del agua, incluyendo color y olor, gusto, turbidez y claridad del agua (Metcalf & Eddy, 1995).

Los aceites y grasas son contaminantes que provocan un efecto estético indeseable, siendo fácilmente perceptible a simple vista, dichos contaminantes originarios de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) o de residuos de alimentos siendo dificultosos de metabolizar por los microorganismos (Metcalf & Eddy, 1995).

Los coliformes termotolerantes son bacilos gram-negativos, no esporulados que aprovechan la lactosa con obtención de gas y ácido a 44,5 °C +/- 0,2 °C dentro de las 24 +/- 2 horas. El más grande espécimen en el grupo de coliforme fecal es el Escherichia coli, pero en algunos tipos de bacterias de los géneros Citrobacter, Klebsiella y Enterobacter también son termotolerantes (Villanueva & Yance, 2017).

El Perú genera aproximadamente 2 218 000 m³/día de aguas residuales, aligeradas hacia la red de alcantarillado perteneciente a estas EPS (Entidades Prestadoras de Servicios) de saneamiento, siendo un 32% de aquellas alberga un tratamiento, esto representa que las aguas residuales entran al ambiente por las cuencas hidrográficas, atmosféricas y a la

cadena trófica, colocando en peligro la salud humana, provocando enfermedades contagiosas y de origen hídrico como los vectores y roedores (OEFA, 2014). Su liberación continua sin previo tratamiento en lagos, ríos, mares o quebradas secas; son los primordiales elementos de contaminación no solo de los diferentes entornos existentes si no de nuestras fuentes de agua, tal son las subterráneas y superficiales, a lo que amedrenta la sostenibilidad del recurso hídrico y coloca en peligro a la salud de los pobladores (SUNASS, 2016).

Estas aguas se organizan en aguas residuales domésticas, tienen procedencia residencial y comercial que recogen residuos biológicos, derivados de las acciones antropogénicas que deben ser vertidas apropiadamente. Las aguas residuales municipales, son aguas combinadas con aguas de origen industrial previamente tratadas o de drenaje pluvial. Las aguas residuales industriales, son un sub producto de un proceso industrial, incluyéndose a las procedentes actividades industriales, minera energética, agroindustrial y otras actividades agrícolas (OEFA, 2014).

El problema que causan las AR industriales es una constante inquietud, y en la historia de la sociedad de los cuales han sido numerosas las personas que han planteado como un problema, tocado por filósofos, economistas, pensadores de todos los géneros y tendencias. Pese a que el tema consigue tomar importancia en las actuales décadas del siglo, mediante la filosofía del desarrollo sostenible, la obtención limpia y las buenas habilidades institucional; éste ha conseguido posicionarse en el interés de las organizaciones no gubernamentales, gobiernos, empresarios y para toda la humanidad (Chavez, 2007).

Dentro de las actividades industriales, están los trabajos comerciales donde uno de ellos es el lavado de vehículos, que manipulan el recurso de forma intensa para cubrir necesidades básicas. Estas acciones infringen de primera mano contra la disponibilidad y servicio sustentable del agua, con una finalidad obligatoria para el cumplimiento de cada país (ONU, 2015).

Las empresas encargadas de la higienización de los vehículos constituyen un problema socioambiental, debido a las grandes cantidades de agua que emplean para la actividad del lavado (Yáñez et. al., 2016). El agua residual producto del lavadero de vehículos es vertida a los diferentes cuerpos receptores, que son el alcantarillado, quebradas, ríos, etc. Durante el proceso del lavado de los vehículos el agua entra en contacto con los residuos

de aceites, sólidos, grasas, etc., al ser descargados sin antes tener un tratamiento provoca la alteración de las propiedades del agua, generando así una capa difícil de ser penetrada por el oxígeno, esto conlleva a impactos negativos en especies habitantes de este medio (Ramos *et al.*, 2003).

El tratamiento de estas radica en la sucesión mediante técnicas físicas, químicas y biológicas con el propósito de erradicar los contaminantes en el agua. La finalidad de un tratamiento permite originar agua higienizada o reutilizable para el ambiente (Navarrete *et al.*, 2018). En las diferentes partes del mundo ya toman medidas para disminuir la contaminación producidas por dichas aguas residuales del lavado de vehículos, como por ejemplo en el país de Australia no está permitido consumir más de 70 L de agua, en tanto para Suecia se han elaborado diferentes políticas de control con referencia a las descargas de aguas residuales por que representan un peligroso riesgo para la salud y el ambiente (Fernández, 2019).

Varios estudios sobre la problemática de las aguas residuales han sido realizados en diferentes partes del mundo, con bastante intensidad en los países subdesarrollados en Latinoamérica. Por ejemplo, Carrasquero *et al.*, (2015), evaluaron la eficacia del tratamiento fisicoquímico de floculación, sedimentación, coagulación y filtración; usando cloruro de calcio (CC), cloruro férrico (CF) y sulfato de aluminio (SA) en las aguas residuales forjadas por el lavadero de autos de la congregación Juana de Ávila, Estado Zulia, Venezuela. Se analizó el color aparente, DQO, pH, DBO₅, turbidez, alcalinidad total, fósforo total, sólidos sedimentables y totales. En lo cual para ello utilizaron dosis de coagulantes, con una variación de 0 y 850 mg/l.; Dando como resultado 350, 350 y 700 mg/l de CF, CC y SA, respectivamente, para alcanzar porcentajes de disminución de la turbidez (95, 99 y 87%) y para el color (93, 98 y 67 %). Para el DQO hubo diferencias bastante significativas entre los diferentes tratamientos con CF, CC y SA, afectando la disminución de dicho parámetro. Concluyeron que el coagulante que provocó un efluente apropiado fue el CF, con una dosis de 350 mg/l., Siendo este el resultado más conveniente para el reusó del agua

También en Sudamérica se ha evaluado esta problemática. En el país de Ecuador, Guamanquispe en el año 2017. Que realizo un diseño de una planta de tratamiento de agua procedente del lavadero de autos “La Unión” ubicado en el sector La Joya, Ambato, Ecuador. Caracterizó el agua residual en base a los parámetros físicos y químicos, siendo la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos, pH, Hidrocarburos totales

de petróleo (TPH), sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), aceites y grasas. Concluyó que una gran parte de los parámetros analizados se encontraron fuera de los rangos establecidos por la ley referencial. Su sistema de tratamiento consistió en un desarenado, el cual se encarga de retener las partículas de mayor tamaño, el floculador, sedimentador primario, tanque de aireación, sedimentador secundario, eras de secado de lodos, y finalizando con un sistema de cloración, donde se realizara una adecuada pureza al agua y nivel de pH.

En los procesos que desarrolla el lavadero de vehículos, generan efluentes contaminados, que por sus particularidades resulta ser peligrosos para las personas y su entorno. Frente a la problemática surge la idea de la actual investigación, la cual se enfoca en como beneficiará la propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual para un lavadero de vehículos de Bagua, Amazonas. A través de una determinación de concentración de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, determinación del caudal y velocidad del agua residual.

Frente a esta situación, la presente investigación tuvo como objetivo primordial el proponer un sistema de tratamiento de agua residual para un lavadero de vehículos de Bagua, Amazonas. Buscando de esta manera en un futuro el tratamiento de las aguas residuales y poder disminuir la contaminación que provoca las aguas residuales, ya que los parámetros analizados en este estudio generan una alta contaminación en el ambiente y para la salud.

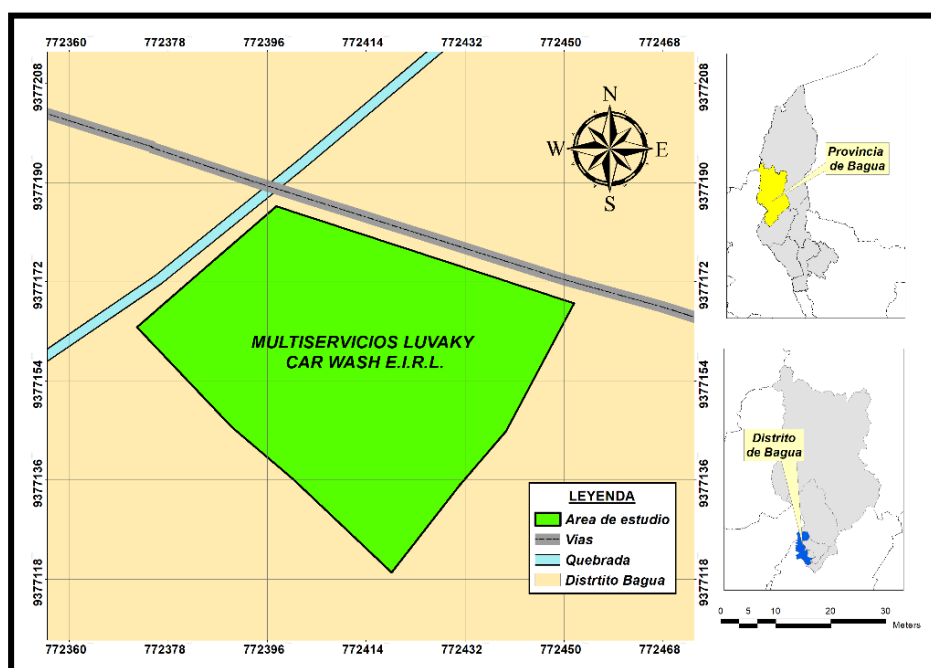
II. MATERIAL Y METODOS

2.1. Área de estudio

Esta ubicada en la localidad de Bagua, Provincia Bagua, departamento Amazonas. Abarca una altura de 426 m.s.n.m. presenta un clima seco y cálido, según el ZEE Amazonas (2010).

Figura 1

Área de estudio



La empresa Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.L. se encuentra ubicado a la entrada del distrito de Bagua en la avenida Héroes del Cenepa a orillas de la quebrada La Peca.

2.1.1. Población

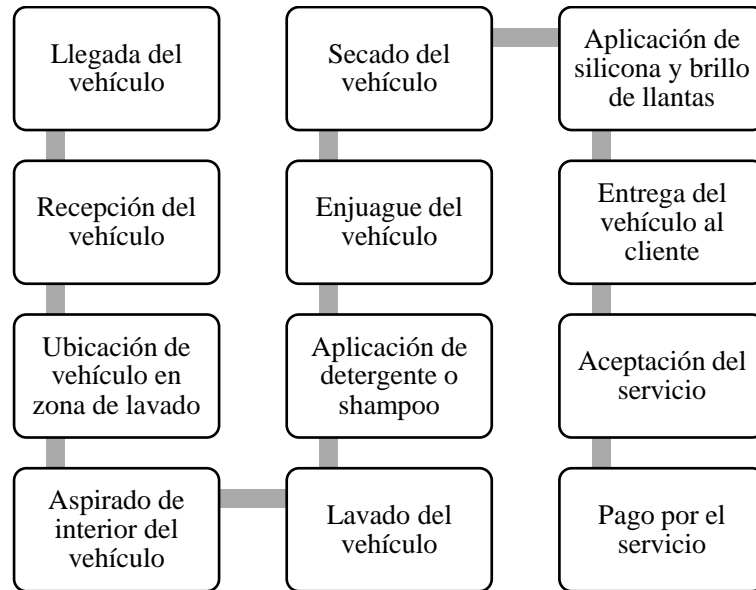
Está conformada por el agua residual generada en el lavadero de vehículos.

2.1.2. Muestra

Se tomaron tres muestras en un solo punto de muestreo, según los criterios de la Resolución Directoral N°160-2015/DIGESA/SA (DIGESA, 2015).

Figura 2

Flujograma del servicio de lavado



2.2. Método

2.2.1. Fase de campo

En esta fase se realizó las siguientes acciones:

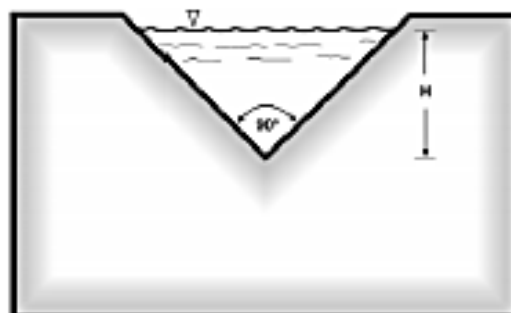
- **Determinación del caudal**

Se determinó el caudal utilizando el método de vertedero y orificios. Según el ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático), consiste en entremeter un muro ante un fluido de agua de modo que logre una caída de agua pasando entre la unidad establecida.

El vertedero que se utilizó fue el vertedero triangular, que nos permitió conseguir medidas exactas de las alturas de carga (H).

Figura 3

Vertedero triangular



El caudal se determinó mediante la siguiente formula:

$$Q = 1,4 \times H^{5/2} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

H = Altura de carga (m)

- **Determinación de la velocidad**

Se determinó mediante un método experimental, que consistió en tomar el tiempo (t) en el que se tarda de recorrer un cuerpo no sumergible a una determinada distancia (d), (RM N° 273-2013-vivienda). Para ello se aplicó la siguiente formula:

$$V = \frac{d}{t} \dots \dots \dots (2)$$

- **Recojo de la muestra de agua residual**

Se recolectaron 4 litros del agua residual procedente del lavado de vehículos, después fueron trasladadas al laboratorio inmediatamente de manera cuidadosa siguiendo los protocolos, para la ejecución del trabajo de campo, se utilizó los criterios de la Resolución Directoral N°160-2015/DIGESA/SA (DIGESA, 2015).

2.2.2. Fase de laboratorio

Las muestras tomadas en campo fueron caracterizadas de acuerdo a los estándares utilizados en el laboratorio Regional del Agua – Cajamarca

Se analizaron los siguientes parámetros según los métodos (APHA-AWWA-WEF., 2017):

a) Físico químico

- Sólidos totales (Método 2540 B; APHA, AWWA, WEF; Secados a 103 – 105 °C).
- pH (Método 4500-H+; APHA, AWWA, WPFC: Electrodométrico).

- DBO (Método 5210 B; APHA, AWWA, WPFC: Prueba DBO de 5 días)
 - DQO (Método 5220 D; APHA, AWWA, WPFC: Colorimétrico, Reflujo cerrado)
 - Sólidos suspendidos totales (Método 2540 A, D; APHA, AWWA, WPFC: Secados a 103 – 105 °C).
 - Hidrocarburos totales de petróleo (Método 1664, Extracción y gravimetría).
 - Aceites y grasas (Método 1664, Extracción y gravimetría).
- b) Bacteriológico**
- Coliformes termotolerantes (Método 9221 A, B, C, E; APHA, AWWA, WPFC: procedimiento de coliformes fecales).

2.2.3. Fase de diseño

Tomando como referencia los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos pre establecido, la velocidad y el caudal del agua residual, donde para ello mediante la NORMA OS 0.90 y la NORMA RAS 2000 se determinará las mediciones correspondientes de los siguientes instrumentos

- **Rejilla:** estructura metálica que tiene como función eliminar los sólidos en suspensión (cuerpos gruesos y materia gruesa y grasa) dado que la presencia de estos compuestos en el cuerpo residual perturbaría de manera general el tratamiento y eficiencia del sistema de tratamiento (Guamanquispe, 2017).
- **Trampa de grasas:** Estructura fabricada de ladrillo, concreto o acero inoxidable que tiene como función la disminución de sustancias grasosas, esta actividad se realiza por medio de difusores de aire los cuales facilitan el ingreso de partículas finas provocando que las grasas vayan a la superficie (Obeid & Ramírez, 2018).
- **Filtro multimedia o arena:** Estructura cilíndrica de acero inoxidable que contiene lechos filtrantes (capas de gravas, arena, granate y antracita). Teniendo como función reducir la concentración de los ST, SST, HTP, DBO₅ y DQO (Navarrete et al., 2018).

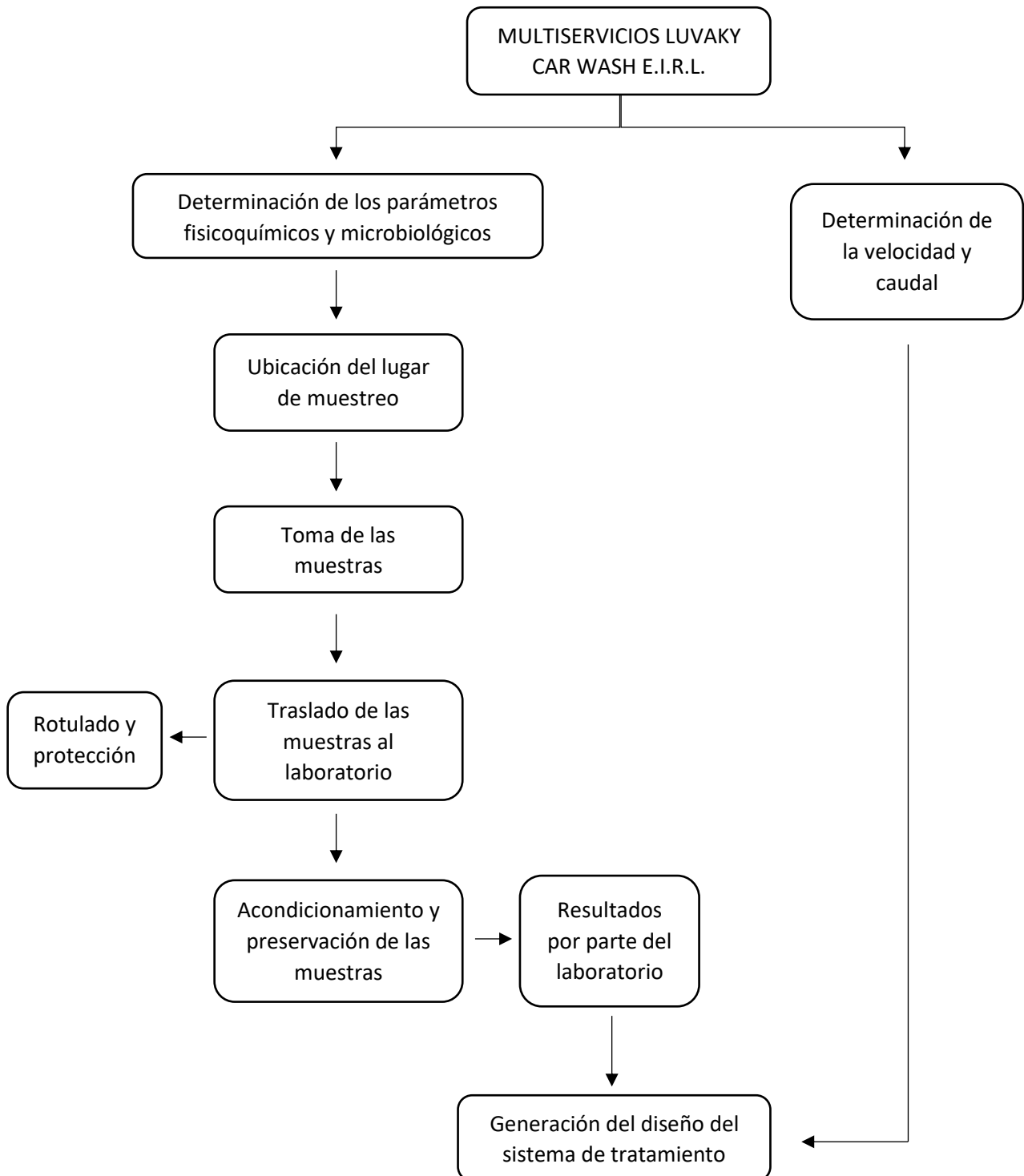
- **Tanque de cloración:** tiene una función que ayudara a disminuir los Coliformes termotolerantes mediante el contacto con el cloro (Guamanquispe, 2017).
- **Filtro de carbón activado:** columna o recipiente relleno de gránulos (carbón activado), cuya contextura y propiedades le admiten adsorber particularmente aquellos componentes peligrosos que se localizan en el agua a tratar (Navarrete et al., 2018).

2.3. Diagrama del trabajo

Con el propósito de comprender de qué manera se llevara a cabo la generación del diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el lavadero de vehículos, en el siguiente diagrama nos muestra los procesos a seguir:

Figura 4

Diagrama de procesos para el sistema de tratamiento de aguas residuales.



III. RESULTADOS

3.1. Estudio del agua

Para el sistema de tratamiento del lavadero de vehículos Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.L., se realizó la caracterización físico químico y microbiológico del agua, en donde se tomaron diferentes muestras de agua y se procedió a su análisis en el laboratorio Regional del agua – Cajamarca. Los datos obtenidos se presentan a continuación en las siguientes tablas:

La Tabla 1 nos muestra los resultados de los parámetros físico-químicos (aceites y grasas, DBO₅, DQO, HTP, Solidos suspendidos totales y Sólidos totales) evaluados en un periodo de tres semanas, en ese tiempo se tomó 3 muestras distintas cada siete días.

La Tabla 2 muestra los resultados sobre los parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes) evaluados en un periodo de tres semanas, en ese tiempo se tomó 3 muestras distintas cada siete días.

La Tabla 3 nos muestra la comparación de los resultados promedios evaluados de los parámetros físico-químicos (pH, aceites y grasas, DBO₅, DQO, HTP, Solidos suspendidos totales y Sólidos totales) y microbiológicos (Coliformes termotolerantes) con la normativa: Límites máximos permisibles para aguas residuales (Perú) y TULSMA Libro VI Tabla N° 9 (Ecuador), comprobando que los parámetros antes mencionados sobrepasan los límites de calidad, a excepción del pH que si se encuentra dentro de los límites de calidad de agua.

Tabla 1

Parámetros físico-químicos del lavadero de vehículos Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.

Muestras	Parámetros fisicoquímicos						
	pH (a 25 °C)	Aceites y grasas (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg O ₂ /L)	HTP (mg O ₂ /L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Sólidos totales (mg/L)
M1	6,86	19,8	108,9	246,4	27,6	328,4	531,6
M2	7,09	12,3	125,9	297,3	20,8	298,7	488,4
M3	7,15	15,7	173,9	321,7	22,6	251,3	462,9

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2

Parámetros microbiológicos del lavadero de vehículos Multiservicios Luvaky Car Wash E.I.R.L

Muestras	Parámetros microbiológicos	
	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	
M1	18 x 10 ²	
M2	18 x 10 ²	
M3	20 x 10 ²	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3

Promedios de los resultados del laboratorio y comparación

Parámetros	Unidad	Resultado promedio	Límite máximo	
			LMP para aguas residuales	TULSMA Libro VI Tabla N° 9
pH	pH	7,03	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0
Aceites y grasas	mg/L	15,93	20,0	30,0
DBO ₅	mg O ₂ /L	136,23	100	100
DQO	mg O ₂ /L	288,47	200	200
HTP	mg/L	23,67		20,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	292,80	150	130
Sólidos totales	mg/L	494,30		1600
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	18,67 x 10 ²	10000	2000

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Determinación del caudal de diseño

$$Q = 1,4 \times H^{5/2} \dots \dots \dots (1)$$

$$Q = 1,4 \times 0,084^{5/2}$$

$$Q_{DISEÑO} = 0,00286 \text{ m}^3/\text{s}$$

En donde:

H = Carga del vertedero (m)

Q = Caudal que fluye por el vertedero (m³/s)

3.3. Cálculo de la velocidad

Tabla 4

Determinación de la velocidad

Tipo	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
01	54	169,25	0,319
02	54	169,93	0,318
03	54	169,52	0,319
Promedio			0,318

Fuente: Elaboración propia

$$V_{DISEÑO} = \frac{d}{t} \dots \dots \dots (2)$$

$$V_{DISEÑO} = 0,319 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

3.4. Dimensionamiento de la rejilla (pretratamiento)

La rejilla será de forma manual, ya que el caudal con el que se va trabajar es pequeño, de tal forma que el espacio de las barra corresponde a 20 – 50 mm, con el fin de impedir alguna acumulación de sólidos.

3.4.1. Cálculo del área entre barras (A)

$$A = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (3)$$

$$A = \frac{0,001508 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,319 \text{ m}/\text{seg}}$$

$$A = 0,009 \text{ m}^2$$

3.4.2. Altura del tirante del agua (h)

Se toma un ancho de 0,30 metros (w).

$$h = \frac{A}{w} \dots \dots \dots (4)$$

$$h = \frac{0,009 \text{ m}^2}{0,30 \text{ m}}$$

$$h = 0,03 \text{ m}$$

3.4.3. Altura del canal (H)

$$H = h + h_s \dots \dots \dots (5)$$

La altura de seguridad (h_s), se supuso ya puede existir la posibilidad que crezca el caudal, esto con la finalidad de impedir un desenfreo en el agua.

$$h_s = 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$$

$$H = 0,03 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$H = 0,33 \cong 0,35 \text{ m}$$

En la edificación del canal, la altura será de 0,35 m; con la finalidad de que la edificación de la obra sea apropiada tener las longitudes en múltiplos de cinco (Guamanquispe, 2017).

3.4.4. Longitud de las barras

Ángulo de inclinación de las barras = 45°

$$\text{sen } 45^\circ = \frac{H}{\text{Long. Varillas}} \dots \dots \dots (6)$$

$$Long. Varillas = \frac{H}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$Long. Varillas = \frac{0.35 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$Long. Varillas = 0,50 \text{ m}$$

3.4.5. Cálculo de la adición de las separaciones de las barras (bg)

Para el espacio entre barras se tomó 20 mm que equivale a 0,020 m. Se usara barras de componente rectangular de 5 mm de grosor equivalente a 0,005

$$b_g = \left(\frac{w-e}{s+e} + 1 \right) e \dots \dots \dots (7)$$

En donde:

w = Ancho del canal (m)

e = espacio entre barras (m)

b_g = Suma de las separaciones entre barras (m)

s = Grosor de las barras (m)

$$b_g = \left(\frac{0,30 \text{ m} - 0,02 \text{ m}}{0,005 \text{ m} + 0,02 \text{ m}} + 1 \right) 0,02 \text{ m}$$

$$b_g = 0,244 \text{ m}$$

3.4.6. Cálculo del número de barrotes (n)

$$n = \frac{w}{e + s} \dots \dots \dots (8)$$

$$n = \frac{0,30 \text{ m}}{0,020 \text{ m} + 0,005 \text{ m}}$$

$$n = 12 \text{ barrotes}$$

3.5. Trampa de grasas

3.5.1. Volumen de la trampa de grasas (V)

El tiempo de retención es equivalente a 2,5' a 3' (minutos).

$$V = Q_d \times t_r \dots \dots \dots (9)$$

$$V = 2,86 \text{ L/s} \times 180 \text{ s} = 515 \text{ L}$$

3.5.2. Área superficial

Velocidad ascendente (V_a) = 0,0045 m/s.

$$A = \frac{Q}{V_a} \dots \dots \dots (10)$$

$$A = \frac{0,00286 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045 \text{ m/s}} = 0,636 \text{ m}^2$$

3.5.3. Dimensiones de la trampa de grasas

Se estableció mediante la relación Ancho (B): Largo (L), donde la norma nos estipula entre 2:1 – 3:2, para este caso se tomó la relación de 2:1.

$$A = B \times L \dots \dots \dots (11)$$

$$L = 2B$$

$$A = B \times 2B = 2 \times B^2$$

$$B = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{0,636 \text{ m}^2}{2}} = 0,564 \text{ m}$$

$$L = 2B = 2 \times 0,564 \text{ m} = 1,128 \text{ m}$$

$$H = \frac{V}{A} \dots \dots \dots (12)$$

$$H = \frac{0,515 \text{ m}^3}{0,636 \text{ m}^2} = 0,810 \text{ m}$$

Donde:

B = Ancho de la trampa de grasa

H = Altura de la trampa de grasa

L = Largo de la trampa de grasa

NOTA: la Norma RAS 2000 nos dice que la altura de la trampa de grasas tiene que ser mayor o igual a 0,8 m, por lo tanto según los cálculos determina que nuestra altura si cumple con las condiciones.

3.6. Filtro de Arena

$$Q_{DISEÑO} = 0,00286 \frac{m^3}{seg} \times \frac{3600 seg}{1 hora} = 10,3 m^3/h$$

3.6.1. Área del tanque

Caudal específico (Q_e) = 30 m³/m².h

$$A = \frac{Q}{Q_e} \dots \dots \dots (13)$$

$$A = \frac{10,3 m^3/h}{30 m^3/m^2 \times h}$$

$$A = 0,34 m^2$$

3.6.2. Diámetro del tanque

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \dots \dots \dots (14)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,34}{3,1416}} = 0,661 m$$

$$D = 0,661 m \times \frac{100 cm}{1 m}$$

$$D = 66,14 cm$$

3.6.3., Calculo del volumen del lecho filtrante

$$T_{cont} = \frac{V_{lecho}}{Q} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

T_{cont} = Tiempo de contacto (1 min.)

Q = Caudal del diseño

$$T_{cont} = \frac{V_{lecho}}{Q}$$

$$V_{lecho} = 1 min \times 10,3 \frac{m^3}{h} \times \frac{1 h}{60 min}$$

$$V_{lecho} = 0,172 m^3$$

3.6.4. Altura del lecho filtrante (AL)

$$AL = \frac{V_{lecho}}{A} \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

V_{lecho} = Volumen del lecho filtrante

A = Área del tanque

$$AL = \frac{0,172 \text{ m}^3}{0,34 \text{ m}^2}$$

$$AL = 0,5 \text{ m} \cong 50 \text{ cm}$$

3.7. Tanque de cloración

3.7.1. Dimensionamiento de desinfección

Según Rodriguez, A. (2006). Estableció los siguientes criterios en la siguiente tabla:

Tabla 5

Criterios para almacenamiento de productos desinfectantes.

Producto	Tiempo de almacenamiento (meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión	3 – 6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio	3 – 6	1,4	4,3	10000 – 50000
Hipoclorito de sodio	< 1 mes	1,7	23,1	10000 – 50000

Fuente: Rodriguez, A. (2006), pág. 243

Se determinó con el Hipoclorito de calcio, mediante la siguiente formula:

$$D = \frac{D_M + D_m}{2} \dots \dots \dots (17)$$

Siendo:

D_M : dosis máxima (mg/L)

D_m : dosis mínima (mg/L)

D: dosis promedio de desinfectante (mg/L)

$$D = \frac{4,3 + 1,4}{2}$$

$$D = 2,85 \text{ mg/L}$$

3.7.2. Determinación del peso de desinfectante

$$P = Q \times D \dots \dots \dots (18)$$

$$P = 2,863 \text{ L/seg} \times 2,85 \text{ mg/L}$$

$$P = 8,16 \text{ mg/seg}$$

$$P = 8,16 \frac{\text{mg}}{\text{seg}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} \times \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$P = 0,705 \text{ kg/dia}$$

Siendo:

D: Dosis (mg/L)

Q: Caudal del diseño = 2,863 L/seg

P: Peso de desinfectante (kg/dia)

3.7.3. Cálculo del volumen del tanque de cloración

$$V = Q \times T_r \dots \dots \dots (19)$$

Se estimó el tiempo de retención (T_r) de 1,5 minutos \cong 90 seg.

$$V = 0,00286 \text{ m}^3/\text{s} \times 90 \text{ seg}$$

$$V = 0,258 \text{ m}^3$$

3.7.4. Ancho y largo del tanque

Largo y ancho (asumido) = 0,60 m.

$$Area = L_{asumido} \times a_{asumido} \dots \dots \dots (20)$$

$$Area = 0,60 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}$$

$$Area = 0,36 \text{ m}^2$$

3.7.5. Altura del tanque

$$A_t = \frac{V}{L_{\text{asumido}} \times a_{\text{asumido}}} \dots \dots \dots (21)$$

$$A_t = \frac{0,2412 \text{ m}^3}{0,60 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}}$$

$$A_t = 0,72 \text{ m}$$

Por último se consideró una altura de seguridad para posibles desbordamientos, cuya elevación tiene un mínimo valor de 0,30 m, según la Norma Ras 2000.

$$A_T = 0,72 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$A_t = 1,02 \text{ m por motivos constructivos}$$

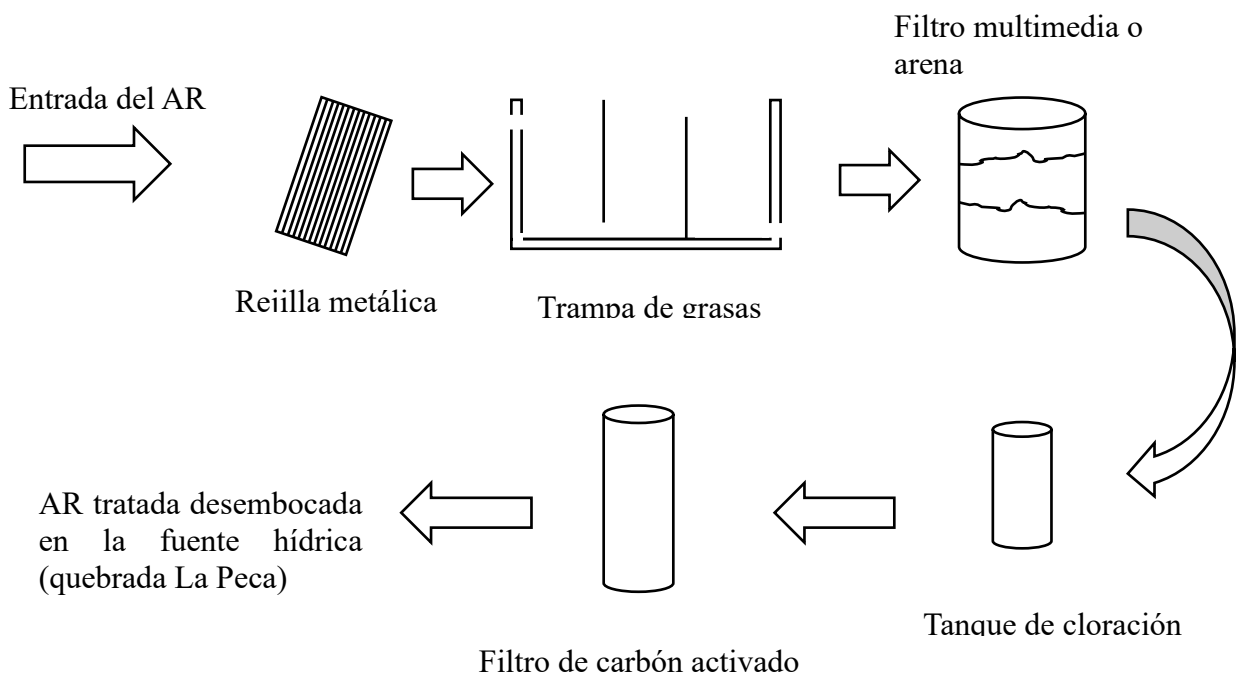
3.8. Filtro de carbón activado

Para ello se tomó la ficha técnica proporcionada de la Empresa Acqua Tecnología (Ver Anexo N° 03)

3.9. Diagrama de del sistema de tratamiento

Figura 5

Sistema de tratamiento para las aguas residuales del lavadero de vehículos



IV. DISCUSIÓN

El pH en el agua nos indica el nivel de alcalinidad o acidez, el pH óptimo tiene un valor entre 6,5 – 8,5 y 6,0 – 9,0; según LMP para aguas residuales (DS N° 003-2010-MINAM) y para TULSMA Libro VI Tabla N° 9 (normativa ecuatoriana) respectivamente. Según Carrasquero *et al.*, (2015) el valor de pH está muy cerca de los valores permisibles (7,59); sin embargo Guamanquispe, (2017) con un valor de pH de 8,72 encontrándose dentro de los límites para la normativa ecuatoriana pero para la normativa peruana sobrepasa los LMP. Cabe resaltar que en la Tabla 3 el agua residual alcanza un pH de 7,03 determinado durante el análisis lo cual se encuentra en un rango ideal para nuestra normativa. Donde se distingue que hay una diferencia entre ambos resultados, producido por los diferentes vehículos en cada establecimiento.

Los aceites y grasas que se encuentran presentes, en menor o mayor medida en las aguas residuales. La concentración se encuentra en 20 mg/L (DS N° 003-2010-MINAM) y 30 mg/L TULSMA Libro VI Tabla N° 9 (normativa ecuatoriana), según Guamanquispe, (2015) para los aceites y grasas cuentan con un valor de 98 mg/L encontrándose lejos de los límites tanto en la normativa peruana como en la ecuatoriana, producto a la venta y cambio de aceites para vehículos; así también según la determinación durante el análisis los resultados obtenidos son de 15,93 mg/L (Tabla 3), siendo estos resultados óptimos ante los límites para ambas normativas. La presencia de grasas y aceites en AR, son más perjudiciales para el cuerpo de agua debido a su gran permanencia y por no lograr mezclarse con el agua, con lo cual los datos elevados provocan debilitación del oxígeno en el agua, eutrofización, etc (Bravo et al., 2016).

Las concentraciones de los parámetros DBO₅ y DQO que se analizaron fue de 136,23 mg O₂/L y 288,47 mg O₂/L respectivamente (tabla 3) sobrepasando en ambos parámetros los límites establecidos en ambas normativas. Sin embargo según Guamanquispe, (2015) para DBO₅, cuenta con un valor de 943,59 mg O₂/L sobrepasando los límites en ambas normativas y para la DQO los resultados se encuentran demasiado elevados (2779 mg O₂/L) a ambas normativas y en comparación con los resultados obtenidos, lo cual contiene demasiada materia orgánica. Observando que ambos estudios se encuentran sobrepasando los resultados analizados para dichos parámetros.

Así mismo los análisis determinados para los HTP fue de 23,67 mg/L (Tabla 3) sobrepasando ligeramente los límites de la normativa ecuatoriana (20 mg/L), en la

investigación de Guamanquispe, (2015) los HTP obtuvo una cantidad de 264 mg/L, siendo esto demasiado para los límites permitidos de la norma ecuatoriana, producido por la venta y cambio de aceites a los vehículos.

Para los SST y ST las concentraciones analizadas fueron de 292,80 mg/L y 494,30 mg/L, respectivamente (Tabla 3); según Carrasquero *et al.*, (2015) los valores obtenidos para los parámetros SST y ST fue de 927 mg/L y 1150 mg/L, respectivamente, obteniendo estos valores muy elevados producto de las lluvias constantes en el lugar de estudio con lo cual hay deslizamientos de estos sólidos

Las cantidades de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) como nos muestra la tabla 2 en tres muestras tomadas para ser analizadas fueron de 18×10^2 , 18×10^2 y 20×10^2 ; obteniendo como promedio $18,67 \times 10^2$ (tabla 3) encontrándose por debajo de los límites máximos permisibles para ambas normativas. Según Ortiz *et al.* (2016) consiguieron resultados diferentes en diversos puntos, donde los datos van desde 9×10^{10} NMP/100ml y 3000 NMP/100ml (a 100 m y 3 km respectivamente del lugar donde desemboca el AR). Los coliformes termotolerantes, su presencia nos indican que el agua cuenta con contaminantes fecales con presencia de otros patógenos como lo son las bacterias, el virus, fases enquistadas de metazoarios y protozoos (Cortez *et al.*, 2018).

De tal manera para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el lavadero de vehículos, ante todo se determinó el caudal y la velocidad del agua residual; para el caudal se determinó mediante el método de vertedero y orificios, teniendo como resultado $0,00286 \text{ m}^3/\text{s}$. Para la determinación de la velocidad se utilizó el método experimental donde el resultado fue $0,318 \text{ m}/\text{seg}$. Sin embargo según Guamanquispe, (2015) para la determinación del caudal uso el método volumétrico, obteniendo como resultado fue $0,000043 \text{ m}^3/\text{s}$ y la determinación de la velocidad fue $0,32 \text{ m}/\text{seg}$. Donde la determinación de caudal es diferente producto a los gastos que realiza cada lavadero y para la velocidad producto de la distancia y tiempo de cada uno.

Los datos obtenidos en la tabla 3, ayudó a la propuesta de generar un diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de un lavadero de vehículos; lo cual se propuso empezar con una rejilla metálica lo cual su función será retener los sólidos suspendidos, una trampa de grasas que cumple la función de disminuir las sustancias grasosas, filtro multimedia o arena se encargara de reducir la concentración de los parámetros (ST, SST, HTP, DBO_5 y DQO), tanque de cloración su función será disminuir los coliformes

termotolerantes y para finalizar el sistema se utilizará un filtro de carbón activado para la disminución del cloro residual o aquellos componentes peligrosos que quedan en el agua.

V. CONCLUSIONES

La concentración de los parámetros fisicoquímicos, donde el pH, aceites y grasas (7,03 y 15,93 mg/L, respectivamente) se encuentran dentro de los límites con respecto a las dos normativas tomadas para el estudio; los ST fue de 494,30 mg/L lo cual también se encuentra dentro de los límites por la normativa ecuatoriana; el DBO₅, DQO, HTP y SST fueron 136,23 mg O₂/L, 288,47 mg O₂/L, 23,67 mg/L y 292,80 mg/L; respectivamente. Estos parámetros superan los límites para ambas normativas. Mientras que para los parámetros microbiológicos que son los coliformes termotolerantes se encuentran con un resultado de $18,67 \times 10^2$, con lo cual en ninguna de las dos normativas sobrepasa los límites permitidos.

Se comprobó que casi el 50% de los parámetros consiguiente a las pruebas de laboratorio sobrepasan los límites indicados en las normas referenciales, lo que da la muestra para proponer el diseño de un sistema de tratamiento para el agua residual del lavadero de vehículos.

La determinación de la velocidad y el caudal del agua mediante los métodos antes mencionados, obteniendo que la velocidad del agua equivale a 0,318 m/seg y el caudal del agua con 0,00286 m³/s.

Para la generación del diseño del sistema de tratamiento consta de cinco etapas las cuales empieza en la rejilla, trampa de grasas, filtro multimedia o arena, tanque de cloración y filtro de carbón activado. Estas etapas se basan a los parámetros analizados y en función a las normas para establecer las dimensiones de cada etapa del sistema de tratamiento.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANA - Autoridad Nacional del Agua (2019). Ley de Recursos Hídricos LEY N° 29338.
- APHA-AWWA-WEF. (2017). *Standard methods for examination of water and wastewater (23 ed.)*. American Public Health Association, Nueva York, EEUU, 1545p.
- Bravo, C., Osorno, C. y Salgado E. (2016). Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa “productos verdes” laboratorio de Biotecnología, UNAN – Managua, marzo - julio 2016. [Seminario de Graduación para optar al título de Licenciado en Química Ambiental]. Nicaragua 2016.
- Caldera, Y.; Gutiérrez, E.; Luengo, M., Chávez, J. & Ruesga, L. (2010). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista Científica (Maracaibo)*, 20(4), 409-416.
- Carrasquero, S.; Terán, K.; Marielba R.; Colina, G. y Díaz, A., (2015). Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización. *Arbitraria Venezolana del Núcleo Luz-Costa Oriental del Lago*, (10) 122-139.
- CHÁVEZ, Á. 2007. Uso de lodo de estação de tratamento de água e agregado reciclado miúdo na fabricação de elementos de alvenaria. Tese de doutorado, UNICAMP, SP.
- Cortez, A.; Santa Cruz, A.; Hernández, A. y Romero, J., (2018). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018. *Big Bang*, 8 (4) 2305 – 4352.
- 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 Pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú – Chiclayo.
- Guamanquispe, S., (2017). Diseño de una planta de tratamiento de agua proveniente del lavado de autos en la lavadora “La Unión” en el Sector la Joya (Tesis). Universidad Técnica De Ambato, Ecuador.

- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2017). *Manual de medición de caudales*, Guatemala: ICC
- Jiménez, B.; Torregrosa, M. y Aboites, L. (2010). *El Agua en México: cauces y encauces*. AMC-Conagua. México.
- Larios, J., González, C. y Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Universidad San Ignacio de Loyola. *Saber y Hacer Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL* 2 (2). 09-25 pp
- Martínez, A. & Soto, E. (2017). Remoción de hidrocarburos de petróleo de un suelo de baja permeabilidad: biorremediación y electroremediación. *Revista mexicana de Ingeniería Química*, 16(3): 955 – 970.
- Metcalf & Eddy, (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización (III)*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Ministerio del Ambiente, (2010). Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. Lima, Perú: DS N° 003-2010-MINAM.
- Ministerio del Ambiente Ecuador, (2015). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes. Quito, Ecuador: MINAM
- Ministerio de Desarrollo Económico, (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, NORMA RAS – 2000 Título E, Tratamiento de Aguas Residuales. Bogotá, Colombia: MDE.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, (2006). Norma OS.090 Planta de tratamiento de aguas residuales. Lima, Perú: MVCS
- Navarrete, D.; Tinoco, L.; Borodulina, T. y Muñoz, C. (2018). *Diseño, construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR's San Agustín*. Ecuador: Grupo Compás.
- Obeid, K. & Ramírez, A. (2018). Diseño de una trampa de grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales en una planta panificadora ubicada en el departamento del atlántico (Tesis). Universidad de San Buenaventura, Cartagena – Colombia.

- OEFA, (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. 1era Edición. Lima, Perú: OEFA.
- ONU, (2015). Transformar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. ONU
- Ortiz, J., Leiva, D. y Corroto F. (2016). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales en la ciudad de Chachapoyas, Región Amazonas. Universidad Científica del Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*. 6 (1), 16–27.
- Paucar, F. & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), e004 DOI: 10.21142/SS-0101-2020-004
- SUNASS, (2016). *Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento*. 2da Edición. Lima, Perú: SUNASS.
- Ramos, R.; Sepúlveda, R. & Villalobos, F. (2003). El agua en el medio ambiente, muestreo y análisis. México: Plaza y Valdés, S.A.
- Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA. Aprueba el protocolo de procedimientos para la toma de muestra, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. Perú
- Resolución Ministerial N° 273-2013-vivienda. Aprobar el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR. Perú.
- Rodríguez, J. & Durán de Bazúa, C. (2006). Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco. *Tecnol. Ciencia Ed.* (21): 25–33.
- Villanueva, L. & Yance, S. (2017). Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac – Chupaca (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.
- Yáñez, M.; Moncayo, F. & Otero, C. (2016). Costo social del free-ride en Cartagena – Colombia: un análisis para el subsector de los establecimientos de lavado de vehículos. *Revista U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 19(2): 435-444.

Yee-Batista, C. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latino américa vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial, BIRF – AIF.

ANEXOS

Anexo N° 01: panel fotográfico



Fotografía 01: Medición de caudal mediante el método del vertedero triangular.



Fotografía 02: Lavado de los vehículos.



Fotografía 03: Aguas residuales durante el lavado y enjuague en el establecimiento.

Anexo N° 02: Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Resultados de los parámetros analizados (M2)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°

IE 1220756

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	Buzón de salida		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	1220756-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	Industrial		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Bagua		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.86	-	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	328.4	-	-	-	-	-
Sólidos Totales	mg/L	2.5	531.6	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	108.9	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	246.4	-	-	-	-	-
(*) Hidrocarburos Totales del Petróleo	mg/L	2	27.6	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	2	19.8	-	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	18 x 10 ²	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Edder Neyra Jalco
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 21 de Febrero de 2022.

Resultados de los parámetros analizados (M2)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA**
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1220756

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	Buzón de salida	-	-	-	-	-	-	
Código Laboratorio	1220756-01	-	-	-	-	-	-	
Matriz	RESIDUAL	-	-	-	-	-	-	
Descripción	Industrial	-	-	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	Bagua	-	-	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	7.09	-	-	-	-	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	298.7	-	-	-	-	
Sólidos Totales	mg/L	2.5	488.4	-	-	-	-	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	125.9	-	-	-	-	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	297.3	-	-	-	-	
(*) Hidrocarburos Totales del Petróleo	mg/L	2	20.8	-	-	-	-	
Aceites y Grasas	mg/L	2	12.3	-	-	-	-	

Legenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor < LCM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	18 x 10 ²	-	-	-	-	

Nota: Los Resultados < 1.8 y < 1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 15 de Marzo de 2022.

Resultados de los parámetros analizados (M3)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA**
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°

IE 1220756

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	Buzón de salida		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	1220756-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	Industrial		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Bagua		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LOM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	7.15	-	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	251.3	-	-	-	-	-
Sólidos Totales	mg/L	2.5	462.9	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	173.9	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	321.7	-	-	-	-	-
(*) Hidrocarburos Totales del Petróleo	mg/L	2	22.6	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	2	15.7	-	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, <LCM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LOM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	20 x 10 ²	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 11 de Abril de 2022.

Anexo N° 03: Ficha técnica del filtro de carbón activado



FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO 9" x 48"

Equipo de 1.0 ft³, flujo para decoloración de 16.70 litros por minuto.

DESCRIPCIÓN

Purificador de Carbón Activado para decoloración (eliminar cloro libre), y contaminantes orgánicos que dan olor, color y sabor al agua potable.

La función principal del equipo de carbón activado es remover contaminantes del agua por medio de adsorción de elementos orgánicos.



ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PRODUCTO

Tanque:	Polyglass 9" diámetro x 48" altura
Volumen del medio filtrante:	1 ft ³ , Carbón activado vegetal
Volumen del tanque:	1.58 ft ³
Área del tanque:	0.44 ft ²
Flujo para decoloración:	16.70 LPM, (4.42 GPM)
Flujo para olores y sabores:	10.03 LPM, (2.65 GPM)
Flujo para Ósmosis Inversa:	8.40 LPM, (2.21 GPM)
Flujo de Retrolavado:	16.70 LPM

Válvulas

- (a) Multi-válvula manual, Conexión 1"
- (b) Pentair 363 TC 1"
- (c) Fleck 5600 de reloj, Conexión 3/4"
- (d) Clack SW1 electrónica, Conexión 1"
- (e) Performa 263/268, Conexión 1"
- (f) Manifold, Conexión 3/4"

Los purificadores de carbón activados pueden adsorber hasta el 30% de su masa contenida de carbón activado, en contaminantes, principalmente compuestos orgánicos como: plaguicidas, herbicidas, triclorometano y otros compuestos carcinogénicos. Además elimina por reacción el cloro libre en el agua. Así un agua purificada con carbón activado es un agua más pura.

Los filtros de carbón activado de uso residenciales o comerciales son equipos listos para ser armados e instalados y constan de un tanque de fibra de vidrio, una válvula de montaje superior que puede ser automática o manual, un distribuidor interno, y carbón activado.

