



"UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA
LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS "AMBATO" UBICADA EN LA
CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**

AUTOR: TORRES JAYA JEAN CARLO

TUTOR: ING. MSc. EDUARDO PAREDES

AMBATO - ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. MSc. Eduardo Paredes certifico que el presente trabajo experimental bajo el tema "**ANÁLISIS DEL PIRO CLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS "AMBATO" UBICADA EN LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA**", realizado por el Sr. Torres Jaya Jean Carlo, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Noviembre de 2017

Ing. MSc. Eduardo Paredes

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Torres Jaya Jean Carlo, con C.I. 060518944-8 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el contenido y criterios expresados en el trabajo experimental bajo el tema **"ANÁLISIS DEL PIRO CLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS "AMBATO" UBICADA EN LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA"**, son de mi completa autoría.

Ambato, Noviembre de 2017

Torres Jaya Jean Carlo

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Noviembre de 2017

Torres Jaya Jean Carlo

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el Trabajo Experimental, sobre el tema: **"ANÁLISIS DEL PIRO CLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS "AMBATO" UBICADA EN LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA"**, realizado por Torres Jaya Jean Carlo, egresado de Carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Ambato, Diciembre de 2017

Ing. Mg. Jorge Guevara
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Alex López
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicar este trabajo a Dios, por guiarme por el sendero del bien hasta culminar con mi carrera universitaria, darme la fortaleza y sabiduría que necesitaba en los momentos más difíciles sin permitirme decaer.

A mi madre Vanessa, quien ha sido la mejor padre y madre para mí y me ha brindado todo su amor y apoyo incondicional en todo momento, por ser un ejemplo de esfuerzo y perseverancia a seguir.

A mi novia Estefanía, quien con su amor me ha acompañado durante todo el tiempo universitario lleno de alegrías y tristezas, brindándome su apoyo y el tiempo de su vida para estar a mi lado.

A mis abuelitos Mary y José, quienes en el momento justo han sabido brindarme un consejo que me han permitido triunfar en la vida.

A mis tías y tíos, quienes me brindaron palabras de aliento en todo este tiempo, especialmente a mi tío Henry, por ser un ejemplo como persona y como profesional a seguir.

A mis primas y primos, quienes con una pequeña sonrisa llenan mi vida de alegría y felicidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y por permitirme tener a la mejor madre del mundo y la mejor familia.

A mi madre infinitas gracias, por todo el esfuerzo por darme una educación de excelente nivel y ofrecerme lo mejor en la vida, por demostrarme que con dedicación todo lo que uno se propone en la vida se puede lograr.

A mi novia, por ser mi compañía incondicional y por estar presente en cada instante de mi vida.

A mis abuelitos, por demostrarme estar orgullosos de mí y de los logros que estoy alcanzando en la vida.

A mi tío Henry, por alentarme a seguir cumpliendo mis metas como persona y como profesional.

Al Ing. Mg. Eduardo Paredes, por su apoyo, paciencia y conocimiento compartido en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIII
EXECUTIVE SUMMARY	XIV

B. TEXTO

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 TEMA	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1.1 Biofiltración	6

2.1.1.1 Principio de funcionamiento de la biofiltración	6
2.1.2 Biofiltro	7
2.1.3 Lavadoras y lubricadoras de autos	7
2.1.3.1 Proceso de lavado y lubricado de autos	7
2.1.3.2 Impacto ambiental y efluentes generados por la industria	8
2.1.4 Aguas residuales	8
2.1.4.1 Tratamiento de aguas residuales	9
2.1.4.2 Composición de las aguas residuales	10
2.1.5 Piroclasto volcánico	11
2.1.6 Normativa	11
2.1.7 Sostenibilidad ambiental	12
2.2 HIPÓTESIS	12
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	12
2.3.1 Variable Independiente	12
2.3.2 Variable Dependiente	12

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	13
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	13
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	15
3.3.1 Variable Independiente	15
3.3.2 Variable Dependiente	16
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	17
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	18
3.5.1 Ubicación de la industria en estudio	18
3.5.2 Descripción de la industria	19
3.5.3 Recolección y preparación del material filtrante	20
3.5.4 Estructuración del filtro de piroclasto volcánico	23
3.5.5 Diseño del filtro	25

3.5.6 Recolección de muestras de agua residual	29
3.5.7 Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales	30
3.5.8 Costo del filtro de piroclasto volcánico	31
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	32
4.1.1 Cálculo del caudal de entrada de la industria en estudio	32
4.1.2 Cálculo del caudal de salida de la industria en estudio	34
4.1.3 Cálculo del volumen de agua por auto	36
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
4.2.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO ₅)	37
4.2.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	39
4.2.3 Aceites y Grasas	40
4.2.4 Análisis de la eficiencia probable del piroclasto volcánico	42
4.2.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO ₅)	42
4.2.4.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	43
4.2.4.3 Aceites y Grasas	43
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 CONCLUSIONES	47
5.2 RECOMENDACIONES	48
C. MATERIALES DE REFERENCIA	
1. BIBLIOGRAFÍA	49
2. ANEXOS	54
2.1 Fotografías del desarrollo de la investigación	54
2.2 Esquema de registro diario del funcionamiento del filtro	57
2.3 Informes de resultados de análisis físico-químicos	58
2.4 Planimetría de la Lavadora y Lubricadora "Ambato"	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	12
Tabla 2. Operacionalización de Variable Independiente	15
Tabla 3. Operacionalización de Variable Dependiente	16
Tabla 4. Plan de recolección de información	17
Tabla 5. Ensayo granulométrico del piroclasto volcánico	21
Tabla 6. Ensayo de la densidad real del piroclasto volcánico	22
Tabla 7. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el pos-tratamiento de efluentes de reactores anaerobios	28
Tabla 8. Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales	30
Tabla 9. Costo del filtro de piroclasto volcánico	31
Tabla 10. Lectura de consumo diario de agua potable	32
Tabla 11. Caudales máximos de aparatos sanitarios	33
Tabla 12. Cronograma de recolección de muestras para análisis	36
Tabla 13. Informe de resultados de análisis físico-químicos del parámetro DBO ₅ ...	37
Tabla 14. Informe de resultados de análisis físico-químicos del parámetro DQO	39
Tabla 15. Informe de resultados de análisis físico-químicos del parámetro ACEITES y GRASAS	40
Tabla 16. Eficiencia de remoción del parámetro DBO ₅	42
Tabla 17. Eficiencia de remoción del parámetro DQO	43
Tabla 18. Eficiencia de remoción del parámetro Aceites y Grasas	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de tipos de tratamientos	10
Figura 2. Ubicación geográfica de la industria en estudio	18
Figura 3. Lavadora y lubricadora "Ambato"	19
Figura 4. Recolección y preparación del material filtrante	23
Figura 5. Soporte metálico de filtro biológico	24
Figura 6. Armado de filtro biológico	24
Figura 7. Bandeja agujerada de tol galvanizado	25
Figura 8. Prototipo del filtro biológico	27
Figura 9. Etiqueta de identificación de muestras	30
Figura 10. Perfil del proyecto	34
Figura 11. Tirante hidráulico en tubería	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva Granulométrica del piroclasto volcánico	21
Gráfico 2. Demanda Bioquímica de Oxígeno "DBO ₅ " (mg/l) vs Tiempo (Días tratados)	38
Gráfico 3. Demanda Química de Oxígeno "DQO" (mg/l) vs Tiempo (Días tratados).....	39
Gráfico 4. Aceites y Grasas (mg/l) vs Tiempo (Días tratados)	41
Gráfico 5. Eficiencia probable de remoción de los parámetros DBO ₅ y DQO	44
Gráfico 6. Eficiencia probable de remoción del parámetro de Aceites y Grasas	45

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS “AMBATO” UBICADA EN LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR: Torres Jaya Jean Carlo

TUTOR: Ing. MSc. Eduardo Paredes

El presente proyecto experimental tiene como finalidad evaluar el piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales, mediante análisis físico-químicos de los parámetros en estudio como: Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Aceites y Grasas. La eficiencia del filtro se reflejará comparando los resultados obtenidos en laboratorios certificados de servicios ambientales con los valores límites máximos permisibles por la norma TULSMA previo a la descarga al sistema de alcantarillado público.

La Industria en estudio es una lavadora y lubricadora de autos, lugar donde se implantó el filtro biológico (in situ), con el fin de recolectar de mejor manera las muestras de agua residual en períodos establecidos de tiempo (cada 10 días) durante los 90 días de funcionamiento del mismo.

Para la implantación del filtro se utilizó una estructura metálica donde se colocó el tanque y el recipiente plástico que contenía el agua residual almacenada y el material filtrante, respectivamente. El volumen del piroclasto volcánico que se usó fue de 35 lt con un caudal óptimo de 0,105 lt/min.

Una vez obtenidos y tabulados los resultados de laboratorio se observó una reducción en la concentración de la DBO₅, DQO y aceites y grasas con porcentajes mayores al 99% para los dos primeros parámetros y 75% para el último parámetro analizado.

EXECUTIVE SUMMARY

TOPIC: ANALYSIS OF THE PIROCLASTO VOLCANIC AS A FILTER IN THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM THE WASHER AND LUBRICATOR OF CARS "AMBATO" LOCATED IN THE CITY OF AMBATO PROVINCE OF TUNGURAHUA.

AUTHOR: Torres Jaya Jean Carlo

TUTOR: Ing. MSc. Eduardo Paredes

The purpose of this experimental project is to evaluate the piroclasto volcanic as filter in wastewater treatment, by means physical-chemical analysis of the parameters under study, such as: Biochemical Oxygen Demand after 5 days (BOD₅), Chemical Oxygen Demand (COD), and Oils and Greases. The efficiency of the filter will be reflected by comparing the results obtained in certified laboratories of environmental services with the maximum permissible limit values by the TULSMA norm prior to discharge to the public sewer system.

The industry under study is a car washer and lubricator, where the biological filter was installed (in situ), in order to better collect the wastewater samples in established periods of time (every 10 days) during the 90 days of operation thereof.

For the implantation of the filter a metallic structure was used where the tank and the plastic container containing the stored the wastewater and the filtering material were placed, respectively. The volume of the piroclasto volcanic that was used was 35 lt with an optimum flow rate of 0.105 lt / min.

Once laboratory results were obtained and tabulated, a reduction was observed in the concentration of BOD₅, COD and oils and greases with percentages greater than 99% for the first two parameters and 75% for the last parameter analyzed.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA

Análisis del piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos “Ambato” ubicada en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua.

1.2 ANTECEDENTES

Con la globalización y el crecimiento poblacional, la humanidad se ha visto obligada a desarrollar nuevas técnicas y métodos que promuevan el tratamiento correcto y la reutilización de aguas residuales. Estos métodos deben estar enfocados a una calidad óptima de vida, siendo económicamente viables, con la finalidad de buscar un desarrollo justo y sostenible. Uno de los métodos que plantea una solución a este problema es el tratamiento y depuración de aguas residuales mediante la biofiltración.

En México, el tratamiento de aguas residuales tiene un valor importante como elemento estratégico para considerar las necesidades básicas e incentivar el desarrollo de actividades económicas del país. Con esto, se pretende mantener limpios los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas como: cauce de ríos y alcantarillas en poblaciones urbanas y rurales, disminuyendo los niveles de contaminación en lo que se refiere a las descargas de aguas residuales industriales que afectan más allá de su capacidad natural de asimilación y dilución. [1]

La revista ION publicó un artículo sobre la evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales, donde afirman que la utilización de los filtros biológicos surge a partir del año 1950, como opción de tratamiento de aguas residuales. Además, los primeros materiales usados como soporte en los filtros biológicos fueron rocas volcánicas, debido a la alta porosidad que presentan y la gran diversidad en su geometría. [2]

Otras investigaciones afirman que los medios filtrantes orgánicos son de gran ayuda para resolver la problemática y satisfacer las necesidades de saneamiento de

importantes sectores socioeconómicos, enfocándose en el control, la reducción y el tratamiento de exorbitantes cantidades de materia orgánica y sustancias químicas que están presentes en las aguas residuales de pequeñas comunidades e industrias, donde, el proceso de biofiltración permite tratar simultáneamente efluentes, tanto líquidos como gaseosos utilizando medios filtrantes orgánicos como virutas de madera y fibras orgánicas (turba de sphaigne), las cuales tienen la capacidad de adsorber y absorber diferentes sustancias contaminantes como DBO_5 y DQO, reduciéndolos en más de un 90%, donde, luego de ser sometidas a estos procesos de filtración pueden ser reutilizadas o descargadas al sistema de alcantarillado público, según sea el caso. [3]

En Chile se han realizado investigaciones para definir las principales características de los suelos volcánicos y evaluar su comportamiento geotécnico, donde, se ha permitido suponer que estos materiales presentan un comportamiento idóneo como material filtrante en la depuración de aguas residuales domésticas, de acuerdo con las propiedades en estudio, tales como: porosidad, área superficial y densidad, entre otras. Además, se menciona que este tipo de suelo lo podemos encontrar en toda Latinoamérica, lugar donde existen volcanes activos en la actualidad, encontrando gran cantidad de piroclasto volcánico para elaborar proyectos a escala. [4]

La Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales publicó una investigación sobre filtración aerobia de aguas residuales municipales, donde se puede utilizar medios filtrantes de bajo costo como piedras volcánicas porosas. Un resultado exitoso de la filtración depende fundamentalmente del tamaño de las piedras volcánicas que se seleccione de acuerdo al uso que vaya a tener el filtro; por ejemplo, para reducir DBO_5 y Nitrificación se recomienda utilizar partículas con diámetros superiores a 6 mm, y para tratamientos terciarios y eliminación de nutrientes se recomienda partículas con un diámetro entre 2 y 3 mm. Algunos resultados de esta investigación indicaron que la remoción de DQO decrece al aumentar la carga orgánica y viceversa. [5]

En conclusión, los procesos biológicos que usan biomasas ofrecen mayores ventajas en comparación con los tratamientos convencionales. Además, al realizar retrolavados cada 72 horas, se obtuvo porcentajes de remoción entre el 80% y 50% de SST y DQO a los 10 días de funcionamiento, mostrando así, una eficiencia en tiempo reducido del filtro. Por otra parte, una desventaja en este proyecto fue que las piedras volcánicas tuvieron una reducción del 5% de su volumen a los 350 días de filtración. [5]

Según estudios, la carencia de sistemas propios de tratamientos de aguas residuales de industrias asentadas en Costas Ecuatorianas ha generado importantes problemas de índole ambiental debido a que las aguas residuales son evacuadas, en algunos casos, al sistema de alcantarillado público, a quebradas y ríos más cercanos, o en su defecto, al mar, mediante conexiones directas sin cumplir la normativa ambiental vigente, situación que justifica el desarrollo de tecnologías de tratamiento orientadas a reducir los impactos ambientales causados por el inadecuado manejo de efluentes industriales. Por tal motivo, el tratamiento biológico se presenta como una alternativa viable, empleando la versatilidad metabólica de los microorganismos para la oxidación de la materia orgánica presente en los efluentes. [6]

La revista Vidsupra, publicó una investigación acerca de los métodos de estabilización y aprovechamiento de los lodos residuales provenientes de la depuración de aguas residuales industriales, donde este subproducto, también conocido como biosólido, requiere un tratamiento posterior de manejo especial. Sin embargo, en algunos países el manejo de lodos residuales no es considerado como un tema de importancia, lo que radica en un problema de contaminación al no existir un control adecuado del residuo, siendo vertido al mar o eliminado por medio de incineración, causando destrucción de la biodiversidad marítima o emanando gases nocivos a la atmósfera. [7]

Según estudios, existen diferentes parámetros de los procesos y mecanismos de la biofiltración para la eliminación o reducción de metales pesados, conjuntamente con la cinética de los biofiltros. La eficacia de los tratamientos físico-químicos se ve incrementada de 3 a 6 veces con la aplicación de microorganismos fijados a medios porosos, para así descomponer los contaminantes presentes en las aguas residuales. Es por esto, que la eficacia de un biofiltro actúa debido a las propiedades y características del material, como son: grado de compactación, capacidad de retención de agua y una de las propiedades más importantes es la porosidad, es decir, mientras más poroso sea el material, mayor será la retención de contaminantes presentes en los efluentes. [8]

Investigaciones realizadas anteriormente afirman que gran parte de los tratamientos biológicos de las aguas residuales aplican sistemas y procesos aerobios como lodos activados, lagunas aireadas y filtros percoladores, los cuales emplean microorganismos que requieren aire para su existencia, siendo la energía un factor importante. que suministra las cantidades necesarias de aire. [9]

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el problema de escasez de agua se ha convertido en un tema de interés mundial debido a que el consumo de este recurso se ha triplicado desde el siglo XX, afectando la calidad de vida de las personas, ya que están estrechamente relacionados con asuntos de carácter socioeconómico, como la pobreza y la insalubridad. Por tal motivo, el problema del incremento de la contaminación del agua ha dado un giro en la concepción del término recurso renovable, a no renovable, limitando su accesibilidad. [10]

Además, la importancia del agua se aprecia teniendo en cuenta que los problemas más importantes radican en la carencia de un sistema de abastecimiento y saneamiento de agua seguro, comprometiendo su calidad por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos, tóxicos o radioactivos. Por otra parte, más del 80% de las aguas residuales de empresas de comercio y servicio, industrias y agroindustrias, pertenecientes a los países industrializados se descargan sin tratamiento a cuerpos de aguas superficiales, y según datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y Organización Mundial de la Salud (OMS), a nivel mundial, 2 millones de toneladas de aguas residuales y desechos industriales se vierten en cauces naturales. [11]

Ecuador, tiene una gran riqueza en cuanto a recursos hídricos del continente Sudamericano, sin embargo, se estima que un 70% del agua de las cuencas hidrográficas por debajo de 2800 msnm no es apta para el consumo humano sin un previo tratamiento, lo que genera un alto índice de retraso en servicios de agua y alcantarillado. Además, tan solo un 8% de las aguas residuales industriales y domésticas tienen algún tipo de tratamiento, debido al crecimiento urbano y a la escasa conservación de los contaminantes de los cuerpos receptores, siendo responsables los entes de regulación y control como son: Municipios, Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE) y Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA). [12]

Tungurahua es una provincia referente en Ecuador con respecto a la preservación de páramos y cuencas hidrográficas, como es el caso del Embalse Chiquihurcu, siendo éste, uno de los más importantes sistemas hídricos de la provincia. Sin embargo, sigue existiendo el problema de la contaminación que afecta los ríos Ambato y Pachanlica por malas prácticas agrícolas, descargas industriales y domésticas sin previo

tratamiento. Según datos de la Dirección de Higiene, Salud y Medio Ambiente, en la ciudad de Ambato existen 148 industrias que llegan a contaminar el agua, donde el 14% corresponde a lavadoras y lubricadoras de autos, que representa un crecimiento descontrolado de contaminación para las fuentes hídricas, debido a la elevada cantidad de aceites y grasas lubricantes que posee. Investigaciones mencionan que 1 litro de aceite usado y quemado en autos contamina alrededor de un millón de galones de agua, de igual manera, 5 litros de este mismo aceite contamina aproximadamente 275 mil metros cúbicos de aire, cantidad que una persona respira en 3 años. [13]

La finalidad de esta investigación es mejorar la calidad de agua, ya que la tecnología para depurar las aguas continúa renovándose en investigación y desarrollo, con nuevos procedimientos y materiales que mejoran los procesos de filtración existentes, como es el caso de las aguas residuales, que necesitan un proceso de filtración previo a la descarga al sistema de alcantarillado, cumpliendo los límites permisibles establecidos por el INEN y la norma TULSMA, es por ello, que se propone el piroclasto volcánico como material filtrante de aguas residuales para verificar si es factible implementarlo en pequeñas industrias como en el caso de lavadoras y lubricadoras. [14]

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Analizar el piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos “Ambato” ubicada en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico de la lavadora y lubricadora “Ambato”.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la lavadora y lubricadora “Ambato”.
- Monitorear las características de biodegradabilidad DBO₅, DQO y aceites y grasas de las aguas residuales provenientes de lavadoras y lubricadoras en su origen y luego del proceso de filtración.
- Determinar si el piroclasto volcánico puede ser utilizado como material filtrante en el pretratamiento de lavadoras y lubricadoras.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 Biofiltración

El proceso de la biofiltración tiene como objetivo la separación de partículas y microorganismos objetables en el agua, pudiendo efectuarse en medios porosos o granulares como la arena o la antracita, entre otros. Además, este sistema de filtración biológica tiene la particularidad de que puede mejorar las características del agua residual mediante procesos físicos y bio-químicos, permitiendo la formación de una capa biológica sobre la superficie del lecho, que retiene las partículas suspendidas y microorganismos patógenos, removiendo así el material no deseable. [15]

2.1.1.1 Principio de funcionamiento de la biofiltración

Los sistemas de biofiltración se pueden clasificar por gravedad o presión, en donde, el agua residual por gravedad es el proceso en el cual pasa el agua por el filtro debido a la acción de la gravedad y fluye de manera obligatoria por efecto de la presión hidráulica en el medio filtrante. Por otra parte, el sistema por velocidad de filtración puede ser rápida, lenta o variable, que varía entre 0.1 m/h y 20 m/h. [16]

Se deben considerar varios aspectos en el diseño de un sistema de biofiltración como son: características del efluente a depurar, material filtrante y su contenido de humedad, así como los parámetros y microorganismos que actuarán en el proceso. De acuerdo a [16] este sistema se compone de 3 fases:

- Fase sólida: Un material granular con una redícula microporosa considerable que cumpla la función de apoyo de la proliferación bacteriana y admita la retención de las materias en suspensión. Además, debe ser resistente a la abrasión y debe retener las partículas.
- Fase líquida: Las aguas a tratar.
- Fase gaseosa: En el caso de biofiltros aerobios, la insuflación de aire en la masa filtrante, es un factor indispensable para la degradación aeróbica de la materia orgánica.

2.1.2 Biofiltro

Un biofiltro, también denominado filtro biológico, es un dispositivo o reactor compuesto por un tipo de material sobre un soporte que permite la filtración de las aguas residuales y el desarrollo de una biomasa adaptada a éstas, con el propósito de eliminar una amplia gama de contaminantes desde una corriente de fluido (aire o agua) mediante un proceso biológico. [17]

La utilización de los filtros biológicos a base de un material de soporte para tratar aguas residuales tiene ventajas específicas, tales como: resistir las variaciones del caudal para una mayor estabilidad, no requieren inóculo para su puesta en marchas y una de las principales ventajas es que proporcionan mayor libertad de diseño, construcción y operación. [2]

2.1.3 Lavadoras y lubricadoras de autos

Las lavadoras y lubricadoras son instalaciones donde se brinda servicios de limpieza a vehículos de todo tipo, esto quiere decir, aseo interno y externo del automotor. Además, se ofrece servicios de cambio de aceite del motor, engrasado, pulverizado y lubricado, según sea el requerimiento del propietario del vehículo. [18]

El parque automotor ha incrementado rápidamente en los últimos años, por lo que el lavado y lubricado de autos pasó a ser una de las actividades más representativas del sector por la cantidad de establecimientos existentes y su potencial contaminante. [19]

La mayoría de lavadoras y lubricadoras no están registradas en el Ministerio de Ambiente como generadores de desechos especiales, ya que tienen trampas de grasas, pero no están instaladas de forma adecuada, no reciben mantenimiento o no hay manejo adecuado de desechos sólidos y líquidos. Además, no se justifica a quienes ni en donde depositan los lodos del lavado, pudiendo ser evacuados directamente al sistema de alcantarillado de la ciudad, provocando un inconveniente al no contar con un plan de manejo ambiental para reducir el grado de contaminación de estas aguas residuales mediante procesos de bio-adsorción y coagulación-floculación. [13]

2.1.3.1 Proceso de lavado y lubricado de autos

El servicio de lavado y lubricado de autos se realiza de forma manual y consta de varios procedimientos como: lavado de carrocería, chasis y motor, cambio de aceite y

filtro de motor, engrasado y pulverizado. Por tal motivo, es de vital importancia que la población tenga en cuenta que dichos procesos ocasionan graves impactos ambientales, tales como el uso excesivo de agua potable y la descarga de sus efluentes sin tratamiento previo. El consumo promedio de agua para un lavado completo de un auto oscila entre 50 y 380 litros, dependiendo del tipo de auto y del sistema operativo utilizado. [19]

En algunos países del mundo, el consumo de agua potable para lavado de autos es restringida, es decir, es obligatorio utilizar como máximo 70 litros de agua dulce por auto y se impone un porcentaje de reutilización que oscila entre 70-80% del agua residual, una vez pasada por varios procesos de tratamiento que le permitan cumplir con los criterios específicos de calidad de agua. [20]

2.1.3.2 Impacto ambiental y efluentes generados por la industria

El servicio de lavado de autos se considera una actividad costosa y una principal fuente de contaminación, ya que puede tener un elevado impacto ambiental, relacionándolo con la generación de residuos. Su proceso de lavado puede ser responsable de una contaminación difusa por vertido directo de productos de limpieza y contaminantes (aceites lubricantes, pinturas, gasolina, metales pesados, etc.) a través de la red de alcantarillado o en el medio natural. Además de su excesivo consumo de agua como recurso, este tipo de servicio también afecta al aire y suelo, ya que genera aguas residuales con alto contenido contaminante. El recurso aire es afectado por emisiones de material particulado, ruido, olores y/o emisiones de gases de combustión, así mismo el impacto sobre el suelo se ve afectado por residuos generados en la superficie como envases plásticos y metálicos, fundas, basura en general, tanto orgánica como inorgánica. [21]

2.1.4 Aguas residuales

Las aguas residuales están consideradas como aguas de composición variada, derivadas de las descargas de usos industriales, municipales, comerciales, de servicios domésticos, agrícolas y/o de otra índole; que requieren de un tratamiento adecuado antes de verterla a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor. Se considera que el agua está contaminada cuando sus características físicas, químicas, biológicas o su

composición sufren alteraciones, perdiendo su potabilización o impidiendo la reutilización de la misma. [22]

2.1.4.1 Tratamiento de aguas residuales

Es la transformación física, química o biológica que sufren las aguas residuales mediante un conjunto de procesos, operaciones o técnicas, que sirven para minimizar los problemas de salud pública y para producir efluentes que cumplan los estándares de calidad, de acuerdo con las reglamentaciones existentes y con el aprovechamiento potencial del fluente. El tratamiento de aguas residuales se puede clasificar por mecanismos o niveles, entre los cuales tenemos: pretratamiento o tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. Dependiendo del proceso para el cual vaya a ser usado, varios mecanismos pueden actuar separada o simultáneamente. [23]

El tipo de contaminante tiene relación directa con la eficiencia de remoción que se puede alcanzar en cada uno de los tratamientos, siendo así, el uso para el que se destina el agua residual tratada, uno de los factores más importantes para determinar el grado de tratamiento necesario y el nivel de confianza deseado de los procesos y operaciones. En la mayoría de países de América Latina, el tratamiento secundario es el nivel máximo aplicado a las aguas residuales industriales, por motivo del alto costo que implica continuar con un tratamiento terciario o avanzado, y debido a que los criterios de vertimiento de efluentes en los cuerpos receptores establecidos por sus legislaciones se cumplen con este nivel. [23]

Particularmente, las aguas residuales pueden variar en diferente grado debido a las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales están presentes desde el momento del muestreo hasta el comienzo del análisis en el laboratorio. Por tal motivo, si no se toman las debidas precauciones como: la conservación de las muestras y/o el transporte; las concentraciones existentes en el momento del muestreo serán diferentes a las determinadas en el laboratorio. [24]

A continuación, se describe los tratamientos que existen para que el agua residual pueda ser reutilizada o descargada al sistema de alcantarillado público o cauce receptor, según el texto [25]:

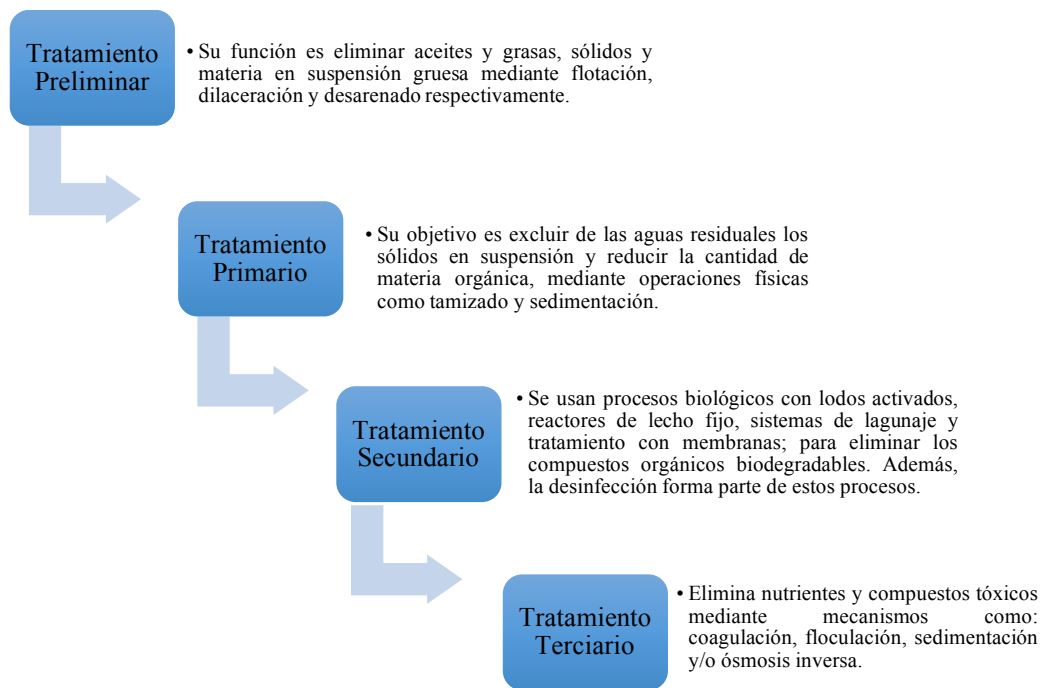


Figura 1: Diagrama de tipos de tratamientos

Fuente: Filtración de aguas residuales para reutilización. Otero, 2007.

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

En Ecuador, en el año 2012 alrededor de 1394 empresas realizaron tratamiento de aguas residuales, 3% de las empresas realizaron las tres etapas de tratamiento para aguas residuales, el 20% ejecutaron el tratamiento primario y secundario, mientras que el 50% de empresas realizaron solo tratamiento primario. [26]

2.1.4.2 Composición de las aguas residuales

La composición de las aguas residuales es variable debido a los distintos factores que lo afectan. En el caso de las aguas residuales domésticas se considera el consumo promedio de agua por habitante y por día que afecta su concentración (cantidad) y los hábitos alimenticios que perjudica su composición química (calidad). Por otra parte, en las aguas residuales industriales, como es el caso de las lavadoras de autos, la concentración es afectada debido a la variación de clientes que se tiene por día, así mismo, su composición química se ve alterada por los tipos de vehículos que se les brinda este servicio, ya sea automóviles, camionetas, camiones, motocicletas, etc. [27]

Según el texto [28], para caracterizar las aguas residuales se emplea un conjunto de parámetros que permiten cuantificar los contaminantes. Los parámetros a ser evaluados en esta investigación, de acuerdo al tipo de industria investigada son los siguientes:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno** a los 5 días (DBO_5): Es la cantidad de oxígeno disuelto, medido en ($mg\ O_2/l$), necesario para oxidar biológicamente los compuestos orgánicos, en la oscuridad a $20^\circ C$, presentes en las aguas residuales. Durante los 5 días de duración del ensayo se disipa aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.
- **Demanda Química de Oxígeno** (DQO): Cantidad de oxígeno, medido en ($mg\ O_2/l$), necesario para oxidar los componentes del agua residual recurriendo a reacciones químicas.
- **Aceites y Grasas**: El contenido de este parámetro presente en el agua residual industrial se determina mediante su extracción previa con un disolvente apropiado (Hexano), posteriormente se procede a evaporar el disolvente para así obtener el valor de aceites y grasas mediante el pesaje del residuo obtenido.

2.1.5 Piroclasto volcánico

Los piroclastos son fragmentos sólidos de material volcánico expulsados al aire a través de la columna eruptiva durante explosiones volcánicas, que tienen una extensa variedad de partículas de distinto tamaño, variando desde finas partículas ($<0,001\ mm$) hasta bombas o bloques de 5 metros de diámetro. Los piroclastos se clasifican según su tamaño como: ceniza ($<0,001 - 2\ mm$), lapilli ($2 - 64\ mm$) y bombas o bloques ($>64\ mm$). Por lo general, estos fragmentos sólidos tienden a ser muy porosos. [29]

2.1.6 Normativa

La presente investigación está sustentada en el Libro VI Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), donde se prohíbe la descarga de efluentes provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos hacia el sistema de alcantarillado o hacia el cuerpo natural receptor, sin antes haber sido tratadas, más aún sustancias inflamantes y con contenidos ácidos o alcalinos. Las descargas tratadas deben cumplir con los límites establecidos en el texto [30], de acuerdo a los parámetros a ser evaluados, como se indica a continuación:

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0

Tabla 1: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), 2015

2.1.7 Sostenibilidad ambiental

Los tratamientos de aguas residuales mediante el uso de biofiltros deben ser monitoreados y llevar un registro de la eficiencia de las diferentes etapas de estos tratamientos para continuar con el servicio de vertido de efluentes a un cauce receptor o al sistema de alcantarillado público, con el propósito de satisfacer las necesidades de la sociedad, respetando los límites ecológicos del planeta y las leyes ambientales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones. [31]

2.2 HIPÓTESIS

➤ Hipótesis Nula

El piroclasto volcánico no es conveniente para ser usado como material filtrante al no existir diferencias significativas en los valores de los parámetros determinados en el laboratorio luego del tratamiento de aguas residuales generadas por una lavadora de autos, previo a la descarga al sistema de alcantarillado público.

➤ Hipótesis Alternativa

La utilización de piroclasto volcánico como filtro biológico disminuirá los valores de los parámetros considerados nocivos en las aguas residuales generadas por una lavadora de autos, previo a la descarga al sistema de alcantarillado público.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable Independiente

El piroclasto volcánico como material filtrante.

2.3.2 Variable Dependiente

Las aguas residuales generadas por una lavadora de autos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto experimental se fundamenta de los siguientes tipos de investigación:

Investigación Exploratoria

Con esta investigación se analizará un filtro biológico a base de piroclasto volcánico con el propósito de obtener información de su comportamiento ante efluentes nocivos presentes en las aguas residuales de una lavadora de autos.

Investigación Descriptiva

Mediante esta investigación se llegará a conocer estadísticamente el nivel de eficiencia y los efectos que tiene el piroclasto volcánico como material filtrante, esperando tener un impacto positivo en proyectos de investigación futuros.

Investigación de Laboratorio

Se realizará análisis físico-químicos de las aguas residuales tratadas en intervalos de tiempo establecidos, con el fin de dar un correcto seguimiento, para obtener resultados verídicos sobre el funcionamiento del filtro biológico de piroclasto volcánico.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Para el presente trabajo experimental, la población a considerarse será el volumen de agua residual de la lavadora y lubricadora de autos "Ambato", que va expresado en función de los 90 días (3 meses) que el filtro biológico a base de piroclasto volcánico depurará las aguas residuales generadas por la industria anteriormente mencionada. Por lo tanto, la cantidad de dicho efluente depende directamente del tiempo, teniendo así:

$$\text{VAR} = x/t$$

Donde:

VAR= Volumen de agua residual

x= Cantidad de agua residual

t= Tiempo

Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población, por lo que la determinación de su tamaño es un punto muy importante. Los análisis físico-químicos de las aguas residuales se realizarán durante los 90 días de funcionamiento del filtro a base de piroclasto volcánico. El cálculo de la muestra dependerá del número de días en los que la industria ejecute sus actividades semanalmente, lo cual para nuestro caso sería 6 días, ya que la lavadora y lubricadora "Ambato" labora de lunes a sábado y va expresado de la siguiente manera:

$$55 \text{ galones} * 6 \text{ días} = 330 \frac{\text{galones}}{\text{semana}} = 1320 \frac{\text{galones}}{\text{mes}}$$

Por lo tanto, para los análisis de DBO₅, DQO y aceites y grasas se tomará 1 muestra de agua residual filtrada cada 10 días, tomando en cuenta que este intervalo de tiempo puede variar, dependiendo de los días festivos y no laborables, es decir, se obtendrán 9 muestras de agua residual filtrada y 1 muestra de agua residual sin filtrar (agua cruda), con el fin de evaluar la eficiencia del piroclasto volcánico como medio filtrante.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente

El piroclasto volcánico como material filtrante.

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El piroclasto volcánico es un material no convencional que cumple la función de medio filtrante, cuya finalidad es depurar las aguas residuales y así poder mejorar su calidad, previo a la descarga al sistema de alcantarillado público.	Material poroso filtrante	Piroclasto volcánico	¿Cuál es la eficiencia del material filtrante?	Chequeo de análisis de laboratorio
	Calidad de agua	Descarga al sistema de alcantarillado público	¿El agua residual cumple con los parámetros de calidad permisibles establecidos en la Normativa Vigente, en razón de la descarga?	* Norma TULSMA *Análisis de laboratorio

Tabla 2: Operacionalización de Variable Independiente

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.3.2 Variable Dependiente

Las aguas residuales generadas por una lavadora de autos.

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Las aguas residuales poseen un alto índice de contaminantes, los cuales pueden ser retenidos o separados del agua mediante un tratamiento adecuado con material poroso filtrante, que permite disminuir los parámetros propuestos en esta investigación a los valores permisibles en la Normativa Vigente.	Valores de los parámetros establecidos en la Tabla 9 del Libro VI, Anexo 1 de la Norma TULSMA	DBO ₅	¿Cuál es el porcentaje de remoción de DBO ₅ ?	Análisis de Laboratorio
		DQO	¿Cuál es el porcentaje de remoción de DQO?	Análisis de Laboratorio
		Aceites y Grasas	¿Cuál es el porcentaje de remoción de Aceites y Grasas?	Análisis de Laboratorio

Tabla 3: Operacionalización de Variable Dependiente

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
✓ ¿Qué evaluar?	La eficiencia de materiales filtrantes, usados como tratamiento de aguas residuales industriales.
✓ ¿Sobre qué evaluar?	Materiales no convencionales (piroclasto volcánico).
✓ ¿Sobre qué aspectos?	Los parámetros físico-químicos propuestos en esta investigación: DBO ₅ , DQO, aceites y grasas, los cuales deben estar dentro de los límites permisibles por la Normativa vigente, previo a su descarga al sistema de alcantarillado público.
✓ ¿Quién evalúa?	* Egdo. Jean Carlo Torres Jaya * Ing. MSc. Eduardo Paredes
✓ ¿A quiénes evalúa?	Aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora "Ambato"
✓ ¿Dónde evalúa?	* Lavadora y Lubricadora "Ambato" * Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. * Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo.
✓ ¿Cómo y con qué?	* Investigaciones científicas. * Análisis físico-químicos de las aguas residuales. * Norma TULSMA.

Tabla 4: Plan de recolección de información

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para realizar esta investigación, se fijará un plan de procesamiento y análisis de la información recolectada, que consta de los siguientes ítems:

- Ubicación y descripción de la industria en estudio.
- Recolección y preparación del material filtrante.
- Recopilación y manejo de información obtenida.
- Estructuración y diseño del filtro de piroclasto volcánico.
- Recolección de muestras del agua residual.
- Tabulación de valores obtenidos en los análisis físico-químicos.
- Representación gráfica e interpretación de resultados.
- Verificación del cumplimiento de los objetivos planteados.
- Comprobación de la hipótesis, en base a un análisis comparativo de los resultados obtenidos con la normativa vigente de descarga de efluentes.
- Planteamiento de conclusiones y recomendaciones.

3.5.1 Ubicación de la industria en estudio

La industria de lavado y lubricado de autos, donde se instalará el filtro biológico de piroclasto volcánico para el presente trabajo de titulación, se encuentra localizada en la parroquia San Antonio de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua.



Figura 2: Ubicación geográfica de la industria en estudio

Fuente: Google Maps.

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.5.2 Descripción de la industria

El lugar en estudio donde se recolectará las aguas residuales, tanto cruda como filtrada, para sus respectivos análisis, es un establecimiento dedicado al lavado y lubricado de autos, cuenta con las debidas instalaciones como: estacionamiento de clientes en espera, rampa de cambios de aceite, rampa de lavado y lubricado, sitio de aspirado de interiores y secado exterior, entre otros.



1. Infraestructura de la industria

Figura 3: Lavadora y lubricadora "Ambato"

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

La Lavadora y Lubricadora "Ambato" ofrece sus servicios exclusivamente para vehículos livianos (automóviles, camionetas, busetas, motocicletas) de lunes a sábado en horarios de 08:30 a 18:00.

Entre los servicios que brinda la Lavadora y Lubricadora "Ambato" tenemos:

- Cambio de aceite y filtro de motor.
- Lavado completo.
- Lavado express.
- Lavado de carrocería.
- Pulverizado.

La industria posee una gran cantidad de clientes, ya que se encuentra ubicada en un punto estratégico del sector urbano, brindando sus servicios a un promedio de 17 autos por día, dependiendo de las condiciones climatológicas y otros factores.

Para los procesos que se realizan en la industria, se requiere de productos como: shampoo desengrasante de autos que ayuda a eliminar las grasas y suciedades del chasis, grafito Armor All, brillo para llantas, aceites de motor de las marcas más reconocidas (Castrol, Kendall, Valvoline, Golden Bear), lubricantes y filtros de aceite de motor.

Estos procesos generan efluentes altamente contaminados, por lo que la lavadora y lubricadora de autos cuenta con una trampa de aceites y grasas, la misma que ayuda a reducir los niveles de contaminación y desechos sólidos presentes en las aguas residuales, para luego ser descargadas directamente al sistema de alcantarillado público.

3.5.3 Recolección y preparación del material filtrante

El material filtrante que se usará es piroclasto volcánico, muestras que serán recolectadas fácilmente por encontrarse en la superficie del suelo, a una altura de 2143 msnm. Estos fragmentos de lava son restos de la erupción del Volcán Tungurahua producida en el año 2016, ubicadas al noroeste de la ciudad de Baños, cerca de la antigua carretera Baños-Riobamba. [14]

Posteriormente, se ejecutará un lavado a presión y un lavado manual del piroclasto volcánico con la ayuda de una manguera plástica y agua potable, realizándolo de una manera cuidadosa para evitar el daño y/o destrucción de las partículas. Este proceso se realiza debido a la ceniza y suciedad que posee el material por sus características porosas.

Para la elección del tamaño adecuado de partículas a usarse, se realizará un ensayo granulométrico del material en los laboratorios de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, obteniendo así la curva granulométrica del piroclasto volcánico según las especificaciones de la norma NTE INEN 696 que trata sobre los análisis granulométricos en áridos finos y gruesos. [32]



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYADO POR:	Torres Jaya Jean Carlo			
FECHA:	29 de Mayo del 2017			
MATERIAL:	Piroclasto Volcánico			
PESO:	10000 kg.			
GRANULOMETRÍA DE SUELOS				
TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	579,00	5,79	94,21
3/4"	19,05	2040,00	20,42	79,58
1/2"	12,50	4925,00	49,29	50,71
3/8"	9,53	7452,00	74,58	25,42
#4	4,76	8816,00	88,23	11,77
PASA #4		9992,00	100,00	0,00
NORMA:	NTE INEN 696			

Tabla 5: Ensayo granulométrico del piroclasto volcánico

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

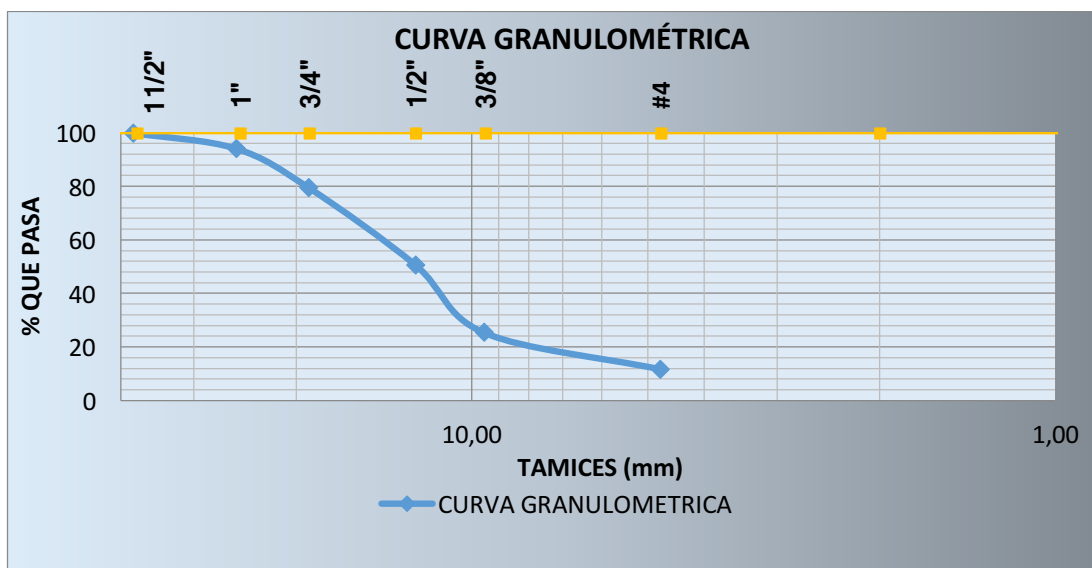


Gráfico 1: Curva granulométrica del piroclasto volcánico

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Además, una de las propiedades físicas que se debe tomar en cuenta de los agregados es la densidad real, siendo esta densidad el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan. Por lo tanto, se procederá a realizar el correspondiente ensayo del piroclasto volcánico, tomando en cuenta los parámetros de la norma NTE INEN 857. [33]



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ENSAYADO POR:	Torres Jaya Jean Carlo	
FECHA:	30 de Mayo del 2017	
MATERIAL:	Piroclasto Volcánico	
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO		
PROCESO	DENOMINACIÓN	MASA (g)
Masa canastilla en el aire	m1	1184
Masa canastilla + agregado sss, en el aire	m2	3102
Masa del agregado sss en el aire	$M_{sss} = m2 - m1$	1918
Masa canastilla + agregado sss, en el agua	m3	2019
Masa canastilla en el agua	m4	1049
Masa del agregado en el agua	$Menelagua = m3 - m4$	970
Volumen del agregado ($M_{sss} - Menelagua$) / agua	V_{sss}	0,948
Densidad Real del Agregado kg / dm ³ (M_{sss}/V_{sss})	$DRR = M_{sss} / V_{sss}$	2023,207
NORMA:	NTE INEN 857	

Tabla 6: Ensayo de la densidad real del piroclasto volcánico

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

A continuación, se mostrarán imágenes del proceso de recolección y preparación del piroclasto volcánico como medio filtrante:

	
<p>1. Recolección de material filtrante</p>	<p>2. Lavado del material</p>
	
<p>3. Proceso de tamizado del material</p>	<p>4. Determinación de la densidad real</p>

Figura 4: Recolección y preparación del material filtrante

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.5.4 Estructuración del filtro de piroclasto volcánico

La estructura del filtro será metálica, la cual soportará un tanque plástico de abastecimiento de 55 galones, el cual ha sido dimensionado para que pueda almacenar las aguas residuales y proveer al filtro el caudal necesario durante 24 horas sin interrupciones.

Dentro de los 55 galones de agua residual almacenada se estará considerando un volumen adicional que funciona como factor de seguridad para que el filtro se encuentre siempre en funcionamiento.



Figura 5: Soporte metálico de filtro biológico

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Además, se usará un recipiente plástico en la parte inferior de la estructura con dimensiones comerciales (57x42x34) cm, debido a que el proyecto consiste propiamente en analizar el piroclasto volcánico como material filtrante, más no el diseño del filtro. Por razones de funcionamiento, este recipiente estará dividido en dos partes por una bandeja de tol galvanizado con un canal de 3 cm. que sirve como soporte y sistema de recolección, dividiéndose de la siguiente manera:

1. Material de soporte (barras de madera).
2. Material filtrante (Piroclasto volcánico).

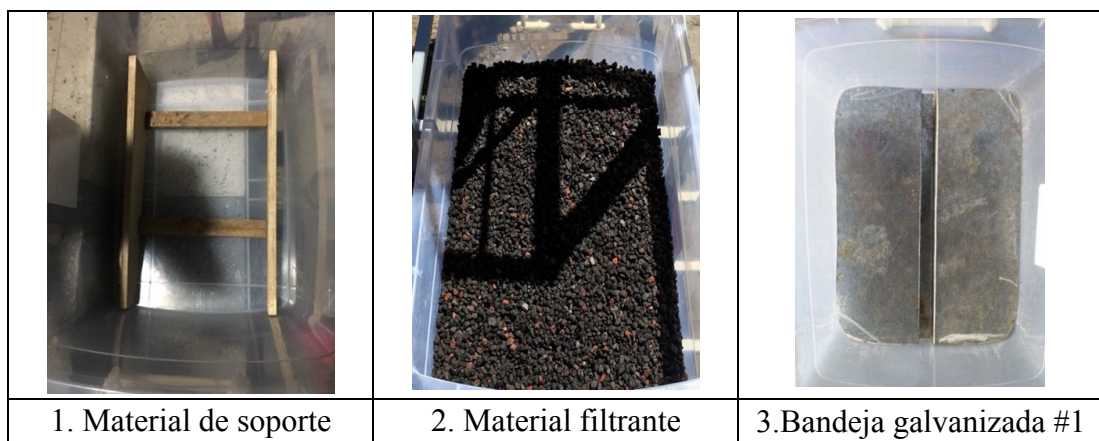


Figura 6: Armado de filtro biológico

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

El agua residual almacenada en el tanque de 55 galones descenderá por medio de una tubería PVC de Ø 1/2" que se encontrará sellada herméticamente. Dicha tubería estará conectada a una flauta, la cual dejará caer el efluente sobre una bandeja de tol galvanizado agujerada con la finalidad de distribuir las aguas residuales por todo el material filtrante, y así poder obtener mejores resultados. Adicionalmente, se usarán accesorios PVC (codos, tapones) y llaves de agua para regular el caudal óptimo.



Figura 7: Bandeja agujerada de tol galvanizado

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.5.5 Diseño del filtro

Como parámetro fundamental para el diseño del modelo del medio filtrante se tomará en cuenta los valores del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) de los dos casos especiales recomendados por el TULSMA. [34]

Además, para tener el modelo esperado, se aplicará el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de México sobre "Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado", así como: "Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA)". [35] y [36]

➤ Cálculo del Volumen de consumo (V_{consumo})

Los 55 galones garantizarán un volumen durante las 24 horas del día, donde deberá consumirse únicamente los 2/3 del volumen en el tanque durante el tiempo propuesto, mientras que el 1/3 restante será tomado en cuenta como un factor de seguridad para asegurar la altura de carga.

$$V_{\text{tanque}} = 55 \text{ gal.}$$

$$V_{\text{consumo}} = \frac{2}{3} * 55 \text{ gal.}$$

$$V_{\text{consumo}} = 36,67 \text{ gal.} \approx \mathbf{40 \text{ gal.}}$$

$$V_{\text{consumo}} = 40 \text{ gal.} * \frac{3,78 \text{ lt}}{1 \text{ gal.}}$$

$$V_{\text{consumo}} = \mathbf{151,2 \text{ lt}}$$

Como resultado, los 2/3 del volumen en el tanque serán los 40 galones, y el 1/3 de factor de seguridad será 15 galones, con lo que obtendremos los 55 galones del prototipo.

➤ **Cálculo del Caudal de Diseño ($Q_{\text{diseño}}$)**

Previo al cálculo del caudal de diseño, se calculará el tiempo:

$$\mathbf{Tiempo} = 1 \text{ día} * \frac{24 \text{ h.}}{1 \text{ día}} * \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ h.}}$$

$$\mathbf{Tiempo} = \mathbf{1440 \text{ min.}}$$

El caudal de diseño es uno de los parámetros primordiales del modelo del filtro, debido a que este valor tendrá que ser regulado al iniciar el tratamiento de las aguas residuales almacenadas en el tanque de 55 galones.

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{V_{\text{consumo}}}{\text{Tiempo}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{151,2 \text{ lt}}{1140 \text{ min}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = \mathbf{0,105 \text{ lt/min}}$$

➤ **Volumen del medio filtrante**

El volumen del material filtrante se calculará tomando en cuenta la facilidad de construcción y ejecución del filtro, ya que debe acoplarse a las medidas comerciales del recipiente plástico donde se depositará el piroclasto volcánico para tratar las aguas residuales.

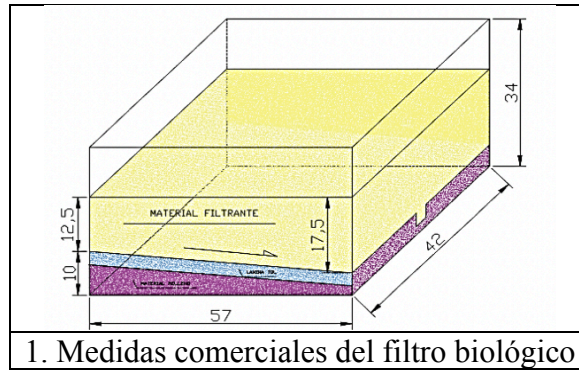


Figura 8: Prototipo del filtro biológico

Realizado por: Unidad de Proyectos de Investigación de la Carrera de Ingeniería Civil "UPICIC". FICM-UTA

Asumiremos el trapecio lateral donde:

AT = Área del trapecio

VT = Volumen del trapecio

B = Base = 57 cm

L = Largo = 42 cm

H = Altura = 34 cm

L1 = Lado menor = 12,5 cm

L2 = Lado mayor = 17,5 cm

$$A_{\text{trapecio}} = B * \frac{(L1 + L2)}{2}$$

$$A_{\text{trapecio}} = 57 \text{ cm} * \frac{(12,5 \text{ cm} + 17,5 \text{ cm})}{2}$$

$$A_{\text{trapecio}} = 855 \text{ cm}^2$$

$$V_{\text{trapecio}} = A_{\text{trapecio}} * L$$

$$V_{\text{trapecio}} = 855 \text{ cm}^2 * 42 \text{ cm}$$

$$V_{\text{trapecio}} = 35910 \text{ cm}^3 \approx 35,91 \text{ lt}$$

Como resultado, se obtuvo que el material filtrante debe mantener un volumen asumido mínimo de **35 lt**.

➤ **Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)**

El TRH es un parámetro fundamental que permite representar los fenómenos de remoción de los contaminantes en el modelo, de forma similar a la que se estaría representando en la vida real y/o prototipo.

$$TRH = \frac{V_{material}}{Q_{diseño}}$$

$$TRH = \frac{35 \text{ lt}}{0,105 \text{ lt/min}}$$

$$TRH = 333,33 \text{ min} * \frac{1 \text{ h.}}{60 \text{ min}} = 5,55 \text{ horas}$$

La Tabla 5.2 de las Series de Tratamiento Biológico de Aguas Residuales en la sección de Reactores Biológicos presenta criterios de diseño para filtros anaerobios cuando se aplican como postratamiento de efluentes anaerobios. [37]

PARÁMETROS DE DISEÑO	RANGO DE VALORES COMO UNA FUNCIÓN DEL GASTO		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0,8 a 3,0	0,8 a 3,0	0,8 a 3,0
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BDO/m ³ d)	0,15 a 0,50	0,15 a 0,50	0,15 a 0,50
Carga orgánica en el medio filtrante (kg BDO/m ³ d)	0,25 a 0,75	0,25 a 0,75	0,25 a 0,75

Tabla 7: Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el postratamiento de efluentes de reactores anaerobios

Fuente: Series de Tratamiento Biológico de Aguas Residuales - Reactores Anaerobios. De Lemos Chernicharo, 2007.

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

El valor del TRH de 5.55 horas está en el rango de los FAFA de 5 a 10 horas, correspondiente a un gasto promedio. Además, se encuentra en un rango inferior a las condiciones más críticas, lo cual permite verificar el caudal de diseño relacionándolo con el volumen asumido del material, siendo así:

$$TRH = \frac{V_{material}}{Q_{diseño}}$$

$$Q_{diseño} = \frac{V_{material}}{TRH}$$

$$Q_{diseño} = \frac{35 \text{ lt}}{5,55 \text{ horas}} = \mathbf{6,30 \text{ lt/h}}$$

$$Q_{diseño} = 6,30 \frac{\text{lt}}{\text{h.}} * \frac{1 \text{ h.}}{60 \text{ min}}$$

$$Q_{diseño} = \mathbf{0,105 \frac{\text{lt}}{\text{min}}}$$

3.5.6 Recolección de muestras de agua residual

El manejo y conservación de muestras se la debe realizar siguiendo los parámetros que especifica la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169 [24], en la que nos indica:

- Para la recolección de muestras se deberá usar recipientes de vidrio ámbar o recipientes oscuros, ya que reduce significativamente la fotosensibilidad.
- Previo al uso, se deberá lavar con agua potable y detergente el recipiente de vidrio para retirar polvos, seguido de esto se debe homogenizar 3 veces el recipiente con agua destilada.
- Llenar los recipientes totalmente, evitando que exista aire sobre el agua residual, ya que limita la agitación durante el transporte.
- Las muestras se deberán transportar y/o conservar en un ambiente fresco y oscuro, a temperaturas que oscilan entre 2°C y 5°C, para así protegerlas de la luz.
- En el laboratorio, los recipientes de vidrio que contengan el agua residual deberán ser almacenados en refrigeradoras a temperaturas especificadas anteriormente.

- La identificación de muestras es muy importante, debido a que los detalles ayudarán a una correcta redacción de informes e interpretación de resultados, utilizando para la presente investigación la siguiente etiqueta:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
<i>ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES</i>	
INVESTIGADOR:	
TUTOR:	
MATERIAL DE FILTRO:	
INDUSTRIA:	
# ANÁLISIS:	
FECHA MUESTREO:	
HORA MUESTREO:	
PARÁMETROS:	

Figura 9: Etiqueta de identificación de muestras

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.5.7 Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales

Los métodos y procedimientos que los laboratorios de servicios ambientales utilizan para la caracterización de las aguas residuales, según sea el parámetro analizado, son los siguientes:

LABORATORIO	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO / PROCEDIMIENTO
Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH	Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1
	DBO ₅	mg O ₂ /l	STANDARD METHODS 5220 - D mod
	DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5210 - B

Tabla 8: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales.

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

3.5.8 Costo del filtro de piroclasto volcánico

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Estructura metálica	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Bandejas de tol galvanizado	2	\$ 12,50	\$ 25,00
Tanque plástico de 55 gal.	1	\$ 21,00	\$ 21,00
Recipiente plástico (57x42x34) cm.	1	\$ 16,35	\$ 16,35
Manguera	1	\$ 6,50	\$ 6,50
Llave de paso de agua	2	\$ 5,30	\$ 10,60
Tubo PVC 1/2" de 1 m.	1	\$ 6,00	\$ 6,00
T de PVC 1/2"	1	\$ 0,74	\$ 0,74
Tapón 1/2"	2	\$ 0,26	\$ 0,52
Codo PVC 1/2"	1	\$ 0,43	\$ 0,43
Neplo PVC 1/2"	2	\$ 0,35	\$ 0,70
		TOTAL	\$ 152,84

Tabla 9: Costo del filtro de piroclasto volcánico

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 Cálculo del caudal de entrada de la industria en estudio

Para el cálculo del caudal que ingresa en la lavadora y lubricadora "Ambato" se consideró un período de 8 días consecutivos, con lecturas en un mismo horario (08:30 am), excepto el día Domingo que la industria no labora.

$$Q_{promedio} = \frac{\sum \text{caudales por día}}{\# \text{ días}}$$

$$Q_{promedio} = \frac{(2,383 + 2,284 + 2,546 + 0,646 + 3 + 1,48 + 2,117)m^3}{7 \text{ días}}$$

$$Q_{promedio} = 2,065 \text{ m}^3/\text{día}$$



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
FECHA:	29 de Mayo del 2017 al 06 de Junio del 2017			
MEDIDOR:	Volumétrico 10 bar			
LECTURAS DE CONSUMO DIARIO DE AGUA				
DÍAS	FECHA	LECTURA	CONSUMO DIARIO m³	CONSUMO DIARIO lt
LUNES	29/05/2017	385,619	2,383	2383
MARTES	30/05/2017	388,002	2,284	2284
MIÉRCOLES	31/05/2017	390,286	2,546	2546
JUEVES	01/06/2017	392,832	0,646	646
VIERNES	02/06/2017	393,478	3,000	3000
SÁBADO	03/06/2017	396,478	1,480	1480
LUNES	05/06/2017	397,958	2,117	2117
MARTES	06/06/2017	400,075	-	-
CAUDAL PROMEDIO			2,065 m³/día	2065 lt/día

Tabla 10: Lectura de consumo diario de agua potable

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Con los datos de consumo diario tabulados, se pudo apreciar que los días con mayor consumo de agua potable son los Miércoles y Viernes, con un caudal de 2,546 m³ y 3000 m³, respectivamente. Además, se pudo asumir que los valores de caudal promedio de entrada dependen de la demanda de clientes que tenga la industria a diario.

En el caso de la lavadora y lubricadora "Ambato" se tomó en cuenta los consumos adicionales de agua, debido a que existe una vivienda en el interior de las instalaciones de la industria, y comparten el mismo medidor de agua potable.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
FECHA:		19 de Junio del 2017					
CUADRO DE CAUDALES DE UNIDADES SANITARIAS							
NIVEL	USO	TIPO DE APARATOS SANITARIOS	UNIDAD U	CAUDAL			
				MÉTODO BRITÁNICO lt/sg	MÉTODO ALEMÁN lt/sg	MÉTODO RACIONAL lt/sg	
0+00	Vivienda	INODORO	1	0,315	1,00	0,2	
		LAVAMANOS	1	0,126	1,00	0,1	
		URINARIO					
		LAVAPLATOS	1	0,126	1,00	0,2	
		DUCHAS	1	0,252	1,00	0,2	
		LAVANDERÍA	1	0,126	1,00	0,2	
		PARCIAL POR PISO=			0,945	0,563	0,45
		TOTAL=		5	0,945	0,56	0,45
		FACTORES=			0,848%	0,252	0,500
		CAUDAL CORREGIDO=			0,09	0,19	0,23

Tabla 11: Caudales máximos de aparatos sanitarios

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Para unidades sanitarias se asume el caudal máximo generado por el Método Racional $Q_{\text{probable}} = 0,23$ lt/sg, por motivo de encontrarse dentro de los métodos semi-empíricos más cercanos a la realidad. No es el caso de los métodos de Hunter o Hunter modificado, ya que estos generan valores demasiado altos.

Además, se debe utilizar factores de mayoración para obtener resultados más cercanos a la realidad, siendo así:

$$k_1 = 1,3 - 1,5$$

$$k_2 = 2,0 - 2,3$$

Para el cálculo del volumen de consumo de unidades sanitarias se utilizó los valores máximos permitidos, siendo así $k_1=1,5$ y $k_2=2,3$.

$$\text{Volumen} = \frac{Q_{probable}}{k_1 * k_2}$$

$$\text{Volumen} = \frac{0,23 \text{ lt/sg}}{1,5 * 2,3}$$

$$\text{Volumen} = 0,0667 \text{ lt/sg}$$

$$Q_{unidades sanitarias} = 0,24 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal total utilizado por la lavadora y lubricadora "Ambato" es:

$$Q_{consumo} = 2,065 \text{ m}^3/\text{día} - 0,24 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{consumo} = 1,825 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.1.2 Cálculo del caudal de salida de la industria en estudio

Datos:

Diámetro interno de tubería: $D= 250 \text{ mm}$

Rugosidad: Tubería PVC= 0,01

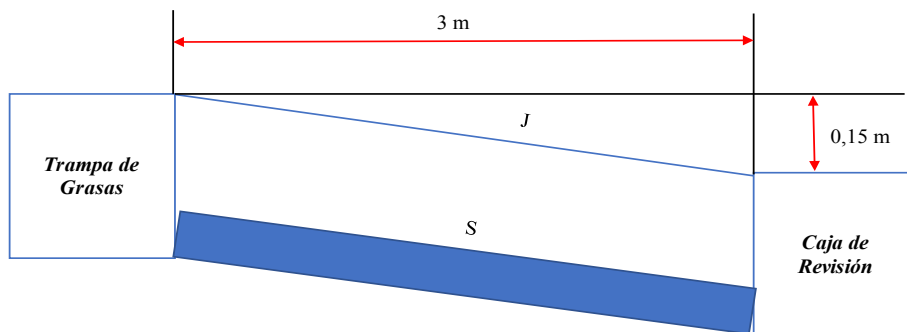


Figura 10: Perfil del proyecto

Fuente: Lavadora y Lubricadora "Ambato"

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

- **Cálculo de la pendiente del terreno**

$$S = \frac{D_V}{L} * 100\%$$

$$S = \frac{0,15 \text{ m}}{4 \text{ m}} * 100\%$$

$$S = J = 3,75 \%$$

- **Cálculo del ángulo del terreno "θ"**

Datos:

Tirante: h= 1 cm

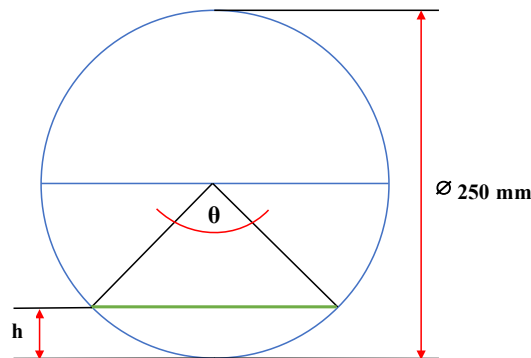


Figura 11: Tirante hidráulico en tubería

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

$$\theta = 2 \arccos \left(1 - \frac{2h}{D} \right)$$

$$\theta = 2 \arccos \left(1 - \frac{2 * 1}{25} \right)$$

$$\theta = 46,15^\circ$$

- **Cálculo del caudal**

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 * n * (2\pi\theta)^{2/3}} * (2\pi\theta - 360^\circ * \sin \theta)^{5/3} * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{(0,25)^{8/3}}{7257.15 * 0,01 * (2 * \pi * 46,15^\circ)^{2/3}} * ((2 * \pi * 46,15^\circ) - 360^\circ * \sin 46,15^\circ)^{5/3} * (0,042)^{1/2}$$

$$Q = 0,0004722 \text{ m}^3/\text{sg.}$$

4.1.3 Cálculo del volumen de agua por auto

$$V_{x\ auto} = \frac{Q_{promedio}}{Promedio_{autos}}$$

$$V_{x\ auto} = \frac{2,065\ m^3/día}{17\ autos/día}$$

$$V_{x\ auto} = 0,1215\ m^3/auto \approx 121,5\ lt/auto$$

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El piroclasto volcánico como material filtrante estuvo en funcionamiento 90 días, realizando análisis físico-químicos de las aguas residuales filtradas y sin filtrar, generadas por la lavadora y lubricadora "Ambato". Mediante estas muestras tomadas fueron analizados los parámetros DBO₅, DQO y aceites y grasas en un laboratorio especializado.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
FECHA:	08 de Junio del 2017 al 06 de Septiembre del 2017			
TIPO DE MUESTRA:	Aguas Residuales de Lavadora y Lubricadora "Ambato"			
CRONOGRAMA DE MUESTRAS TOMADAS				
FECHA	TIPO DE AGUA	IDENTIFICACIÓN	# ANÁLISIS	DÍAS TRATADOS
06/09/2017	Cruda	M0	1	0
19/06/2017	Filtrada	M1	2	10
28/06/2017	Filtrada	M2	3	20
10/07/2017	Filtrada	M3	4	30
18/07/2017	Filtrada	M4	5	40
31/07/2017	Filtrada	M5	6	50
07/08/2017	Filtrada	M6	7	60
17/08/2017	Filtrada	M7	8	70
28/08/2017	Filtrada	M8	9	80
06/09/2017	Filtrada	M9	10	90

Tabla 12: Cronograma de recolección de muestras para análisis

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Para comprobar la eficiencia del piroclasto volcánico como material filtrante fueron comparados los resultados obtenidos en el laboratorio con los valores de la Tabla 9: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, tomada del Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA). [30]

A continuación, se presenta un resumen de resultados de cada uno de los parámetros analizados durante los 90 días de filtración:

4.2.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅)



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
INDUSTRIA:	Lavadora y Lubricadora "Ambato"				
ANÁLISIS:	Físico-Químicos				
DBO₅					
IDENTIFICACIÓN	# ANÁLISIS	DÍAS TRATADOS	RESULTADO mg/l	LÍMITE PERMISIBLE mg/l	
M0	1	0	14822	250,0	
M1	2	10	170		
M2	3	20	193		
M3	4	30	198		
M4	5	40	214		
M5	6	50	209		
M6	7	60	103,6		
M7	8	70	107,6		
M8	9	80	127		
M9	10	90	97		

Tabla 13: Informe de resultados de análisis físico-químicos del parámetro DBO₅

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

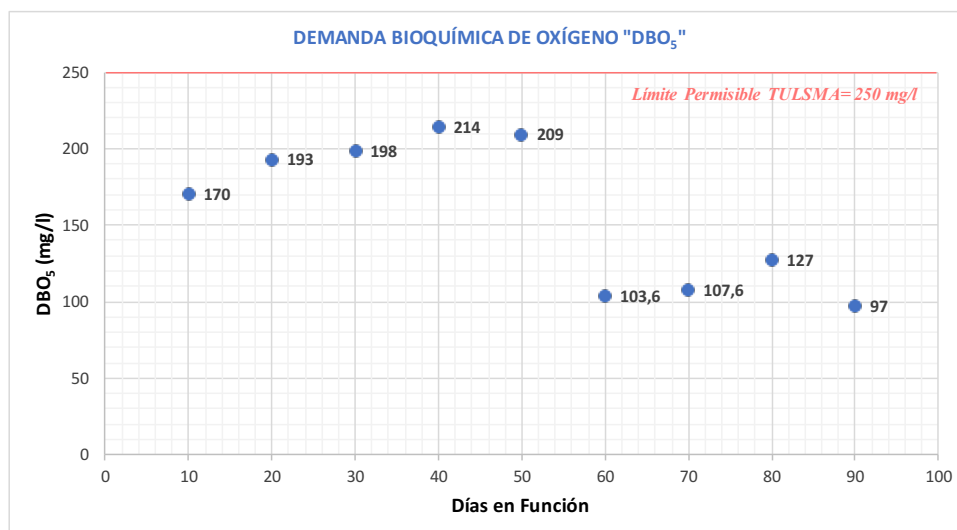


Gráfico 2: Demanda Bioquímica de Oxígeno "DBO₅" (mg/l) vs Tiempo (Días tratados)

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Con los valores obtenidos de la DBO₅ en el agua residual cruda se puede apreciar que la concentración de este parámetro fue de 14822 mg/l, mientras que luego de poner en funcionamiento el piroclasto volcánico como material filtrante de las aguas residuales generadas por la lavadora y lubricadora "Ambato" se logró remover prácticamente la totalidad de este contaminante durante los 90 días de funcionamiento, obteniendo valores que oscilan entre 97 mg/l y 214 mg/l como indica el Gráfico 2, es decir casi el 99% de remoción. Cabe recalcar que estos valores mencionados anteriormente están por debajo del límite máximo permisible por la norma TULSMA previo a la descarga al sistema de alcantarillado público.

Estudios realizados anteriormente confirman la efectividad del suelo volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales, especialmente en la remoción de la DBO₅ con porcentajes iguales o superiores al 94% de depuración. [4]

Resultados obtenidos en investigaciones previas muestran que el porcentaje de efectividad para el tratamiento de aguas residuales y la remoción de la DBO₅ está entre el 90% y el 99%. [3]

4.2.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
INDUSTRIA:	Lavadora y Lubricadora "Ambato"			
ANÁLISIS:	Físico-Químicos			
DQO				
IDENTIFICACIÓN	# ANÁLISIS	DÍAS TRATADOS	RESULTADO mg/l	LÍMITE PERMISIBLE mg/l
M0	1	0	35950	500,0
M1	2	10	342	
M2	3	20	366	
M3	4	30	413	
M4	5	40	468	
M5	6	50	434	
M6	7	60	296	
M7	8	70	292	
M8	9	80	301	
M9	10	90	243	

Tabla 14: Informe de resultados de análisis físico-químicos del parámetro DQO

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

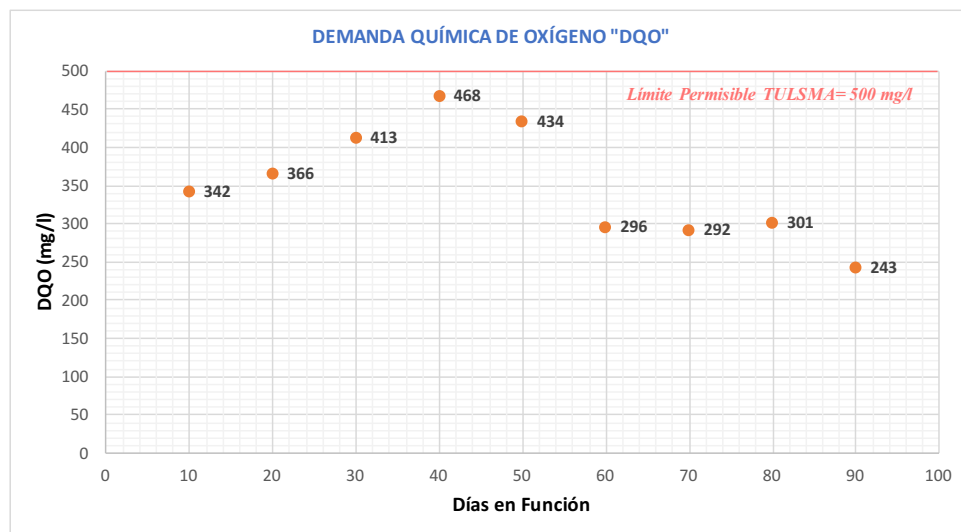


Gráfico 3: Demanda Química de Oxígeno "DQO" (mg/l) vs Tiempo (Días tratados)

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

De acuerdo a los resultados obtenidos, la DQO tuvo un nivel similar de depuración con respecto a la DBO₅, ya que se pudo notar que su efectividad está alrededor del 99%. Se puede observar en el Gráfico 3 que los niveles de DQO en los primeros 40 días de funcionamiento del filtro biológico va aumentando hasta alcanzar 468 mg/l, sin embargo, desde los 50 días dicho valor va reduciendo progresivamente. Al igual que en la DBO₅, los valores de la DQO están por debajo del límite máximo permisible por la norma TULSMA previo a la descarga al sistema de alcantarillado público.

Según estudios realizados en industrias de lavado de autos, las concentraciones de remoción de DQO pueden variar en cada investigación entre un 60% y 90%, atribuyéndose este cambio al tipo de vehículos que visitan las instalaciones de lavado, así como también a los detergentes y desengrasantes utilizados en sus procesos. [19]

4.2.3 Aceites y Grasas



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
INDUSTRIA:	Lavadora y Lubricadora "Ambato"			
ANÁLISIS:	Físico-Químicos			
ACEITES Y GRASAS				
IDENTIFICACIÓN	# ANÁLISIS	DÍAS TRATADOS	RESULTADO mg/l	LÍMITE PERMISIBLE mg/l
M0	1	0	486	70,0
M1	2	10	102	
M2	3	20	138	
M3	4	30	126	
M4	5	40	132	
M5	6	50	104	
M6	7	60	42	
M7	8	70	13	
M8	9	80	7	
M9	10	90	0,19	

Tabla 15: Informe de resultados de análisis físico-químicos del parámetro Aceites y Grasas

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

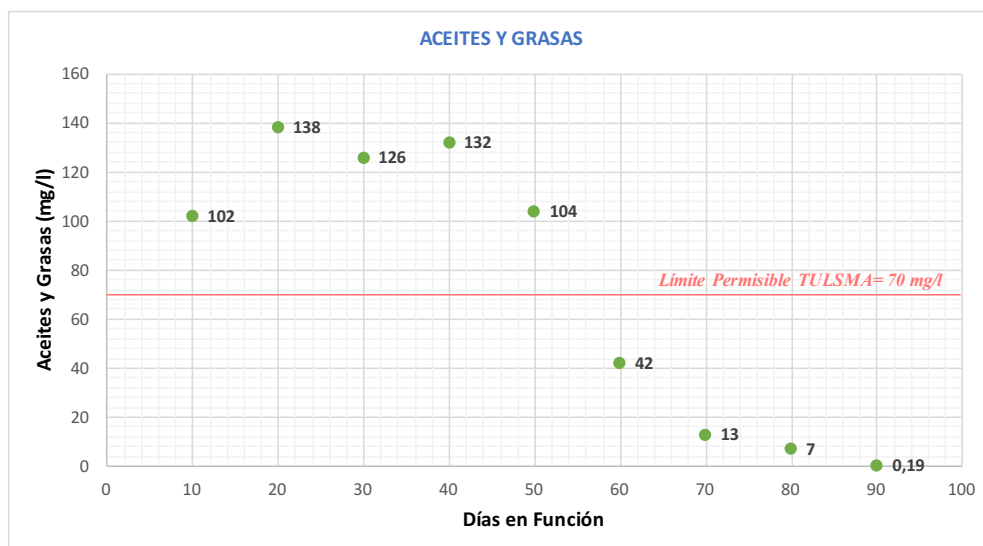


Gráfico 4: Aceites y Grasas (mg/l) vs Tiempo (Días tratados)

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Con respecto a aceites y grasas, los primeros 50 días de tratamiento de las aguas residuales fueron cambiantes, ya que los valores de las concentraciones de este parámetro subieron y bajaron entre 102 mg/l y 138 mg/l. No obstante, estos niveles de remoción disminuyeron desde los 60 días hasta finalizar el tratamiento, obteniendo la menor concentración de aceites y grasas de 0,19 mg/l en los 90 días, lo que equivale a un 100% de depuración, como se puede observar en el Gráfico 4.

A pesar que hubo una reducción en las concentraciones de aceites y grasas del efluente con respecto a las aguas residuales sin tratamiento, cabe recalcar que los valores mencionados en los primeros 50 días de tratamiento están por encima del límite máximo permisible por la norma TULSMA previo a la descarga al sistema de alcantarillado público. Esto quiere decir que únicamente se obtuvo una mayor eficiencia del piroclasto volcánico entre los 60 y 90 días de filtración para disminuir este parámetro del efluente generado por la lavadora y lubricadora "Ambato".

Resultados de investigaciones anteriores demostraron que se puede eliminar los aceites y grasas con una alta eficiencia e incluso una eliminación del 100% de este parámetro mediante procesos químicos. Además, revelaron que los aceites y grasas presentes en las aguas residuales es un parámetro principal de contaminación preocupante. [38]

4.2.4 Análisis de la eficiencia probable del piroclasto volcánico

La eficiencia del piroclasto volcánico como material filtrante se refleja en los valores obtenidos de los análisis físico-químicos realizados a las aguas residuales de la lavadora y lubricadora "Ambato" antes del proceso de filtración y durante el tiempo que el filtro estuvo en funcionamiento, lo cual se calculó para cada uno de los parámetros en estudio de la siguiente manera:

$$Eficiencia = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100$$

Donde:

Co = Concentración Inicial

Cf = Concentración final

4.2.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅)



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
INDUSTRIA:		Lavadora y Lubricadora "Ambato"			
ANÁLISIS:		Físico-Químicos			
EFICIENCIA DE DBO₅					
# ANÁLISIS	DÍAS TRATADOS	CONCENTRACIÓN (mg/l)		EFICIENCIA (%)	
		Inicial - Co	Final - Cf		
1	10	14822	170	98,85%	
2	20		193	98,70%	
3	30		198	98,66%	
4	40		214	98,56%	
5	50		209	98,59%	
6	60		103,6	99,30%	
7	70		107,6	99,27%	
8	80		127	99,14%	
9	90		97	99,35%	

Tabla 16: Eficiencia de remoción del parámetro DBO₅

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

4.2.4.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)




	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
INDUSTRIA:	Lavadora y Lubricadora "Ambato"			
ANÁLISIS:	Físico-Químicos			
EFICIENCIA DE DQO				
# ANÁLISIS	DÍAS TRATADOS	CONCENTRACIÓN (mg/l)		EFICIENCIA (%)
		Inicial - Co	Final - Cf	
1	10	35959	342	99,05%
2	20		366	98,98%
3	30		413	98,85%
4	40		468	98,70%
5	50		434	98,79%
6	60		296	99,18%
7	70		292	99,19%
8	80		301	99,16%
9	90		243	99,32%

Tabla 17: Eficiencia de remoción del parámetro DQO

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

4.2.4.3 Aceites y Grasas

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
INDUSTRIA:	Lavadora y Lubricadora "Ambato"			
ANÁLISIS:	Físico-Químicos			
EFICIENCIA DE ACEITES Y GRASAS				
# ANÁLISIS	DÍAS TRATADOS	CONCENTRACIÓN (mg/l)		EFICIENCIA (%)
		Inicial - Co	Final - Cf	
1	10	486	102	79,01%
2	20		138	71,60%
3	30		126	74,07%

4	40	132	72,84%
5	50	104	78,60%
6	60	42	91,36%
7	70	13	97,33%
8	80	7	98,56%
9	90	0,19	99,96%

Tabla 18: Eficiencia de remoción del parámetro Aceites y Grasas

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

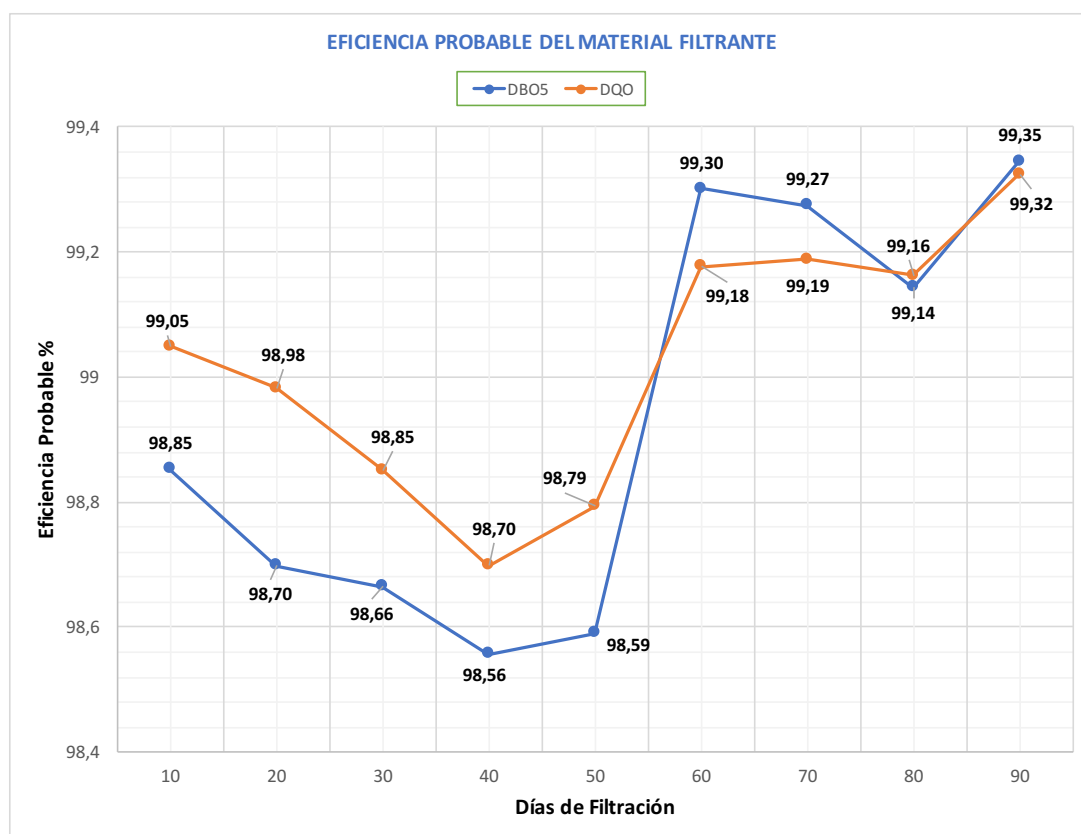


Gráfico 5: Eficiencia probable de remoción de los parámetros DBO₅ y DQO

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

Al analizar los valores representados en el gráfico 5 se observa con claridad que el piroclasto volcánico como material filtrante ha funcionado favorablemente en los parámetros como DBO₅ y DQO con un porcentaje promedio de remoción igual o

mayor al 99% desde los primeros 10 días hasta los 90 días de filtración, ya que el agua residual sin tratar (cruda) tiene valores altamente elevados de concentración de estos parámetros.

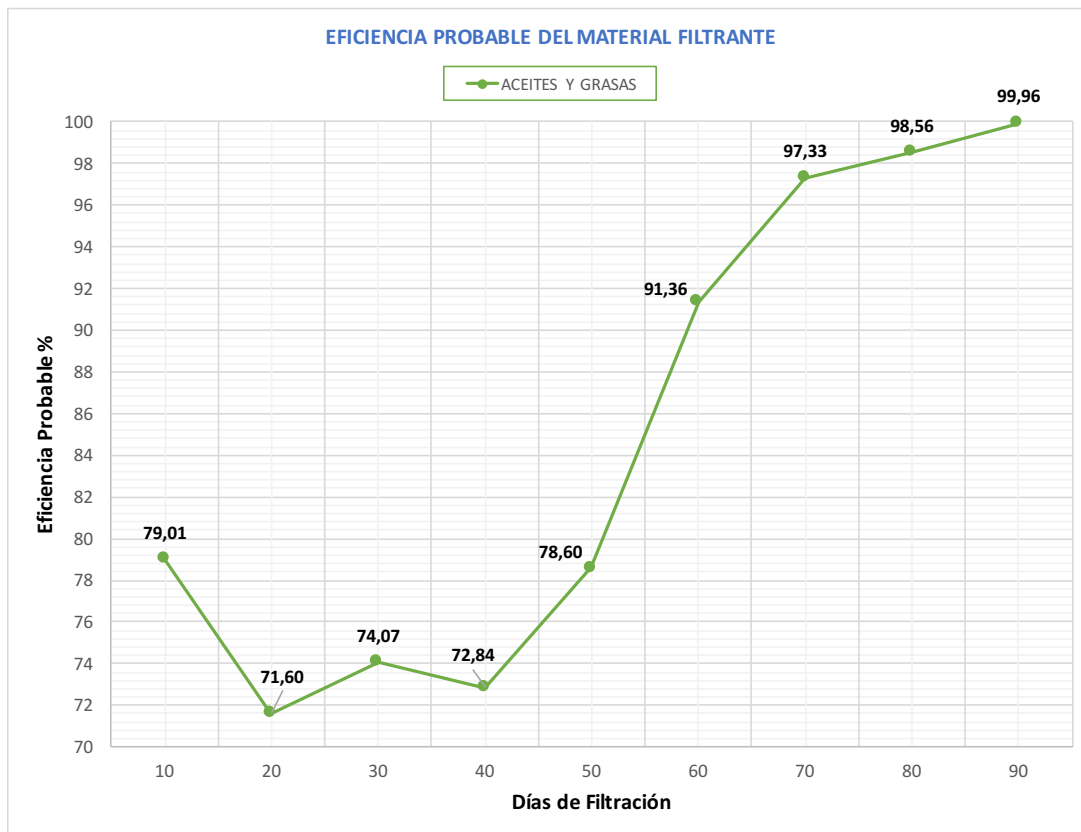


Gráfico 6: Eficiencia probable de remoción del parámetro Aceites y Grasas

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales - UNACH, 2017

Realizado por: Torres Jaya Jean Carlo

En cuanto al parámetro aceites y grasas presente en el efluente, los análisis físico-químicos arrojan resultados medianamente eficientes, ya que en los primeros 50 días los valores están por encima del límite permisible por la norma TULSMA para la descarga al sistema de alcantarillado público con un porcentaje promedio de remoción de 75,22%, sin embargo, desde el día 60 hasta culminar con la filtración se obtuvo un porcentaje promedio de remoción de 96,80%.

Durante el transcurso del funcionamiento del piroclasto volcánico como material filtrante, se procedió a realizar un lavado del material filtrante y de las tuberías a los 34 días y 54 días de tratamiento, ya que se observó a simple vista que el agua residual filtrada empezó a presentar un color más oscuro con partículas de suciedad, además

de presentar una capa de lodos en la superficie del material. Por consiguiente, se confirma que la eficiencia del piroclasto volcánico como material filtrante para la depuración de aceites y grasas fue mejorando con la ayuda de estos retro-lavados realizados.

Cabe recalcar que investigaciones realizadas anteriormente mencionan que es necesario realizar lavados de los filtros periódicamente para evitar la acumulación de material innecesario dentro del filtro, determinando los períodos de estos procesos por observación directa del estado de saturación de los materiales filtrantes y cada vez que se observe que el tratamiento pueda tener obstrucciones. [39]

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En base a los resultados de los análisis físico-químicos realizados a las aguas residuales generadas por la lavadora y lubricadora de autos "Ambato" permiten afirmar que la hipótesis alternativa de la presente investigación si se cumple, ya que el piroclasto volcánico como material filtrante logró disminuir los valores de los parámetros DBO₅ y DQO en un 99%, mientras que el parámetro ACEITES Y GRASAS presentes en el efluente se redujo en un 84,81%.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora "Ambato" logró reducir en gran cantidad los niveles de concentración de los parámetros en estudio durante los 90 días de tratamiento, especialmente de la DBO₅ y DQO, pudiendo así cumplir con los límites máximos permisibles por la norma TULSMA previo a la descarga al sistema de alcantarillado público.
- Mediante el análisis físico-químico realizado al agua residual sin tratamiento (agua cruda) demuestra que la trampa de grasas que existe como parte de la infraestructura de la lavadora y lubricadora "Ambato" no es suficiente para reducir los niveles de concentración de los parámetros estipulados en esta investigación.
- Mediante la lectura del medidor durante 8 días consecutivos, se calculó que el caudal de entrada promedio de la industria en estudio es de 2,065 m³/día, sin embargo, únicamente el 1,825 m³/día se ocupa en los servicios que brinda la lavadora y lubricadora "Ambato".
- Las características de los parámetros estudiados fueron variando antes y después del proceso de filtración, ya que en su origen tenían grandes concentraciones DBO₅ (14822 mg/l), DQO (35959 mg/l), aceites y grasas (486 mg/l), mientras que luego de que las aguas residuales pasaran por el material filtrante dichos valores se redujeron hasta DBO₅ (97 mg/l), DQO (243 mg/l), aceites y grasas (0,19 mg/l), obteniendo mejores resultados a los 90 días de funcionamiento del filtro.
- La eficiencia del piroclasto volcánico como material filtrante mejoró luego de realizarle retro-lavados para eliminar lodos acumulados y partículas finas del material, pudiendo así obtener mejores resultados en la reducción de los parámetros de DBO₅, DQO y Aceites y Grasas presentes en las aguas residuales generadas por la industria en estudio.

- El piroclasto volcánico podría ser una alternativa factible como material filtrante en pretratamientos de lavadoras y lubricadoras, debido a sus características de porosidad granular y densidad, además de la gran diversidad que existe en su granulometría, donde, para el presente proyecto de investigación se utilizó partículas que oscilan entre 4.8 y 9.5 mm.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar procesos de retro-lavados en el piroclasto volcánico utilizado como filtro biológico debido a su alta porosidad, para evitar obstrucciones y saturaciones en los filtros, y así impedir alteraciones en los resultados.
- Se recomienda implementar un tanque de reserva como parte de la infraestructura en la lavadora y lubricadora de autos "Ambato", para poder tener acceso eficiente al suministro de agua de forma constante y así satisfacer las necesidades de los clientes sin esperas ni retrasos.
- Para un mejor análisis del comportamiento de los caudales usados en la industria en estudio, es necesario colocar medidores de agua individuales, es decir, uno para la vivienda existente y otro exclusivamente para la lavadora y lubricadora "Ambato".
- Para obtener resultados más confiables en futuras investigaciones, se recomienda realizar análisis físico-químicos de las aguas residuales antes y después del proceso de filtrado en períodos establecidos de tiempo.
- Se recomienda la utilización de algún tipo de tamiz para poder separar los sólidos de las aguas residuales previo al almacenamiento en el tanque de 55 galones, ya que las lavadoras y lubricadoras de autos presentan gran cantidad de desechos sólidos, por lo que en la presente investigación se pudo observar una capa de lodos, tanto en el tanque almacenador de las aguas residuales como en la bandeja que contenía el material filtrante, lo que puede ocasionar interrupciones en el funcionamiento y variaciones en el caudal óptimo del filtro.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. E. De la Peña, J. Ducci, and V. Zamora, “Tratamiento de aguas residuales en México,” *Banco Interam. Desarro.*, pp. 1–42, 2013.
- [2] A. Galindo, E. Toncel, and N. Rincón, “Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte,” *Rev. ION*, vol. 29, no. 2, pp. 39–50, 2016.
- [3] M. A. Garzón-Zúñiga, G. Buelna, and G. E. Moeller-Chávez, “La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. III, no. 3, pp. 153–161, 2012.
- [4] C. Sanhueza, J. Palma, P. Valenzuela, O. Araneda, and K. Calderón, “Evaluación del comportamiento geotécnico de suelos volcánicos chilenos para su uso como material de filtro en la depuración de aguas residuales domésticas,” *Rev. la Construcción*, vol. 10, no. 2, pp. 66–81, 2011.
- [5] S. González Martínez, T. C. Millán Salazar, and Ó. González Barceló, “Filtración aerada de aguas residuales municipales utilizando un medio filtrante de bajo costo,” *Rev. AIDIS*, vol. 3, no. 1, pp. 132–144, 2010.
- [6] J. C. Marín Leal, C. A. Chinga Panta, A. I. Velásquez Ferrín, P. A. González Cabo, and L. M. Zambrano Rodríguez, “Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 25, no. 1, pp. 27–42, 2015.
- [7] E. J. Holguín Calderón, M. I. Morales Rodríguez, M. G. Vicencio de la Rosa, and M. del S. Morales de Casas, “Lodos Residuales: Métodos de tratamiento, estabilización y aprovechamiento,” *Vidsupra*, vol. 6, no. 2, pp. 61–66, 2014.
- [8] N. K. Srivastava and C. B. Majumder, “Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 151, pp. 1–8, 2008.
- [9] J. A. Chávez Rivero, A. Pedroza Sandoval, and A. Maldonado Cabrera,

- “Biodigestores: Una alternativa de aprovechamiento integral de aguas residuales,” *Rev. Chapingo Ser. Zo. Áridas*, vol. VI, no. 2, pp. 191–195, 2007.
- [10] J. L. Cadena Montenegro and M. F. Ramírez Soler, “La seguridad humana y los problemas colaterales del agua,” *Rev. Relac. Int. Estrateg. y Segur.*, vol. 9, no. 2, pp. 183–203, 2014.
- [11] OMS, ONU-HABITAT, and PNUMA, *Implementación de mejoras para la calidad del agua y la protección de servicios ecosistémicos*. 2015, pp. 1–12.
- [12] H. Cabrera, M. Garcés, and P. Paredes, “Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura (FAO , WHO , UNEP , UNU-INWEH , UNW-DPC , IWMI e ICID), Producción de Aguas Servidas , Tratamiento y Uso en el Ecuador,” *Minist. Agric. Ganad. y Pesca Minist. Salud Pública EMAPAG-EP*, pp. 1–9, 2012.
- [13] A. S. Castillo García, “Diseño de un tratamiento de aguas residuales de lubricado mediante bio-adsorción y coagulación-floculación,” Universidad de las Américas “UDLA,” 2015.
- [14] L. Bastidas, “Diseño de un filtro con piroclastos finos para la purificación del agua de la comunidad de San Francisco (Baños - Tungurahua),” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012.
- [15] A. Arango Ruiz, “La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua,” *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–66, 2004.
- [16] D. B. Sosa Hernández, J. M. Vigueras Cortés, and E. J. Holguín Calderón, “La Biofiltración: Una alternativa sustentable para el tratamiento de aguas residuales,” *Vidsupra*, vol. 6, no. 2, pp. 56–60, 2014.
- [17] I. Sekoulov, A. Rüdiger, and M. Barz, “Biofiltración innovadora para el tratamiento de aguas residuales producidas por comunidades e industrias,” *TerraVivaTec S.L.*, pp. 1–14.
- [18] M. E. Molina García, “Elaboración de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generada por una lavadora de







- autos,” Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [19] S. Carrasquero, K. Terán, M. Mas, R. Mas, G. Colina, and A. Díaz, “Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización,” *Rev. Arbitr. Venez. del Núcleo LUZ-Costa Orient. del Lago*, vol. 10, no. 2, pp. 122–139, 2015.
- [20] R. N. Zaneti, R. Etchepare, and J. Rubio, “Car wash wastewater treatment and water reuse - a case study,” *Water Sci. Technol.*, vol. 67, no. 1, pp. 82–88, 2013.
- [21] L. Jachero Abril, “Estudio de caso para la aplicación de la producción más limpia en el sector de las lavadoras de Monay, que conforman la Asociación ‘Tres de Noviembre,’” 2008.
- [22] M. Romero-Aguilar, A. Colín-Cruz, E. Sánchez-Salinas, and M. L. Ortiz-Hernández, “Tratamiento de Aguas Residuales por un Sistema Piloto de Humedales Artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica,” *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 25, no. 3, pp. 157–167, 2009.
- [23] J. Silva, P. Torres, and C. Madera, “Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión,” *Agron. Colomb.*, vol. 26, no. 2, pp. 347–359, 2008.
- [24] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*, vol. 1. Ecuador, 2013, pp. 1–26.
- [25] N. Otero Calviño, “Filtración de aguas residuales para reutilización,” Universidad de la Laguna.
- [26] Instituto Nacional de Estadística y Censos “INEC,” “Encuesta de Información Ambiental Económica en Empresas,” Ecuador, 2012.
- [27] R. Rojas, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud, “Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales,” in *Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales*, 2002, pp. 1–19.

- [28] F. A. Déniz Quintana, “Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO₅ y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa,” Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2010.
- [29] G. F. Villota Urbina, “Diseño de un filtro con piroclastos gruesos para la purificación del agua de la comunidad de Vizcaya (Baños - Tungurahua),” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012.
- [30] L. Tapia Núñez and Ministerio del Ambiente, “Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de legislación Secundaria,” in *Libro VI*, no. 270, 2015, pp. 1–220.
- [31] COSUDE and WSP-LAC, “Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades,” *Water Sanit. Progr. “WSP,”* 2006.
- [32] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696. Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*, vol. 1. Ecuador, 2011, pp. 1–12.
- [33] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857. Áridos: Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido grueso*, vol. 1. Ecuador, 2010, pp. 1–14.
- [34] L. Tapia Núñez and Ministerio del Ambiente, “Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria,” in *Libro VI*, no. 387, 2015, pp. 1–10.
- [35] Comisión Nacional del Agua “CONAGUA,” “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ‘Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado,’” in *Libro 4*, Coyoacán, México, D.F., 2015, pp. 1–92.
- [36] Comisión Nacional del Agua “CONAGUA,” “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ‘Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente,’” in *Libro 29*, Coyoacán, México, D.F., 2015, pp. 1–70.

- [37] Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, *Biological Wastewater Treatment Series: Anaerobic Reactors*, Primera Ed., vol. 4. Brazil, 2007.
- [38] D. Mazumber and S. Mukherjee, "Treatment of Automobile Service Station Wastewater by Coagulation and Activated Sludge Process," *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 64–69, 2011.
- [39] J. A. Cervera Bonilla and J. Tavera Tavera, "Evaluación de algunos materiales plásticos reciclables como medios filtrantes para aguas residuales," *Tecnogestión*, vol. III, no. I, pp. 76–82, 2006.

2. ANEXOS

2.1 Fotografías del desarrollo de la investigación

	
<p>1. Peso piroclasto volcánico previo a la granulometría</p>	<p>2. Tamizado de piroclasto volcánico</p>
	
<p>3. Piroclasto volcánico tamizado</p>	<p>4. Material filtrante tamizado para uso en filtro</p>
	
<p>5. Secado del piroclasto volcánico para cálculo de densidad real</p>	<p>6. Peso de canastilla + agregado en agua para densidad real</p>



7. Lectura de medidor de agua



8. Rampa principal de la industria



9. Trampa de grasas de la industria



10. Filtro biológico en funcionamiento



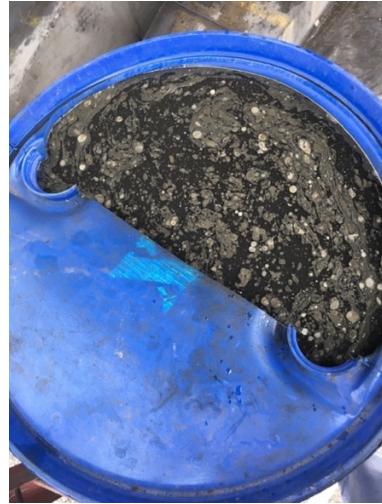
11. Verificación de caudal óptimo



12. Piroclasto volcánico filtrando aguas residuales



13. Llenado de tanque almacenador de agua residual



14. Tanque de 55 galones lleno



15. Agua residual cruda



16. Inspección visual diaria de agua residual filtrada





17. Recolección de muestra en botella de vidrio ámbar para análisis físico-químico



18. Piroclasto volcánico al terminar los 90 días de filtración

2.2 Esquema de registro diario del funcionamiento del filtro

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
FICHA #1 DE REGISTRO DE ACTIVIDADES		
NOMBRE DEL PROYECTO:		
INVESTIGADOR:		
TUTOR:		
UBICACIÓN DEL PROYECTO:		
FECHA:	HORA:	
REGISTRO FOTOGRÁFICO:		
INSPECCIÓN VISUAL:		
VERIFICACIÓN DE CAUDAL:		
FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO:		
ESTADO DEL MATERIAL:		
INVESTIGADOR:	TUTOR:	
_____ FIRMA	_____ FIRMA	

2.3 Informes de resultados de análisis físico-químicos



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

N° SE: 211-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Torres **INFORME N°** 211- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA **N° SE:** 211-17
DIRECCIÓN: Nueva Ambato **FECHA DE RECEPCIÓN:** 06 - 09 -17
TELÉFONO: **FECHA DE INFORME:** 13 - 09- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos Ambato
IDENTIFICACIÓN: MA - 352-17 Muestra cruda Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 352 -17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	486	N/A	06 - 09 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	35950	N/A	06 - 09 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	14822	N/A	06 - 09 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.



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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 del

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



N° SE: 082-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Carlo Torres INFORME N° 082- 17
 EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato N° SE: 082-17
 DIRECCIÓN: Nueva Ambato
 TELÉFONO: 0996015252 FECHA DE RECEPCIÓN: 19 - 06 -17
 NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Ambato FECHA DE INFORME: 26 - 07- 17
 IDENTIFICACIÓN: TIPO DE MUESTRA:
 MA - 209-17 10 días de tratamiento Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 209-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	102	N/A	19 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	342	N/A	19 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	170	N/A	19 - 06 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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

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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Carlo Torres **INFORME N°** 098- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 098-17
DIRECCIÓN: Nueva Ambato
TELÉFONO: 0996015252 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 28 - 06 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Ambato **FECHA DE INFORME:** 05 - 07- 17
IDENTIFICACIÓN: **TIPO DE MUESTRA:**
MA - 238-17 20 días de tratamiento Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

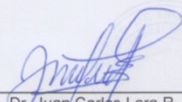
MA - 238-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	138	N/A	28 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	366	N/A	28 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	193	N/A	28 - 06 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



Nº SE: 115-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Carlo Torres **INFORME Nº** 115- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **Nº SE:** 115-17
DIRECCIÓN: Nueva Ambato
TELÉFONO: 0996015252 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 10 - 07 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Ambato **FECHA DE INFORME:** 17 - 07 - 17
IDENTIFICACIÓN: MA - 257-17 30 días de tratamiento **TIPO DE MUESTRA:** Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 257-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	126	N/A	10- 07 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	413	N/A	10- 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 B	198	N/A	10- 07 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Cuano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 129-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Carlo Torres

INFORME N° 129- 17

EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato

N° SE: 129-17

DIRECCIÓN: Nueva Ambato

FECHA DE RECEPCIÓN: 18 - 07 -17

TELÉFONO: 0996015252

FECHA DE INFORME: 25 - 07- 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Ambato

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN:

MA - 274-17

40 días de tratamiento

Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 274-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	132	N/A	18- 07 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	468	N/A	18- 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	214	N/A	18- 07 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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



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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 155-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Carlo Torres **INFORME N°** 155- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 155-17
DIRECCIÓN: Nueva Ambato
TELÉFONO: 0996015252 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 31 - 07 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Ambato **FECHA DE INFORME:** 07 - 08- 17
IDENTIFICACIÓN: **TIPO DE MUESTRA:**
MA - 302-17 50 días de tratamiento Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 302-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	104	N/A	31 - 07 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	434	N/A	31 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	209	N/A	31 - 07 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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



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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



N° SE: 160-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Torres **INFORME N°** 160- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA **N° SE:** 160-17
DIRECCIÓN: Nueva Ambato **FECHA DE RECEPCIÓN:** 07 - 08 -17
TELÉFONO: **FECHA DE INFORME:** 14 - 08- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos Ambato
IDENTIFICACIÓN: MA - 295 -17 60 días de tratamiento Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 295 -17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	42	N/A	07 - 08 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	296	N/A	07 - 08 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	103.6	N/A	07 - 08 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



N° SE: 188-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Torres **INFORME N°** 188- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA **N° SE:** 188-17
DIRECCIÓN: Nueva Ambato **FECHA DE RECEPCIÓN:** 17 - 08 -17
TELÉFONO: **FECHA DE INFORME:** 28 - 08 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos Ambato
IDENTIFICACIÓN: MA - 324 -17 70 días de tratamiento Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS


MA - 324 -17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	13	N/A	17 - 08 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 D mod	292	N/A	17 - 08 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	107,6	N/A	17 - 08 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



Nº SE: 200-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Torres INFORME Nº 200- 17
 EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA Nº SE: 200-17
 DIRECCIÓN: Nueva Ambato
 FECHA DE RECEPCIÓN: 28 - 08 -17
 TELÉFONO: FECHA DE INFORME: 05 - 09- 17
 NÚMERO DE MUESTRAS: 1
 TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos Ambato
 IDENTIFICACIÓN: MA - 341-17 80 días de tratamiento Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 341 -17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	7	N/A	28 - 08 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	301	N/A	28 - 08 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 B	127	N/A	28 - 08 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



Nº SE: 216-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Jean Torres INFORME Nº 216- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA Nº SE: 216-17
DIRECCIÓN: Nueva Ambato FECHA DE RECEPCIÓN: 06 - 09 -17
TELÉFONO: FECHA DE INFORME: 13 - 09 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos Ambato
IDENTIFICACIÓN: MA - 358-17 90 días de tratamiento Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 358 -17

Table with 6 columns: PARÁMETROS, UNIDADES, MÉTODO/PROCEDIMIENTO, RESULTADO, U(K=2), FECHA DE ANÁLISIS. Rows include Aceites y grasas, DQO, and DBO5.

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

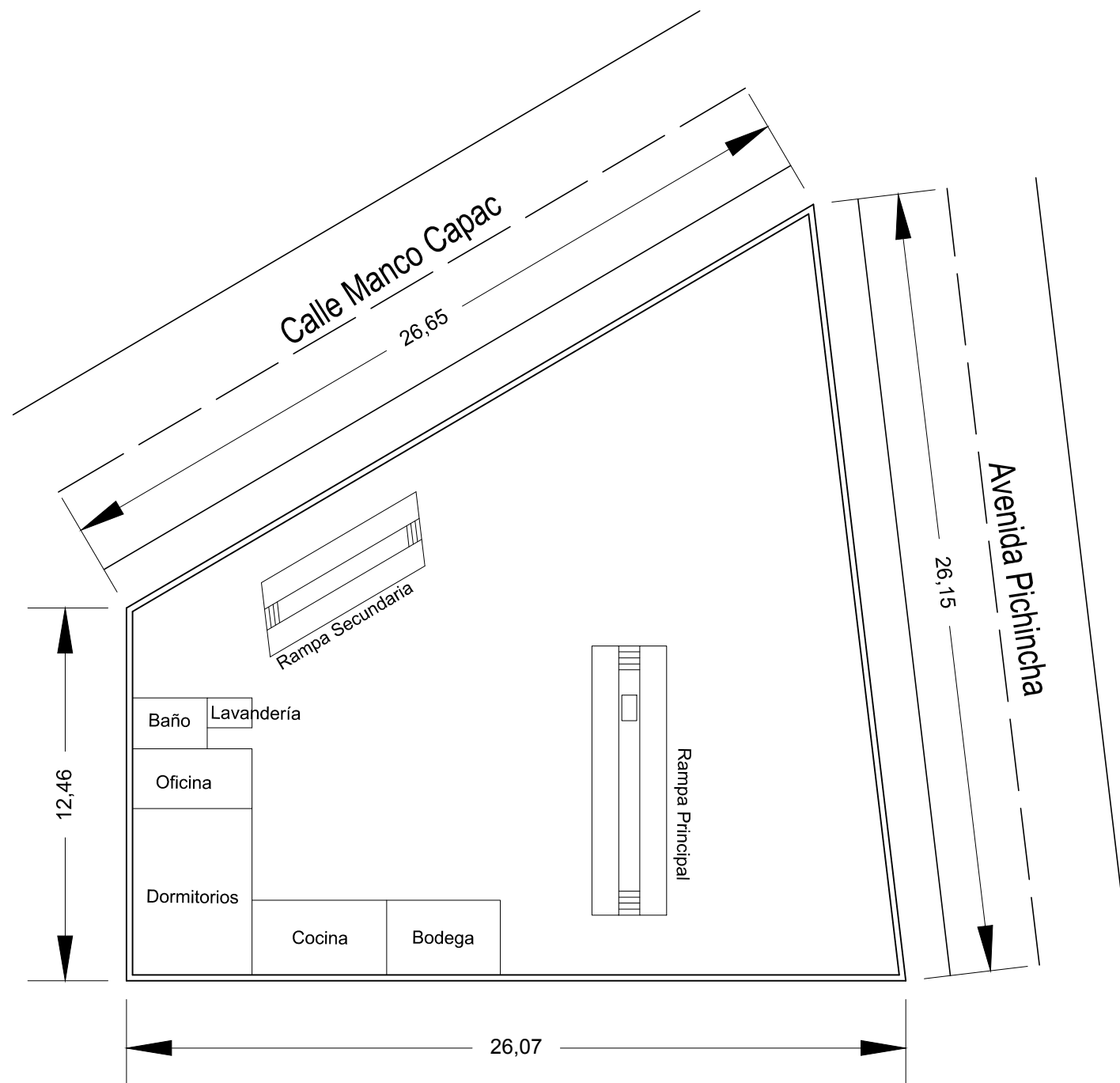
RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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

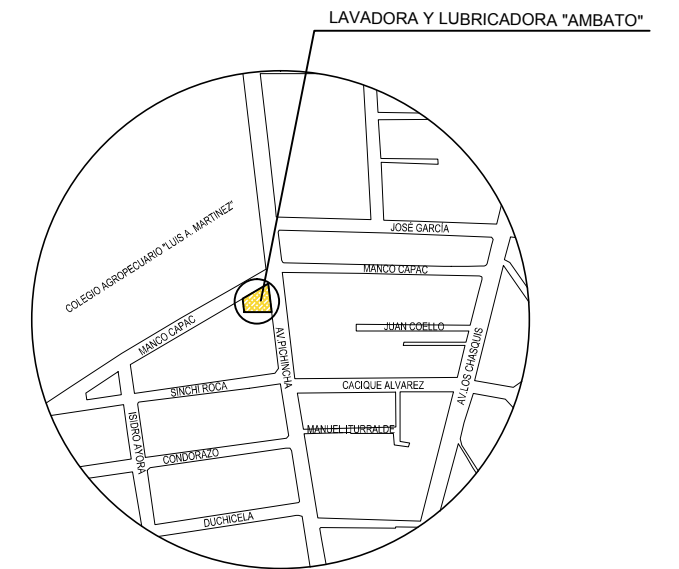
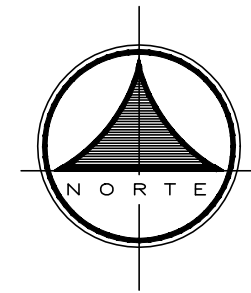
Signature and stamp of Dr. Juan Carlos Lara R. TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

2.4 Planimetría de la Lavadora y Lubricadora "Ambato"



Área de Terreno= 481.65 m²
 Área de Construcción= 57.80 m²



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
CONTIENE: PLANIMETRÍA DE LAVADORA Y LUBRICADORA "AMBATO"		
ESCALA: 1:20	ESTUDIANTE: JEAN CARLO TORRES	INDUSTRIA: LAVADORA DE AUTOS
FECHA: 02-06-2017	TUTOR: ING. MSc. EDUARDO PAREDES	HOJA No: E 1/1