



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:

BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, PARA EL
TRATAMIENTO SOBRE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE
DEL LAVADO DE JEANS.

AUTOR: Daniel Alejandro Paredes Paredes

TUTOR: Ing. Fabián Morales Fiallos, Mg.

AMBATO-ECUADOR.

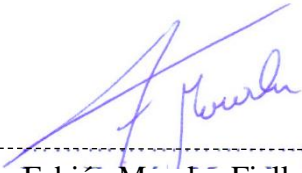
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.

Yo, Ing. Fabián Morales Fiallos.MG, certifico que el presente proyecto experimental realizado por Daniel Alejandro Paredes Paredes, egresado de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, ha sido desarrollado bajo mi tutoría; es un proyecto personal que reúne todos los requisitos para ser evaluado por el jurado designado por el H. Consejo Directivo con el tema “BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, PARA EL TRATAMIENTO SOBRE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS”.

El presente trabajo experimental, bajo mi tutoría fue concluido en sus 5 capítulos, de acuerdo a los reglamentos, normas y tiempos establecidos.

Es todo cuanto puedo certificar, el interesado puede continuar con el tramite pertinente.

Atentamente,



Ing. Fabián Morales Fiallos. Mg

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO.

Yo, Daniel Alejandro Paredes Paredes con CI: 1600675845; por medio del presente, certifico que el siguiente proyecto de investigación: **“BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, PARA EL TRATAMIENTO SOBRE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS”**, es de mi autoría, y que los comentarios y críticas son de mi completa responsabilidad.

Atentamente,

Egdo. Daniel Alejandro Paredes Paredes

CI: 1600675845

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este 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 documento con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento 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, 14 de noviembre del 2016

Autor

Daniel Alejandro Paredes Paredes

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.

Los profesores calificadores una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre tema: “BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, PARA EL TRATAMIENTO SOBRE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS”, del egresado Daniel Alejandro Paredes Paredes, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que cumple con a 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,

Ing. Mg. Geovanny Paredes.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Jorge Guevara
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA.

Este trabajo de graduación se la dedico en primer lugar a Dios, por darme la sabiduría, humildad, perseverancia y así poder culminar mi carrera universitaria.

A mis padres, Nancy y Jaime por su apoyo incondicional, su amor en todo este tiempo, guiándome por el camino del bien, y caminando siempre a mi lado en este desafío; por siempre mi amor y agradecimiento.

A mi esposa, Nataly; mi hijo, Alan, por darle un nuevo sentido a mi vida, ser mi fortaleza y estar presente en mi vida apoyándome con su amor y cariño, los amo.

A mis hermanos: Bladimir, Mell y Nicole; mi sobrino Mateo, Mi cuñada Eliana, por su cariño mi corazón está con ustedes.

A todo quienes hacen la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por iluminar mi camino con los conocimientos impartidos.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a todos quienes hicieron posible la realización de este trabajo de titulación, en especial al **Ing. Fabián Morales.Mg**; por guiarme con sus conocimientos y consejos académicos.

A la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**, por permitirme pertenecer a tan prestigioso centro de enseñanza académico; a la **Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica**, por brindarme la enseñanza necesaria para culminar mi carrera universitaria. Y todos quienes hicieron posible la culminación de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

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 FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIII
EXECUTIVE SUMMARY.....	XIV
1 CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVOS GENERALES.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2 CAPÍTULO II.....	6
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1.1 BIOFILTRACIÓN.....	6
2.1.1.1 APLICACIÓN.....	7
2.1.1.2 EFICIENCIA	7
2.1.1.3 TIPOS DE SISTEMA FILTRACIÓN [12].....	8
2.1.1.4 MECANISMOS DE FILTRACIÓN	8
2.1.1.5 PARÁMETROS DE LOS BIOFILTROS SOBRE LECHOS ORGÁNICOS.....	15

2.1.2	TURBA.....	16
2.1.2.1	PROPIEDADES DE LA TURBA.....	16
2.1.2.2	FILTRO DE TURBA.....	18
2.1.3	AGUA RESIDUAL.....	20
2.1.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	20
2.1.3.2	CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES [20].....	21
2.1.3.2.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	22
2.1.3.3	AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS. 26	
2.1.4	LAVADO Y TINTURADO DEL JEAN.....	28
2.1.4.1	PROCESO DE LAVADO DE JEANS.....	28
2.1.5	EFICIENCIA DE REMOCIÓN [23].....	30
2.1.5.1	EFICIENCIA DE REMOCIÓN ST (SÓLIDOS TOTALES)....	30
2.1.5.2	EFICIENCIA DE REMOCIÓN DQO.....	30
2.1.5.3	EFICIENCIA DE REMOCIÓN DBO5.....	31
2.2	HIPÓTESIS.....	32
2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	32
2.3.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	32
2.3.2	VARIABLE DEPENDIENTE.....	32
3	CAPÍTULO III.....	33
3.1	NIVELES O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.1.1	NIVELES DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.1.2	TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.2	POBLACIÓN.....	34
3.2.1	MUESTRA.....	34
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	37
3.5	PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	38
4	CAPÍTULO IV.....	39
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	45

4.2.1	COMPARACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS, CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE SEGÚN EL TULSMA. TABLA 11, ANEXO 1, LIBRO VI	45
4.2.2	ANÁLISIS Y CÁLCULO DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS	48
4.2.2.1	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL DQO. 48	
4.2.2.2	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL DBO ₅ . 50	
4.2.2.3	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS ST. 52	
4.3	Verificación de la hipótesis.....	54
5	CAPÍTULO V	55
5.1	CONCLUSIONES.	55
5.2	RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA	58
	ANEXOS.	61

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1. ESQUEMA DE BIOFILTRO.	6
FIGURA 2. DIFERENTES MECANISMOS QUE REALIZAN TRANSPORTE DE LAS PARTÍCULAS	10
FIGURA 3. CONTACTO CASUAL DE LAS PARTÍCULAS CON EL MEDIO FILTRANTE	11
FIGURA 4. IMPACTO INERCIAL	12
FIGURA 5. TRAYECTORIA DE LA PARTÍCULA ATRAÍDA POR LAS FUERZAS DE VAN DER WAALS.....	13
FIGURA 6. ACCIÓN DE LOS POLÍMEROS EN UN MEDIO GRANULAR.....	14
FIGURA 7. PARÁMETROS DEL BIOFILTRO.	15
FIGURA 8. TURBA.....	16
FIGURA 9. ESQUEMA DE COLORES	43

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TURBA.....	17
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA TURBA.	17
TABLA 3. V.I. BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA.	35
TABLA 4. VD. DISMINUCIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUE SE ENCUENTRAN EN EL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS.....	36
TABLA 5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	37
TABLA 6. RESUMEN DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICO DESPUÉS DE LA BIOFILTRACIÓN VS TULSMA	39
TABLA 7. CUADRO COMPARATIVO DE DQO, POSTERIOR A LA BIOFILTRACIÓN DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS	39
TABLA 8. CUADRO COMPARATIVO DE ST, POSTERIOR A LA BIOFILTRACIÓN DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS.....	41
TABLA 9. CUADRO COMPARATIVO DEL DBO ₅ , POSTERIOR A LA BIOFILTRACIÓN DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS.....	42
TABLA 10. VARIACIÓN DEL COLOR DURANTE LA BIOFILTRACIÓN.	43
TABLA 11. TABLA DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN DURANTE UN PERIODO DE TIEMPO. ..	48
TABLA 12. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DURANTE UN PERIODO DE TIEMPO.....	50
TABLA 13. EFICIENCIA DE REMOCIÓN ST.	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. COMPARACIÓN DEL DQO, CON EL LÍMITE MÁXIMO SEGÚN TULSMA.....	45
GRÁFICO 2. COMPARACIÓN DEL DBO ₅ , CON EL LÍMITE MÁXIMO SEGÚN TULSMA....	46
GRÁFICO 3. COMPARACIÓN DE ST, CON EL LÍMITE MÁXIMO SEGÚN TULSMA.	47
GRÁFICO 4. % EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL DQO.....	49
GRÁFICO 5. % EFICIENCIA DE REMOCIÓN DBO ₅	51
GRÁFICO 6. % EFICIENCIA DE REMOCIÓN ST.....	53

RESUMEN EJECUTIVO

Tema: “Biofiltración sobre cama de Turba, para el tratamiento de aguas residuales proveniente del lavado de Jeans.

Autor: Egdo. Daniel Alejandro Paredes Paredes.

Tutor: Ing. Fabián Morales. Fiallos.MG.

El presente trabajo experimental tiene por objetivo diseñar y construir un prototipo de biofiltro sobre cama de turba, para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de Jeans.

El biofiltro fue construido con materiales reciclados tales como: botellones de agua, mallas de plástico y materiales biodegradables como la virusa. El esquema general de la columna de filtración, fue establecer una estructura por capas que constan de la siguiente manera: Primera capa: virusa, que sirve como material de distribución del caudal de entrada del agua residual. Segunda capa: Constituido por la turba, es la capa principal de filtración. Las propiedades de la turba (adsorción, absorción, intercambio iónico, porosidad), ayudan a la depuración del agua residuales provenientes del lavado de Jeans. Tercera capa: consta de arena de río, sirve como material de soporte, y auxiliar de depuración. Cuarta capa: Piedra pómez, que permite una mejor descarga del agua residual tratada, y sirve como material de soporte.

El proceso se lo realizó durante 36 días, con un número de 10 muestras analizadas. La toma de datos se realizó antes y posterior a la biofiltración, para establecer los cambios en la coloración. Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos, se procedió a tomar las muestras y llevarlas al laboratorio en un máximo de dos horas, para no alterar los resultados.

Con la base de datos, se realizó los análisis y cálculos de la eficiencia en la depuración del agua residual, obteniéndose los siguientes resultados: DQO= 76.69%, DBO₅= 75.27%, ST= 57.33% de eficiencia, lo cual permitió establecer criterios de diseño y determinar que la turba tiene alta eficiencia para la depuración del agua residual proveniente del lavado de Jeans

EXECUTIVE SUMMARY.

Topic: "Biofiltration on Turba bed, for the treatment of waste water from the washing of Jeans.

Author: Egdo. Daniel Alejandro Paredes Paredes.

Tutor: Ing. Fabián Morales Fiallos, Mg.

The present experimental work has to objective design and build a prototype of a biofilter on peat bed, for the treatment of the residual water from the Jeans washing. The biofilter was constructed with recycled materials such as: water bottles, plastic meshes and biodegradable materials such as virusa. The general scheme of the filtration column was to establish a layered structure consisting of the following: First layer: virgin, which serves as the distribution material of the inlet water of the waste water. Second layer: Constituted by the peat, is the main layer of filtration. The properties of the peat (adsorption, absorption, ion exchange, porosity), help to purify the residual water from the Jeans washing. Third layer: consists of river sand, serves as support material, and auxiliary purification. Fourth layer: Pumice stone, which allows a better discharge of treated wastewater, and serves as a support material. The process was performed for 36 days, with a number of 10 samples analyzed. Data collection was performed before and after biofiltration, to establish changes in coloration. For the analysis of the physicochemical parameters, we proceeded to take the samples and take them to the laboratory in a maximum of two hours, in order not to alter the results.

With the database, analyzes and calculations of the efficiency in the purification of the residual water were carried out, obtaining the following results: DQO = 76.69%, DBO₅ = 75.27%, ST = 57.33% efficiency, which allowed to establish criteria of Design and to determine that the peat has high efficiency for the purification of the residual water from the washing of Jeans

1 CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

1.1 TEMA.

BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS.

1.2 ANTECEDENTES.

En base a artículos científicos y tesis de grado se pudo obtener información relevante de investigaciones y estudios previos, sobre el uso de la turba en el tratamiento de aguas residuales industriales, que nos dará la pauta necesaria para establecer los criterios y encaminar el presente trabajo experimental hacia los objetivos planteados.

- a) Artículo. “LA BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, UN TRATAMIENTO EFICIENTE PARA DIFERENTES TIPOS DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL”

Conclusiones:

“Con base en los resultados obtenidos se puede afirmar que la tecnología de biofiltración sobre cama orgánica demostró ser eficiente para la remoción de materia orgánica, altas cargas de nitrógeno, sólidos suspendidos biodegradables, colorantes tipo azo, compuestos orgánicos volátiles (1.2 DCE y BTEX), compuestos tóxicos y recalcitrantes. Por otra parte, esta tecnología demostró no remover la conductividad de los efluentes de alta conductividad (6Ms/cm), lo cual no ocurre con otros procesos biológicos. Luego entonces, la biofiltración sobre cama orgánica representa una alternativa real para el tratamiento de diversos efluentes industriales, ya que además de las altas eficiencias de depuración se trata de una tecnología económica comprada con los tratamientos convencionales.” [1]

- b) Artículo. “LA BIOFILTRACIÓN SOBRE MATERIALES ORGÁNICOS, NUEVA TECNOLOGÍA SUSTENTABLE PARA TRATAR AGUA RESIDUAL EN PEQUEÑAS COMUNIDADES E INDUSTRIAS”

Conclusiones:

“Los resultados obtenidos durante los seis años de operación a escala real revelan que la eficiencia global de tratamiento del proceso de biofiltración sobre lecho orgánico se sitúa entre 90% y 99%, en función de los diferentes parámetros estudiados, y que esta se mantuvo estable desde el inicio de la operación de los sistemas. El agua tratada está libre de malos olores. La calidad del efluente producido por el sistema permite contemplar su reúso en el riego de áreas verdes (jardines, campos de golf), en agricultura, lavado y recarga de mantos freáticos. Las aguas tratadas pueden igualmente ser descargadas en lagos y ríos, sin afectar la calidad del agua del cuerpo receptor. Gracias a la simplicidad del proceso, se requieren solamente tres horas por semana de personal no especializado para su operación y mantenimiento.

Estos resultados permiten concluir que la biofiltración sobre lecho orgánico constituye una tecnología robusta, segura, simple y eficaz, adaptada a la problemática ambiental de las regiones aisladas. Sus bajos costos de inversión y mantenimiento, su simplicidad de operación y de mantenimiento, hacen de esta tecnología una alternativa muy interesante para el tratamiento de las aguas residuales generadas por las pequeñas comunidades, los asentamientos rurales y las agro-industrias.

En un contexto de desarrollo sustentable sería oportuno adaptar esta tecnología al contexto específico de los países iberoamericanos. La identificación de materiales autóctonos y la implantación de vitrinas de demostración tecnológica constituyen sin duda las primeras actividades por realizar.” [2]

c) Artículo: “LA BIOFILTRACIÓN UNA ALTERNATIVA PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA”.

Conclusiones:

“El proceso de biofiltración, por presentar una alta eficiencia en el proceso de potabilización de agua, debe ser motivo de estudio e investigación con el objeto de mejorar su diseño, manejo y operaciones de mantenimiento. Lo anterior presupone beneficios económicos que, a su vez, favorecerían las condiciones de las poblaciones con la necesidad de satisfacer sus requerimientos de agua potable.” [3]

d) Artículo: “EVALUACIÓN DE TURBA PARA TRATAMIENTO DE LÍQUIDOS RESIDUALES”.

Conclusiones:

“Los compuestos removidos por la turba, constituyen principalmente la fracción suspendida de los sólidos, tanto la fija como la volátil. La disminución de la DQO del líquido filtrado por la turba respecto del de la laguna, refleja la capacidad de la misma para retener algunos compuestos oxidables químicamente. La variación de las características del líquido residual ensayado, por efecto de la turba, se explica a continuación por cada uno de los parámetros analizados.

pH. El ph alcalino es casi neutralizado casi inicialmente por efecto de la turba, efecto que luego disminuye.

Olor. Si bien se determinó subjetivamente, es destacable la desaparición total del olor desagradable del líquido anaeróbico, luego de atravesar la turba.

Color. La translucidez se aumentaba, y el color se torna más parduzco, lo que sugiere la liberación de sustancias coloreadas por parte de la turba.

Sólidos totales: la mayor parte la constituyen los sólidos disueltos, ya que los sólidos suspendidos constituyen el 11% de los totales del líquido, y un 5 % de los totales del filtrado.

DQO: La eficiencia de remoción fue del 42%, valor que se reduce en cada muestra hasta llegar al 22%.

DBO5: Esta propiedad varia levemente, resultando una reducción del 11% en promedio. [4]

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Teniendo en cuenta que la contaminación derivada de aguas residuales industriales de los efluentes en nuestro medio está generalizada, se vio necesario realizar una investigación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de Jeans mediante el uso de biofiltros con turba como principal material filtrante.

A nivel mundial esta tecnología se la puede encontrar comúnmente en países con un alto desarrollo industrial, como es el caso de los europeos y Norte americanos, ya que en estos países está muy desarrollado el uso de fuentes alternativas de tratamientos de aguas residuales con materiales orgánicos, y se ha demostrado su alta eficiencia en el tratamiento de aguas residuales industriales [5].

En el Ecuador este tipo de tecnologías de tratamiento de aguas residuales no está desarrollado, son pocas las industrias que cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales [6]. La ley de Recursos Hídricos, regula que las industrias cumplan con parámetros de pretratamiento para reducir los índices de contaminación [7], para lo cual se deben dar alternativas para que estas industrias puedan optar por sistemas de tratamiento más amigable con el ambiente.

La provincia de Tungurahua ha tenido un desarrollo notable de la industria, en el cantón Pelileo la industria textil ha sido la que ha tenido mayor crecimiento, con lo cual se han creado empresas que brindan el servicio de lavado de telas como es el caso del Jean que no cuenta con un adecuado pretratamiento de sus aguas residuales [8], a pesar de las sanciones municipales estas industrias siguen vertiendo sus aguas residuales con altos contenidos químicos que van directamente al alcantarillado y posteriormente a un planta de tratamiento municipal, provocando que esta no funcione de una manera adecuada.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVOS GENERALES.

Diseñar y construir una columna de filtración sobre cama de turba para tratamiento de agua residual proveniente del lavado de Jeans.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ❖ Medir la variación de la DBO₅, DQO, Sólidos Totales (ST) y el color del agua residual proveniente del lavado de Jeans; antes de la biofiltración y posterior a la biofiltración sobre cama de Turba.
- ❖ Evaluar la eficiencia del Biofiltro sobre cama de turba y su aplicabilidad en el tratamiento de las aguas residuales producidas en las industrias del Lavado Jeans.
- ❖ Establecer parámetros para el diseño de un Biofiltro sobre cama de turba.

2 CAPÍTULO II.

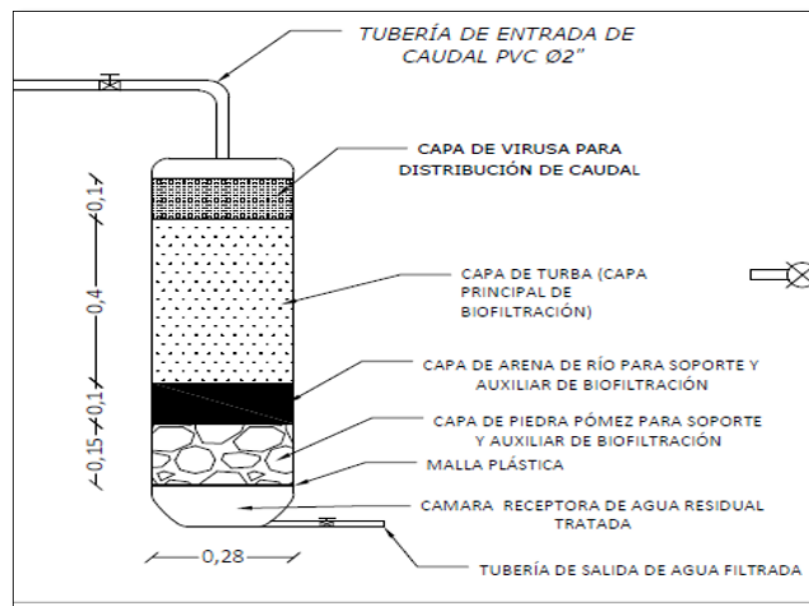
FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1.1 BIOFILTRACIÓN.

Es el proceso que, mediante el uso de materiales de filtración biológicos o derivados de materia biodegradable, permite la depuración de aguas residuales provenientes de diferentes actividades industriales, domésticas, textiles, mataderos, etc.

Figura 1. Esquema de Biofiltro.



Fuente 1: Egdo. Daniel Paredes

El proceso de biofiltración permite tratar simultáneamente efluentes líquidos y gaseosos utilizando medios orgánicos [9]. El diseño de los biofiltros es muy variable, pueden ser sistemas cerrados o abiertos, de uno o múltiples lechos de soporte teniendo cada uno una altura de entre 0.5 y 1.5 m [10].

Esta tecnología se caracteriza por su sencillez y su independencia de tratamientos previos, así como la no necesidad de adicionar nutrientes, coagulantes, floculantes u otro aditivo. Solo requiere que el efluente llegue con características tales que permita la existencia de organismos vivos, entre ellos pH no inferiores a 4,5 y no mayor a 8 [11].

El efluente pasa por el medio filtrante reteniéndose los contaminantes mediante tres mecanismos principales: Filtración pasiva, Adsorción y Absorción, e Intercambio iónico. Los parámetros retenidos son biodegradados por la biocenosis que se instala en el filtro.

2.1.1.1 APLICACIÓN.

- ❖ Aguas servidas domiciliarias.
- ❖ Aplicaciones individuales como en escuelas, fraccionamientos, unifamiliar, conjuntos habitacionales.
- ❖ Tratamiento de efluentes industriales orgánicos sector agroindustrial.
- ❖ Se han registrado aplicaciones y estudio en efluentes provenientes de petroquímicas e *industria textil*.

2.1.1.2 EFICIENCIA

En efluentes Agroindustriales se registraron las siguientes eficiencias:

- ❖ Coliformes Fecales: 99%
- ❖ DBO5: 99% - DQO: 96%
- ❖ Sólidos Suspendidos Totales: 99%
- ❖ Nitrógeno Total: 90%

En efluentes provenientes de industria Petroquímica se tiene las siguientes eficiencias:

- ❖ Aceites y Grasas: 68 -90%
- ❖ COV sobre el 99%

En efluentes coloreados provenientes del rubro textil:

- ❖ Color: 90%

- ❖ DQO: 99%

2.1.1.3 TIPOS DE SISTEMA FILTRACIÓN [12].

- ❖ **Gravedad o presión:** la filtración por gravedad es el proceso en el cual se hace pasar el agua por un filtro, y el proceso se realiza por efectos de la gravedad. Los filtros de presión están contenidos en recipientes y el agua fluye forzada por efectos de presión a través del medio filtrante.
- ❖ **Velocidad de filtración:** rápida, lenta o variable. La filtración lenta es aquella que se da a velocidades entre 0,1 y 0,2 m/h, mientras que la filtración rápida se da a velocidades entre 5 y 20 m/h.
- ❖ **Filtración de torta o en profundidad:** la filtración de torta es el proceso en filtros lentos de arena, en lo que sobre la superficie del filtro, se desarrolla una torta filtrante y la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. La filtración en profundidad se produce cuando la mayor parte del espesor del medio filtrante está activo para el proceso de filtración y la calidad del filtro mejora con la profundidad.

2.1.1.4 MECANISMOS DE FILTRACIÓN

En un filtro el agua a ser tratada contiene una variedad muy grande de partículas en suspensión, que podría tener un diámetro desde 1 mm hasta inferiores a 10^{-3} mm; las partículas con un diámetro superior a los espacios del material granular, quedan retenidos en las aberturas que existen en el lecho por medio del mecanismo de cernido; por otro lado aquellas partículas con un diámetro menor que los espacios del material granular entran fácilmente en el material granular logrando así adherirse. Considerando así, que el mecanismo de filtración se produce mediante dos etapas diferentes pero que se complementan:

- ❖ Transporte
- ❖ Adherencia

El transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico, generado especialmente por los parámetros que constituyen la transferencia de masas y la adherencia entre partículas y granos es esencialmente un fenómeno superficial, que intervienen parámetros físicos y químicos.

Los mecanismos que permiten la realización de transporte son:

- ❖ Cernido
- ❖ Sedimentación
- ❖ Intercepción
- ❖ Difusión
- ❖ Impacto inercial
- ❖ Acción hidrodinámica

Los mecanismos que producen la adherencia son:

- ❖ Fuerzas de Van der Waals
- ❖ Fuerzas electroquímicas
- ❖ Puente químico.

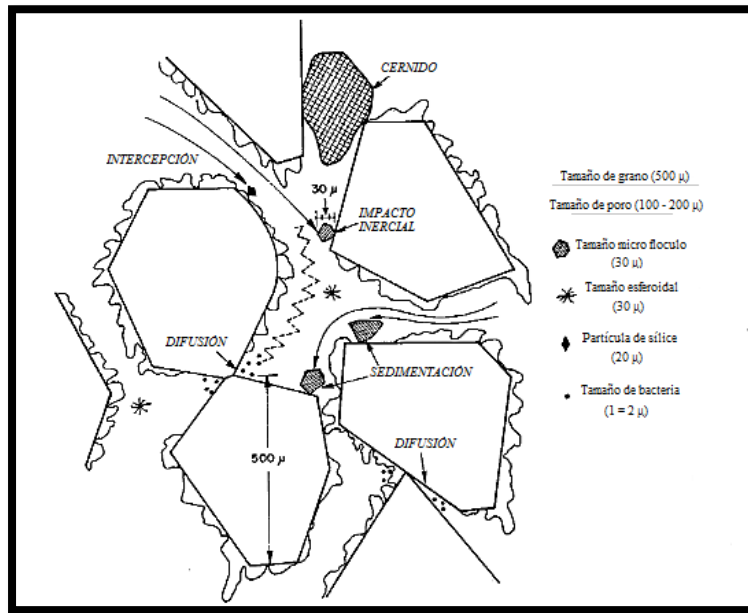
Se debe reiterar que no todos los mecanismos obligatoriamente tienen que intervenir al mismo tiempo y, en algunos casos, el aporte de uno o algunos de ellos en retener el material suspendido es intrascendente.

Los mecanismos que se pueden dar en el proceso de filtración serán descritos a continuación:

2.1.1.4.1 MECANISMO DE TRANSPORTE

Se debe recalcar que pueden actuar diferentes causas para trasladar el material suspendido por medio del material filtrante que dependerá si la filtración se produce en las capas superiores (factor principal en la acción física de cernido) o en la profundidad del material filtrante (menor importancia en la

Figura 2. Diferentes mecanismos que realizan transporte de las partículas



Fuente 2. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 301.

Cernido

Este mecanismo frecuentemente actúa solo en las capas más superficiales del lecho y con partículas que se han capaces de resistir los esfuerzos cortantes generados por el flujo, cuya velocidad aumenta en las constricciones.

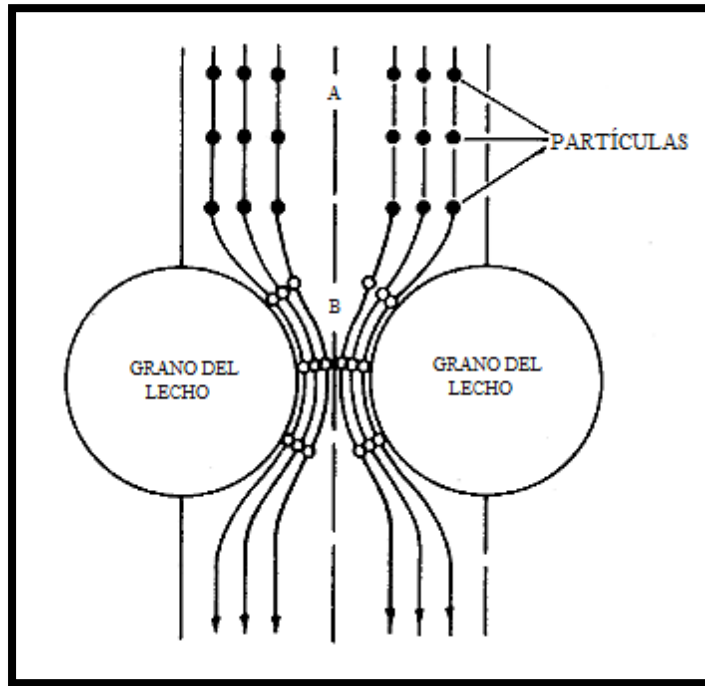
Sedimentación

La sedimentación se consigue con material suspendido relativamente grande y denso, cuya velocidad de sedimentación sea alta y donde el lecho tenga una carga hidráulica baja.

Intercepción

Este mecanismo se genera debido a que la velocidad de escurrimiento es baja y las partículas suspendidas tienen densidades similares a la del agua, por lo que viajan a lo largo de líneas de flujo, generando así que estas partículas se peguen a la cara superior del material filtrante hasta cubrirlo completamente por una capa que va aumentando con el tiempo, generando mayor esfuerzo cortante del fluido el proceso de arrastre de la capa se hace cada vez mayor, con lo que la saturación del medio filtrante avanza en profundidad.

Figura 3, Contacto casual de las partículas con el medio filtrante



Fuente 3. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 303.

Difusión

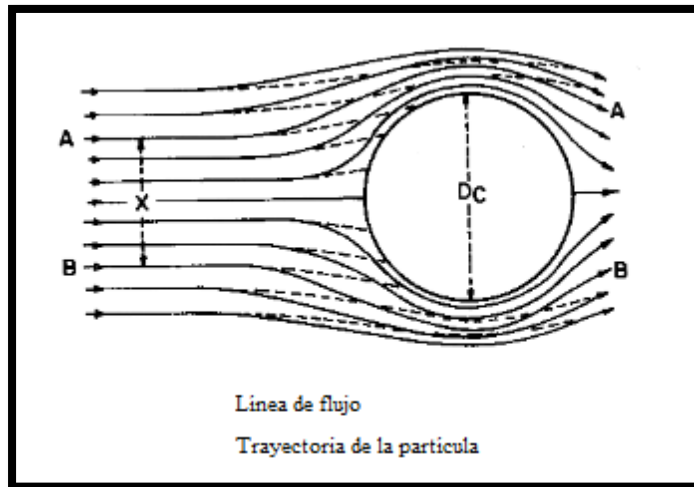
Debido al movimiento browniano, existe una inclinación de las partículas pequeñas a difundirse desde zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración.

Este mecanismo es directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional al diámetro de la partícula del material filtrante.

Impacto inercial

Las líneas de flujo al estar cerca del material granular (grano) se desvían del recorrido normal, mientras tanto las partículas suspendidas poseen una inercia que al ser movidas generan una trayectoria diferente a las líneas de flujo; esto quiere decir que mientras las líneas de flujo se curvan, las partículas pueden continuar con su trayectoria inicial, impulsada por la fuerza de inercia, provoca que choquen con el material granular.

Figura 4. Impacto Inercial



Fuente 4. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría

Acción hidrodinámica

En este mecanismo la partícula suspendida se encontrará en un fluido donde el escurrimiento tiene una gradiente de velocidad constante, generando velocidades tangenciales variables en dirección perpendicular a la del escurrimiento, la acción hidrodinámica podría explicar la remoción de partículas floculentas de tamaño relativamente grande ($\sim 10 \mu\text{m}$).

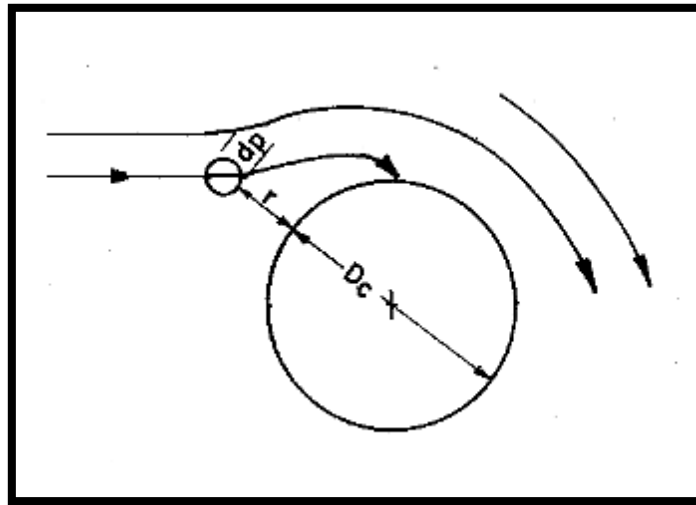
2.1.1.4.2 MECANISMOS DE ADHERENCIA

Se podría decir que la adherencia es un mecanismo puramente físico, pero también contribuyen varios factores químicos y electroquímicos, donde para que exista adherencia entre el material filtrante y la partícula suspendida se deberá conocer las características de la superficie de las partículas suspendidas y el material filtrante.

Fuerzas de Van der Waals

Este mecanismo es el principal responsable de la adhesión de las partículas al material filtrante; el cual tiene una fuerza de adhesión activa que se encuentra desde la superficie del material a una distancia mínima, hallándose un volumen alrededor de cada material filtrante (grano) denominado espacio de adhesión; donde las partículas suspendidas serán atraídas a esta zona para adherirse a la superficie del material filtrando y así logrando removerlas del agua.

Figura 5. Trayectoria de la partícula atraída por las fuerzas de Van der Waals



Fuente 5. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 308.

Fuerzas Electroestáticas

Este mecanismo es una combinación entre las fuerzas electrostáticas y las fuerzas de Van der Waals permitiendo la adsorción entre partículas, para esto se debe conocer la carga eléctrica del material filtrante y de las partículas suspendidas, aconteciendo estas posibles condiciones:

Si el material filtrante es negativo y las partículas positivas va a existir una fuerza de atracción, provocando que al aproximarse las partículas al material filtrante estas sean atraídas y se adhieran.

En cambio, si el material filtrante es negativo y las partículas son neutras, no va a existir una barrera de energía; que en el momento en que tengan contacto se van adherir fácilmente.

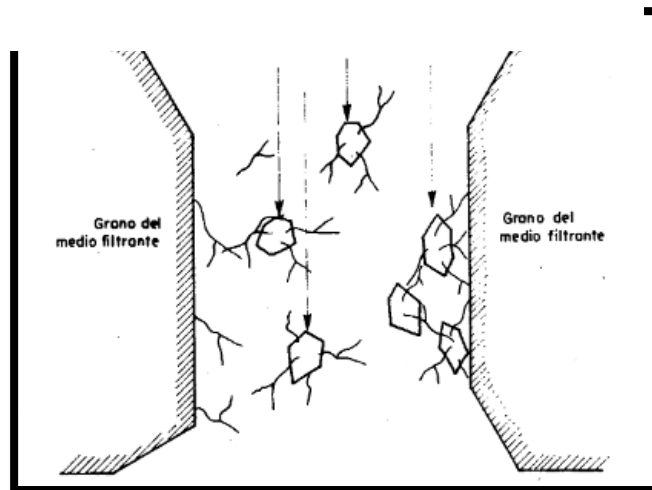
Y cuando el material filtrante y las partículas son negativas, va a existir repulsión, que mediante la ayuda de otros mecanismos la adherencia sería posible, pero con baja efectividad.

Puente Químico

En la superficie de las partículas se generan cadenas de polímeros las cuales dejan segmentos extendidos en el agua, que pueden ser adsorbidos por otras partículas o por

espacios en la superficie del material filtrante quedando de esta forma retenidas al lecho filtrante, es así que mediante el uso de polielectrolitos dosificados en el agua residual se logra aumentar la adhesión de las partículas suspendidas al material filtrante; en este mecanismo no están presentes las fuerzas de Van der Waals y las cargas electrostáticas. [13]

Figura 6. Acción de los polímeros en un medio granular.



Fuente 6. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 309.

2.1.1.5 PARÁMETROS DE LOS BIOFILTROS SOBRE LECHOS ORGÁNICOS.

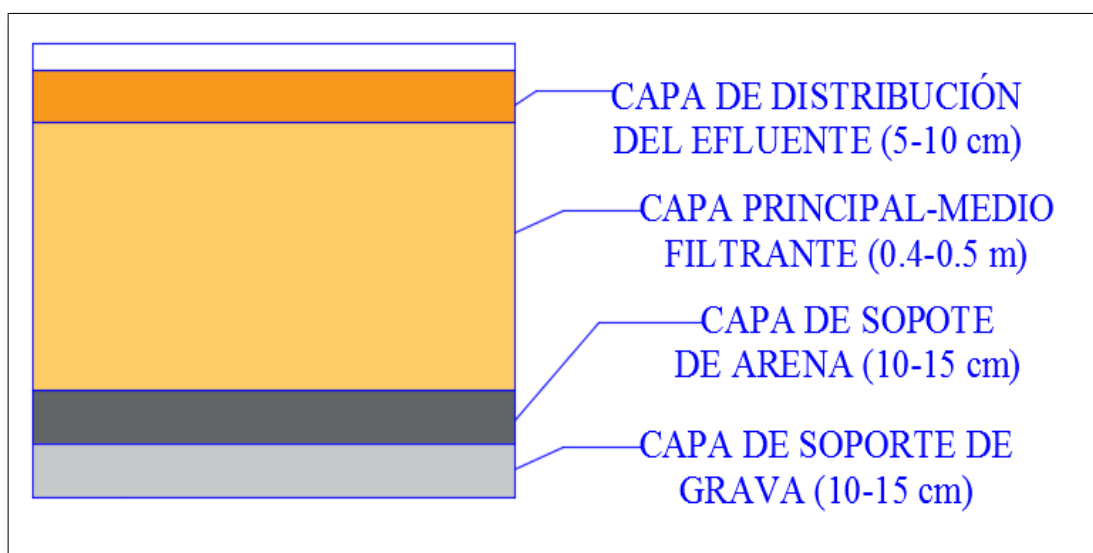
Los biofiltros son sistemas que están compuestos por una capa principal de biofiltración compuestos por materiales de origen biodegradable o de origen biológico 0.5 m y 0.4 m [14]. Los medios de soporte pétreos tendrán un espesor entre 0.10 y 0.15 m. Las copas de para el biofiltro se constituirán de la siguiente manera:

Primera capa: constituida por materiales que permite una distribución uniforme de la entrada del efluente a ser filtrado, puede ser: trozos de madera, fibras vegetales (coco, caña), o virusa etc.

Segunda capa: es la capa principal de filtración, en la cual se realizará los procesos fisicoquímicos que permiten la filtración de los contaminantes. Dichos materiales pueden ser: turba, compost, musgo, hongos etc.

Tercera y cuarta capa: estas capas están constituidas por materiales pétreos, los cual servirán como material de soporte para las capas superiores y como material auxiliar de depuración, pueden ser arena, grava, gravilla respectivamente.

Figura 7. Parámetros del Biofiltro.



Fuente 7. Egdo. Daniel Paredes

2.1.2 TURBA.

Figura 8. Turba.



Fuente 8: www.espores.org

La turba es un material orgánico compuesto de carbohidratos, minerales y un grupo de sustancias identificadas como ácidos húmicos y fúlvicos (humus), entre otros componentes. Es la materia vegetal parcialmente fosilizada, generalmente de color café oscuro, que se forma con poca oxigenación y abundante agua, en lugares donde la velocidad de acumulación de la materia vegetal es más grande que la de descomposición. Es un material complejo, cuyos mayores constituyentes son la lignina y la celulosa [15]. La turba se ha reconocido por poseer una combinación extraordinaria de sustancias químicas y propiedades físicas, tal como la absorción, adsorción y decoloración que ayudan en la remoción de contaminantes. La turba tiene un área superficial $> 200 \text{ m}^2/\text{g}$ y una porosidad de 95%; estas propiedades junto con la adsorción, le confieren la capacidad de ser utilizada como soporte para la formación de biopelícula donde puede ocurrir la degradación microbiana. Además, tiene una alta capacidad de absorción para metales de transición y moléculas orgánicas polares. [16]

2.1.2.1 PROPIEDADES DE LA TURBA.

La principal particularidad de la turba es su capacidad para absorber humedad. Un volumen de turba saturada puede estar constituido hasta por un 98% de agua. Tal capacidad para absorber grandes cantidades de agua se debe a la conformación y estructura celular de las fibras que constituyen gigantescas esponjas con gran capacidad para retener la humedad. Los niveles superficiales están conformados por fibras todavía no alteradas, que mantienen la estructura de los tejidos. Mientras más

profunda está la turbera (lugar de donde se extrae la turba) se incrementa el grado de humificación y la conformación de estructuras coloidales, aumentando la proporción de sólidos y la densidad volumétrica.

2.1.2.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Las características físicas de la turba se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas de la Turba

Contenido de Humedad	40 a 55 %
Densidad	0.12 a 0.5 g/cm ³
Capacidad de absorción hídrica	10 veces su peso seco
Grado de descomposición.	(turba rubia) H 1 - H 4 (turba negra) H 5 a H 6 (humus de turba) H 7 a H 10

Fuente: Liliana García 2005

2.1.2.1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

Algunas observaciones importantes para juzgar la calidad de una turba son su grado de acidez y su contenido en cal (CaO). Se consideran especialmente apropiadas todas las turbas con valores de pH de 3 a 4, si su grado de descomposición está situado de H1 a H4.

Tabla 2. Características químicas de la Turba.

Ph	3.2.a.4
Materia orgánica	85 a 94 %
Cenizas	2 a 6 %
Nitrógeno	0.6 a 2 mg/L
Calcio	6.4 a 9.6 mg/L
Magnesio	4.3 a 9.6 mg/L
Potasio	3 a 5 mg /L
sodio	11 a 15 mg/L

Fuente 9. Liliana García 2005.

2.1.2.2 FILTRO DE TURBA.

Los filtros de turba se basan en hacer pasar agua residual por una capa de turba de entre 40-50 cm de espesor, que está asentado sobre un sistema de drenaje de arena de un espesor de 10-15 cm y grava de 10-15 cm de espesor. En la capa que contiene la turba es donde se realiza el proceso de depuración y el resto de estratos sirven como material de soporte de la turba.

La filtración a través de la turba está estrechamente ligada con la granulometría y porosidad de dicha turba. Las turbas oscuras presentan una granulometría más fina y altos contenidos en calcio y otros elementos minerales que potencian su capacidad de intercambio iónico, mientras que las turbas claras de granulometría más gruesa toleran velocidades de infiltración de aguas mayores, aunque su eficiencia es menor.

Para la depuración de aguas residuales se aprovechan las propiedades de absorción y adsorción de la turba, así como la actividad bacteriana que se desarrolla en su superficie. Se produce por tanto procesos físicos, químicos y biológicos, produciendo los siguientes rendimientos de eliminación: sólidos en suspensión entre el 80-90%, DBO entre 75-85%, DQO entre 70-80%, nitrógeno entre 30-40%, fósforo entre 10-20%. Además, la turba también retiene metales pesados. [17]

Ventajas y desventajas.

Ventajas:

- ❖ Elevado grado de depuración de los vertidos mediante procesos fisicoquímicos, por lo que son muy adecuados para el tratamiento de las aguas residuales generadas en las aglomeraciones con fuertes oscilaciones de población.
- ❖ Tiene una elevada capacidad para absorber elevadas cargas hidráulicas y orgánicas.
- ❖ Buen comportamiento ante bajas temperaturas.
- ❖ Requiere de poca superficie para su implantación.
- ❖ Sencillez de operación.
- ❖ Bajos costos de explotación y mantenimiento.

- ❖ Las labores de mantenimiento son sencillas (rastrillado), por lo que no necesita de personal calificado.
- ❖ El sistema puede operar sin consumo energético, en el caso de que las aguas lleguen al sistema por gravedad.
- ❖ Inexistencia de averías por carecer de equipos mecánicos.
- ❖ No se producen lodos, sino una costra que es de fácil manipulación.
- ❖ Escasos impactos ambientales (ausencia de ruido, ausencia de olores, escaso impacto visual).
- ❖ Alta descontaminación bacteriana.

2.1.3 AGUA RESIDUAL.

El agua residual es aquella que por el uso de las actividades humanas: domésticas, comerciales, industriales, etc.; contienen grandes cantidades de sustancias y microorganismos [18], que representan un peligro y deben ser tratadas de una manera adecuada, para ser depositadas en las masas hídricas.

De acuerdo a sus orígenes las aguas residuales pueden ser de diferentes tipos:

- ❖ *Aguas residuales domésticas o aguas negras:* proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- ❖ *Aguas blancas:* pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
- ❖ *Aguas residuales industriales:* proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
- ❖ *Aguas residuales agrícolas:* procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

2.1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La expresión de las características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico; sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y de un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados [19] .

2.1.3.2 CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES [20].

Las características del agua residual se pueden dividir en físicas, químicas y microbiológicas. Una de las más importantes son los **sólidos totales** que se definen como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de entre 103 y 105 C°. Los sólidos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de un período de 60 minutos se denomina **sólidos sedimentables**, se expresan en ml/L, constituye una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

Los sólidos totales pueden dividirse en filtrables y no filtrables (sólidos en suspensión). Cada una de estas categorías puede ser, a su vez, dividida en función de su volatilidad a 550 +- 50 C°. A esta temperatura la fracción orgánica se oxida y desaparece en forma de gas (sólidos volátiles), quedando la fracción inorgánica en forma de ceniza (sólidos fijos).

2.1.3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Los olores.

Se deben a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable; mientras que las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento.

La temperatura

Suele ser más elevada que la del agua de suministro debido a la incorporación de agua caliente procedente de diferentes usos industriales. Es un parámetro muy importante dada su influencia en el desarrollo de la vida acuática, como sobre las reacciones químicas y su velocidad de reacción; por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría.

Ph

Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno. Aguas residuales en concentración adversa del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de la fuente receptora y eventualmente son fatales para los microorganismos.

Aguas con pH menor de 6, en tratamiento biológico favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias, el pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5.

El color

Término referido a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y olor. El agua residual es desagradable en su apariencia y en extremo peligrosos, su contenido, principalmente debido al elevado número de organismos patógenos (virus, bacterias, etc.) causantes de enfermedades.

La turbiedad

Se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. No obstante, si están razonablemente ligados la turbiedad y los sólidos en suspensión en el caso de efluentes procedentes de la decantación secundaria en el proceso de fangos activado.

2.1.3.2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS [21].

❖ Materia Orgánica

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y el 40% de los sólidos filtrables de un agua residual son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos se forman por las combinaciones de carbono, hidrógeno, oxígeno en presencia de nitrógeno y en pocos casos pueden estar también presentes el azufre, fósforo y hierro. Los componentes orgánicos constituyen las proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%), grasas y aceites (8-12%) (13).

❖ Grasas y Aceites

Se define como sustancias solubles en hexano, cuando el ensayo se realiza por extracción con hexano. Los aceites y grasas de origen vegetal y animal son comúnmente biodegradables y, aún en forma emulsificada, pueden tratarse en plantas de tratamiento biológico, sin embargo, cargas altas de grasas como las provenientes de mataderos, frigoríficos, lavanderías y otras industrias causan serios problemas de mantenimiento en las plantas de tratamiento.

❖ **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas. La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

La oxidación bioquímica es un proceso lento que requiere, matemáticamente, un tiempo infinito para su culminación.

❖ **Demanda química de oxígeno**

La demanda química de oxígeno se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata.

Compuestos inorgánicos que interfieren en el ensayo, como los cloruros pueden provocar datos erróneos.

La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica y se puede realizar solo en tres horas.

❖ **Oxígeno disuelto**

Gas de baja solubilidad en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces oscila entre 7 mg/L a 35 grados centígrados y 14,6 mg/L a 0 grados centígrados para presión de 1 atm. La baja disponibilidad de oxígeno disuelto limita la capacidad auto purificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su disposición en ríos y embalses. La concentración de saturación de OD es función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la salinidad del agua. La determinación de OD es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua. En general todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0,5 mg/L. El suministro de oxígeno y las concentraciones de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de la mayor importancia en el diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

❖ **Detergentes**

Los detergentes, agentes tenso activos, son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceites, que tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en los que se hallan disueltos.

❖ **Alcalinidad**

La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad de neutralizar ácidos. Las aguas residuales domésticas son generalmente alcalinas, concentraciones de 50 – 200 mg/L- son comunes. La alcalinidad puede generarse por hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio, siendo la causa más común los bicarbonatos de calcio y magnesio. Su capacidad para neutralizar ácidos y prevenir cambios bruscos de pH lo hacen importante en el tratamiento químico de aguas residuales, en los procesos de remoción biológica de nutrientes, de amoníaco y en tratamientos anaeróbicos. 3 CaCO_3

❖ **Cloruros**

Son comunes en aguas residuales pues la contribución diaria por persona es 6 a 9 gramos. Concentraciones altas pueden causar problemas de calidad del agua para riego y de sabor en aguas para reúso.

En aguas residuales domésticas crudas la concentración de cloruros oscila entre 30 y 200 mg/L. Los cloruros interfieren en el ensayo de la DQO y determinación también

sirve para controlar la polución marina y la tasa de bombeo en acuíferos costeros. Los cloruros en concentraciones mayores a 15.000 mg/L son considerados tóxicos para el tratamiento biológico convencional. 27

❖ Metales pesados

Entre los elementos pesados se incluyen la plata, bario, cadmio, cromo, cobre, cobalto, níquel, plomo, zinc, hierro, mercurio, titanio, vanadio, molibdeno y manganeso.

Los metales pesados, en altas concentraciones, son todos tóxicos, aunque alguno de ellos, como el cobre, zinc y molibdeno, son esenciales a los organismos vivos. El mercurio, cadmio y plomo son, en general son tóxicos y reciben gran atención por ser elementos que se magnifican biológicamente, en el medio natural, a través de la cadena alimenticia. Especial interés recibe la descarga del mercurio metálico, en algunos procesos de fabricación de cloro, por su conversión en metil-mercurio, concentración en peces y transmisión a los seres humanos, con graves efectos sobre la salud.

Algunos residuos industriales pueden contener concentraciones apreciables de metales pesados y requerir pre tratamiento para permitir su descarga al alcantarillado municipal y posterior tratamiento conjunto con las aguas municipales.

❖ Sulfuros

Las bacterias anaeróbicas reductoras de sulfatos utilizan el oxígeno de los sulfatos y producen ácido sulfhídrico. En las alcantarillas el ácido sulfhídrico es oxidado por las películas microbiales formadas en las paredes de los tubos, en sulfuros o en ácido sulfúrico. El proceso de corrosión por ácido sulfúrico en estaciones de bombeo y plantas de tratamiento es similar. En digestores de lodos y en tratamiento anaeróbico la inhibición de metales pesados, al enlazarlos y precipitarlos como sulfuros, es importante. Los problemas de olor por ácido sulfúrico ocurren a valores de pH menor de ocho cuando la forma predominante del sulfuro es la no ionizada de ácido sulfúrico. A pH mayor de ocho no se presentan problemas de olores por sulfuros.

2.1.3.3 AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS.

La industria textil es una de las industrias más consumistas de agua, ya que requiere un promedio de 80 litros de agua por prenda procesada, esto se ve reflejado en la gran generación de agua residual.

El proceso de elaboración de productos textiles consiste de una gran número de operaciones unitarias de diversas materias primas, como algodón, lana, fibras sintéticas, o mezclas de ellas. El impacto ambiental de sus efluentes líquidos es alto, por la gran variedad de materias primas, reactivos y sustancias químicas tóxicas utilizadas en el proceso de producción.

En general, las corrientes de agua de descarga provienen principalmente del desengomado (15%), desgrude y mercerizado (20%) y del blanqueo, teñido y lavado (65%). El mayor aporte de la carga orgánica proveniente de la etapa del desengomado que aporta alrededor del 50% del total de la DBO.

Los procesos de la industria textil no liberan grandes cantidades de metales, sin embargo, aun las pequeñas concentraciones involucradas pueden producir acumulación en los tejidos de animales acuáticos.

Los colorantes textiles tienen gran persistencia en el ambiente, y los métodos de eliminación clásicos no son útiles debido a que oxidaciones o reducciones parciales pueden generar productos secundarios tóxicos.

Una gran proporción de los colorantes no son directamente tóxicos para los organismos vivos; sin embargo, la fuerte coloración que imparten a los medios de descarga puede llegar a suprimir los procesos fotosintéticos, por lo que su presencia debe ser controlada.

En general, las moléculas de los colorantes utilizados en la actualidad son de estructuras muy variadas y complejas.

La mayoría de ellos son de origen sintético, muy solubles en agua, altamente resistentes a la acción de agentes químicos y poco biodegradables [22].

2.1.4 LAVADO Y TINTURADO DEL JEAN.

Las lavanderías del jean tienen como objetivo darle un acabado diferente al producto final para mejorar su contextura, apariencia y diseño, además que se pueden modificar

los colores de los Jeans.

El trabajo de las lavanderías industriales empieza con la recepción de las prendas crudas donde todo se las examina con el fin de detectar y eliminar los posibles defectos de la prenda antes de ser enviada a proceso de lavado.

Los pantalones son ingresados en las lavadoras industriales donde su tiempo de permanencia dependerá del tipo de acabado que se requiera para lo cual se debe inspeccionar cada determinado tiempo y observar que el desgaste sea el adecuado, además, se debe verificar si el detergente y enjuague son óptimos.

El proceso en si pasa por varias etapas que son el desengomado para eliminar las posibles gomas de las prendas y que penetre bien los colores en la etapa de teñido.

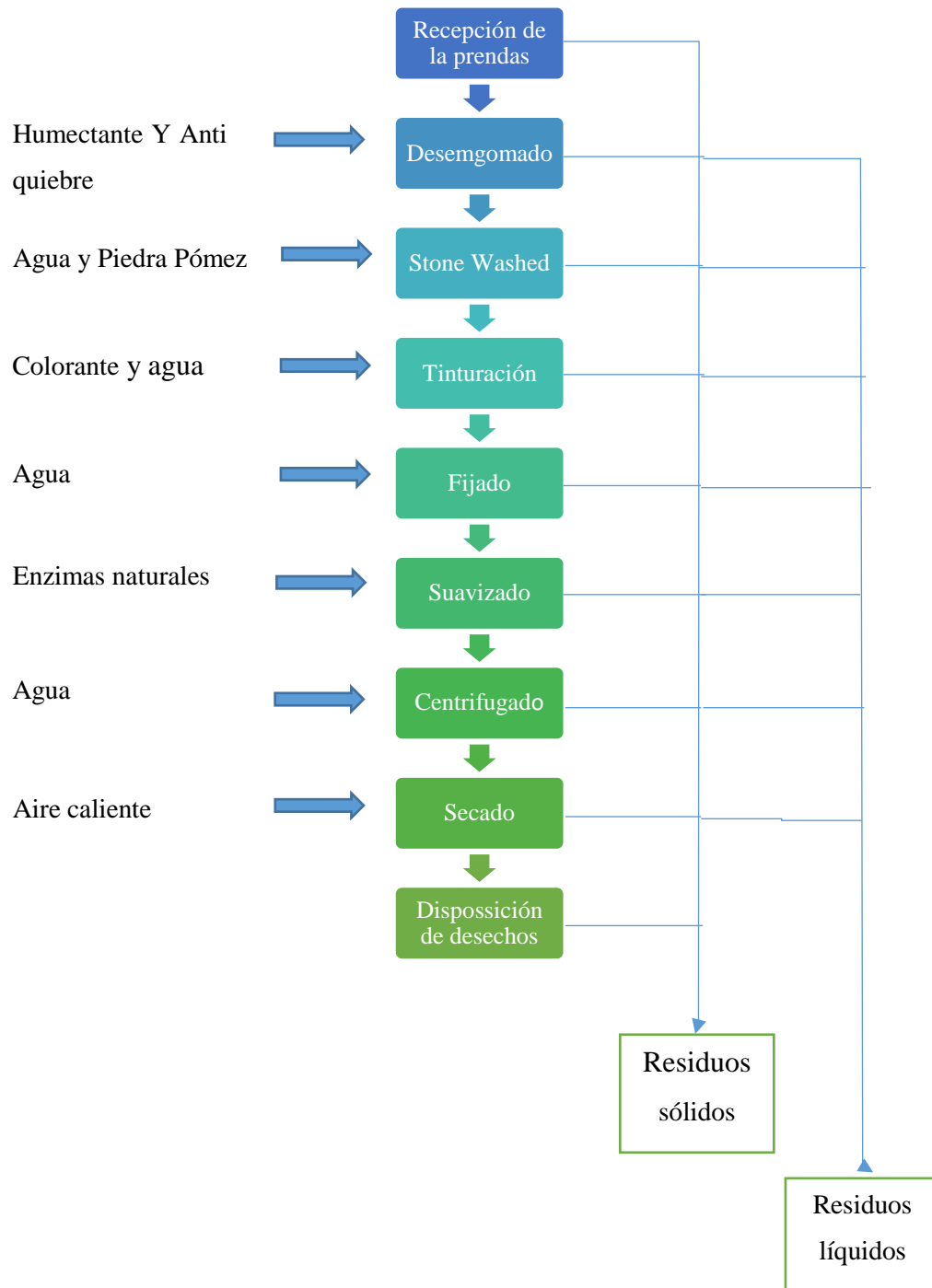
Seguido se le añade una base para saponificar las grasas y las prendas queden crudas para un mejor teñido. También se le agrega un peróxido para oxidar toda sustancia química resultante.

Para dar los últimos pasos del proceso se realiza el teñido, en caso de ser requerido, y se aplica suavizantes para darle un acabado de excelente calidad.

Finalmente se lleva el jean a una centrifugadora para escurrir la humedad y separar los sólidos o residuos de las prendas, se secan para eliminar la humedad que haya quedado y se los plancha a presión para homogenizar el Jean.

2.1.4.1 PROCESO DE LAVADO DE JEANS.

Es un proceso en el cual se le da el terminado característico del jean el cual tiene el siguiente proceso.



Fuente 10. Egdo. Daniel Paredes

2.1.5 EFICIENCIA DE REMOCIÓN [23].

La eficiencia de un sistema de filtración está determinada de acuerdo al grado de remoción de los contaminantes que se encuentran presentes en el agua residual. Se debe considerar los valores de contaminantes previo a la biofiltración y posterior a esta, y así determinar en qué porcentaje disminuyen las cargas contaminantes del parámetro a considerar. Se debe considerar que la eficiencia es un buen parámetro para establecer los criterios necesarios, para así de terminar cuan bueno es un sistema de tratamiento.

2.1.5.1 EFICIENCIA DE REMOCIÓN ST (SÓLIDOS TOTALES).

La eficiencia de la biofiltración (EF) de los sólidos totales viene dado por la diferencia de carga previa a la biofiltración menos la carga posterior a la biofiltración, dividido para la carga previo a la biofiltración, multiplicada por 100 como se indica en la fórmula:

$$EF = \left(\frac{STe - STs}{STe} \right) * 100$$

Donde;

EF= eficiencia de filtración (%).

STe= Sólidos Totales previo a la biofiltración

STs= Sólidos Totales posterior a la biofiltración. [24]

2.1.5.2 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DQO.

Para determinar la eficiencia de la demanda química de oxígeno se debe considerar el valor de la demanda química de oxígeno antes de la biofiltración y posterior a la biofiltración, se la debe calcular con la siguiente formula:

$$EF = \left(\frac{DQOe - DQOs}{DQOe} \right) * 100$$

Donde;

EF= eficiencia de filtración (%).

DQOe= Demanda química de Oxígeno previa a la biofiltración.

DQOs= Demanda química de Oxígeno posterior a la biofiltración.

2.1.5.3 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DBO5.

$$EF = \left(\frac{DBO_{5e} - DBO_{5s}}{DBO_{5e}} \right) * 100 \quad \text{donde;}$$

EF= eficiencia de filtración (%).

DBO_{5e}= Demanda bioquímica de Oxígeno previo a la biofiltración

DBO_{5s}= Demanda bioquímica de Oxígeno posterior a la biofiltración.

2.2 HIPÓTESIS.

La biofiltración sobre cama de turba ayuda a disminuir los contaminantes que se encuentran en el agua residual proveniente del lavado de Jeans.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

La biofiltración sobre cama de turba.

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Disminución de los contaminantes que se encuentran en el agua proveniente del lavado de Jeans.

3 CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA.

3.1 NIVELES O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1 NIVELES DE INVESTIGACIÓN.

- ❖ *Nivel Exploratorio:* se aplica con el fin de obtener un primer conocimiento de la situación actual y después hacer un análisis con los resultados obtenidos, de la eficiencia para tratar aguas residuales provenientes de lavado Jeans mediante el uso de Turba.
- ❖ *Nivel Descriptivo:* se aplica para identificar los efectos que tiene la turba para el tratamiento del agua residual proveniente del lavado de Jeans.
- ❖ *Nivel explicativo:* se podrá identificar las causas de cada efecto o fenómeno que se haya producido.

3.1.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.

El presente proyecto de investigación es un proyecto experimental, donde mediante el análisis de agua residuales en un laboratorio, se pretende determinar cómo es el funcionamiento del biofiltro sobre cama de turba, y su eficiencia para tratar el agua residual proveniente del lavado de Jeans, al analizar parámetros físicos-químicos del agua como es DBO₅, DQO, ST y color.

3.2 POBLACIÓN.

Para definir el número total de ensayos, se realizó una consulta documental en base a la experiencia de investigaciones previas. Se pudo determinar que la eficiencia del filtro empieza a manifestarse a partir de los 30 días [25], se realizará la toma de muestra para los ensayos de laboratorio dos veces por semana cada 4 días por un periodo de 36 días y diez muestras para el análisis.

3.2.1 MUESTRA.

Para el cálculo del tamaño de la muestra, se procedió usar el 4% de error, considerando la variabilidad de las condiciones de ensayo de la columna de biofiltración.

Calculo de la población:

$$n = \frac{m}{e^2(m - 1) + 1}$$

Donde:

n= Muestra

e= Error admisible.

m= Población o Universo.

$$n = \frac{10}{0.04^2(11 - 1) + 1}$$

$$n = 9.58 \approx 10 \text{ muestras.}$$

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 3. V.I. Biofiltración sobre cama de turba.

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La biofiltración sobre cama de turba es una tecnología no convencional, la cual se basa en hacer pasar el agua residual por un lecho de turba. Es en este lecho de turba donde se realiza la acción depuradora mientras que el resto de los estratos (arena, grava) empleados se usan como soporte de las capas superiores.</p>	<p>Biofiltración sobre cama de turba.</p>	<p>Columna de biofiltración.</p>	<p>¿Cuáles es el funcionamiento de una columna de biofiltración?</p>	<p>Observación de campo Cuaderno de nota.</p>
		<p>Medio filtrante orgánico.</p>	<p>¿Cuál es la eficiencia del medio filtrante?</p>	<p>Ensayos de laboratorio Cuaderno e notas</p>
	<p>Acción Depuradora</p>	<p>Estabilización de depuración del biofiltro</p>	<p>¿Cómo afectara la estabilización del biofiltro en la depuración del biofiltro en los parámetros en estudio?</p>	<p>Cuaderno de notas Análisis comparativo</p>

Fuente 11. Egdo. Daniel Paredes.

Tabla 4. VD. Disminución de los contaminantes que se encuentran en el agua residual proveniente del lavado de Jeans

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS
<p>La disminución de contaminantes se logra mediante la retención de los contaminantes en el medio filtrante, a través procesos físicos y químicos propios de un filtro.</p>	<p>Retención de contaminantes.</p> <p>Procesos físicos y químicos.</p>	<p>Porosidad</p> <p>Decoloración</p> <p>Adsorción</p> <p>Absorción.</p>	<p>¿Cuál es el grado de porosidad de la turba?</p> <p>¿En qué intensidad variara la coloración del agua proveniente del lavado de Jeans posterior a la biofiltración?</p> <p>¿Cómo la adsorción ayudará disminuir los contaminantes en el agua residual proveniente del lavado de Jeans??</p> <p>¿Cómo la absorción ayudará a disminuir los contaminantes en el agua residual proveniente del lavado de Jeans?</p>	<p>Bibliográfica.</p> <p>Observación de campo Cuaderno de notas.</p> <p>Observación de campo Cuaderno de notas</p> <p>Observación de campo. Cuaderno de notas</p>

Fuente 12.Egdo. Daniel Paredes

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Tabla 5. Recolección de Información

Preguntas	Explicación
1. ¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none">- Analizar la eficiencia en el tratamiento del agua residual proveniente del lavado de Jeans mediante la biofiltración sobre cama de turba.- Establecer parámetros de diseño, mediante la biofiltración sobre cama de turba, para agua residuales provenientes del lavado de Jeans.
2. ¿De qué objetos?	<ul style="list-style-type: none">- Agua residual proveniente del lavado de Jeans.
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none">- Propiedades físico-química del agua residual provenientes del lavado de Jeans (DQO, DBO₅, SST).
4. ¿Quién?	<ul style="list-style-type: none">- Egr. Daniel Alejandro Paredes Paredes.- Ing. Fabián Morales, Msc
5. ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none">- Laboratorio de Agua Residuales “Lacquanálisis S.A.”
6. ¿Cómo y con qué?	<ul style="list-style-type: none">- Mediante ensayos de laboratorio análisis físicos químicos (DBO, DQO₅, SST), y determinación subjetiva del color de las aguas residuales provenientes del lavado de Jeans.- Investigación bibliográfica en artículos científicos e investigaciones previas.

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

Se procederá establecer el siguiente plan, para el procesamiento y análisis de la información recolectada:

- ❖ Se realizará una encuesta para determinar los días de mayor demanda de trabajo en la lavadora, para poder realizar el muestreo de una manera más adecuada.
- ❖ Se tomará una muestra para determinar los parámetros de agua residual antes de la biofiltración, así poder realizar el análisis.
- ❖ Se procederá a tomar el agua residual de lavadora, se filtrada en un tiempo no mayor a una hora, para no variar las características.
- ❖ Se determinará la coloración antes del biofiltrado, y posterior al biofiltrado para establecer la eficiencia en el cambio de color del agua residual luego de la biofiltración.
- ❖ Después del biofiltrado se tomará una muestra con un volumen lo suficientemente adecuado para que se puedan realizar los análisis, se considera 1 litro como volumen de muestra.
- ❖ Mediante una base de datos con los resultados de laboratorio obtenidos se procederá, realizar los análisis correspondientes para determinar la eficiencia de remoción para cada parámetro en análisis.

4 CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.

Tabla 6. Resumen de parámetros físicos químico después de la biofiltración vs TULSMA

N°	Días de filtración	DQO (mg/L)	Lím.Max DQO	ST (mg/L)	Lím. Max ST	DBO5 (mg/L)	Lím. Max DBO5
1	1	995	500	1411	1600	647	250
2	4	1381	500	2644	1600	898	250
3	8	1087	500	3311	1600	707	250
4	12	1319	500	3614	1600	857	250
5	16	778	500	2786	1600	506	250
6	20	479	500	968	1600	311	250
7	24	463	500	957	1600	298	250
8	28	467	500	960	1600	286	250
9	32	378	500	846	1600	243	250
10	36	329	500	736	1600	256	250

Fuente 13. Egdo. Daniel Paredes

Tabla 7. Cuadro comparativo de DQO, posterior a la biofiltración del Agua residual proveniente del lavado de Jeans

N°	Día de Filtración	DQO(mg/L) Sin filtrar	DQO Filtrado (mg/L)	Lím Máx TULSMA
1	1	1620	995	500
2	4	1620	1381	500
3	8	1620	1087	500
4	12	1620	1319	500
5	16	1620	778	500
6	20	1620	479	500
7	24	1620	463	500
8	28	1620	467	500
9	32	1620	378	500
10	36	1620	329	500

Fuente 14. Egdo. Daniel Paredes

Resultados obtenidos en 36 días de biofiltración, donde se observa que en la primera filtración se logró remover el DQO, en los días 4 al 16 se observa un remoción leve del DQO causado por la estabilización del biofiltro y por retención inadecuada del agua residual de 12 horas en la filtración; en los posteriores días donde se realizó una filtración continua (sin retención) y con el filtro ya estabilizado, se observa una disminución considerable del DQO llegando a niveles menores a los establecidos en la tabla 11 del, Anexo 1, Libro VI del TULSMA.

Tabla 8. Cuadro comparativo de ST, posterior a la biofiltración del Agua residual proveniente del lavado de Jeans

N°	Día de Filtración	ST (mg/L) Sin filtrar	ST Filtrado (mg/L)	Lím. Máx TULSMA
1	1	1725	1411	1600
2	4	1725	2644	1600
3	8	1725	3311	1600
4	12	1725	3614	1600
5	16	1725	2786	1600
6	20	1725	968	1600
7	24	1725	957	1600
8	28	1725	960	1600
9	32	1725	846	1600
10	36	1725	736	1600

Fuente 15. Egdo Daniel Paredes

En la variación de los sólidos se ve un comportamiento similar al DQO. El primer día de filtración se logró remover gran cantidad de ST; sin embargo, en los días 4 al 16 se observa un incremento considerable de los ST, debido a la estabilización del filtro, la retención de 24 horas del agua residual y principalmente por la carga de macropartículas presentes en la turba y la piedra pómez usadas como medios filtrantes. Posterior a los 16 días se observa una disminución paulatina de los ST, llegando los 36 días a un valor más bajo que del límite máximo según el TULSMA Libro VI anexo 1 Tabla 8.

Tabla 9. Cuadro comparativo del DBO₅, posterior a la biofiltración del agua residual proveniente del lavado de Jeans.

N°	Día de Filtración	DBO₅ (mg/L) Sin filtrar	DBO₅ Filtrado (mg/L)	Lím Máx TULSMA
1	1	1035	647	250
2	4	1035	898	250
3	8	1035	707	250
4	12	1035	857	250
5	16	1035	506	250
6	20	1035	311	250
7	24	1035	298	250
8	28	1035	286	250
9	32	1035	243	250
10	36	1035	256	250

Fuente 16. Egdo. Daniel Paredes

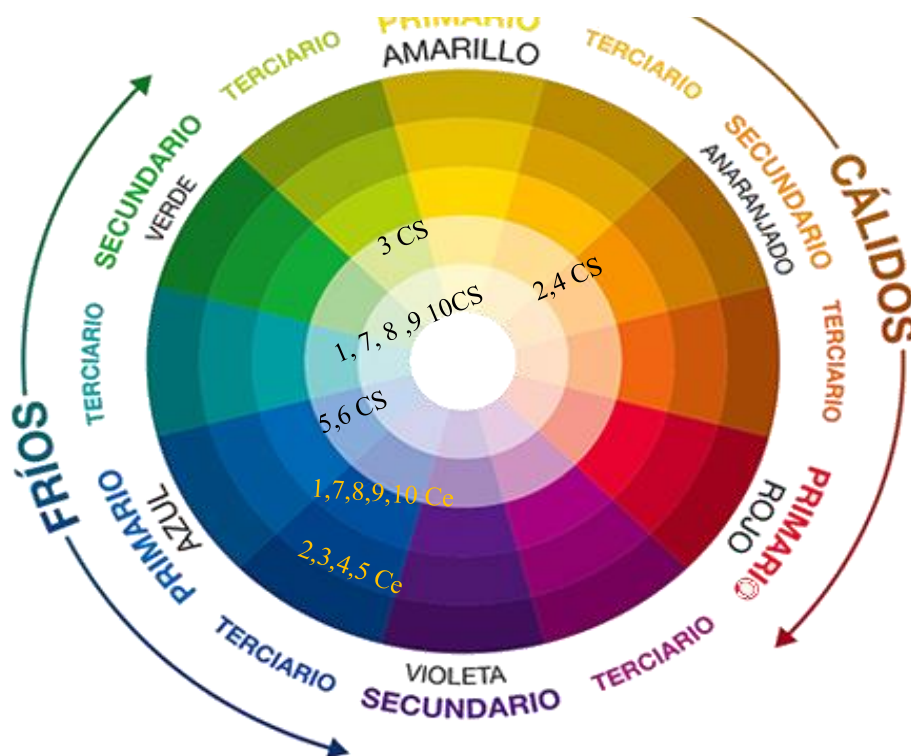
Con los resultados obtenidos del DBO₅ se observa que en la primar a filtración existe remoción DBO₅, en los días del 4 al 12 se observa una menor remoción causada por la estabilización del biofiltro y por la retención de 24 horas del agua residual. A partir del día 16 hasta el día 36 se observa una disminución paulatina del DBO₅, llegando a valores permisibles por el TULSMA.

Tabla 10. Variación del color durante la biofiltración.

N°	Días de filtración	Color de Entrada Ce	Color de Salida Cs
1	1	Azul Marino	Celeste Opaco
2	4	Azul Oscuro	Marrón
3	8	Azul Oscuro	Verde
4	12	Azul Oscuro	Marrón
5	16	Azul Oscuro	Celeste
6	20	Azul Marino	Celeste
7	24	Azul Marino	Celeste Opaco
8	28	Azul Marino	Celeste Opaco
9	32	Azul Marino	Celeste Opaco
10	36	Azul Marino	Celeste Opaco

Fuente 17. Egdo. Daniel Paredes

Figura 9. Esquema de Colores



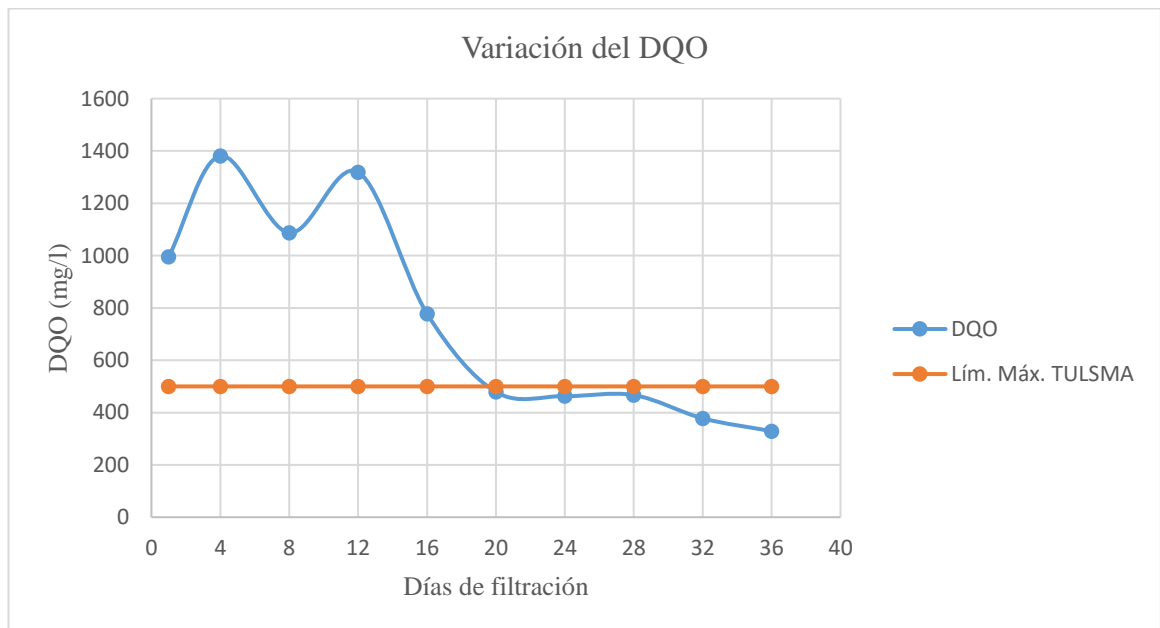
Fuente 18. <http://pintordeplomo.es>

Con los resultados obtenidos mediante observación, se puede determinar de una manera visual como el color de las muestras analizadas, varían considerablemente. La variación del color, cambia considerablemente en las muestras analizadas previo a la biofiltración y posterior a ella. Con lo cual se la variación de color fue positiva pasando de colores oscuros a colores claros casi transparente, y con indicios subjetivos pero valedero para demostrar que la turba es un material muy eficiente para el tratamiento de agua residual proveniente del lavado de Jeans

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

4.2.1 COMPARACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS, CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE SEGÚN EL TULSMA. TABLA 11, ANEXO 1, LIBRO VI

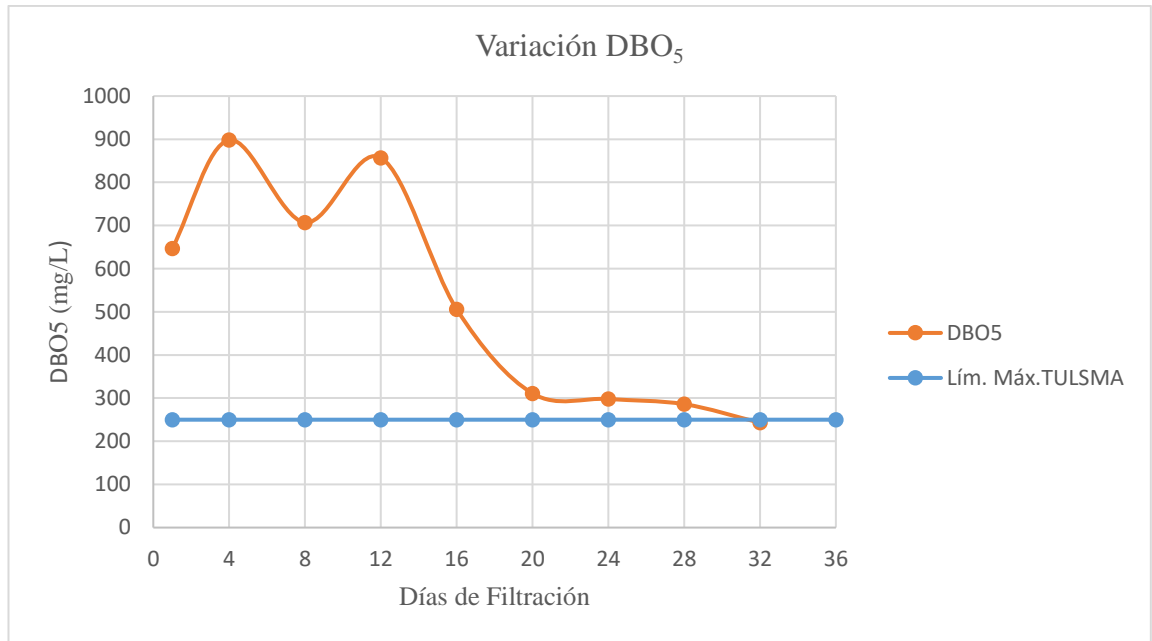
Gráfico 1. Comparación del DQO, con el límite máximo según TULSMA



Fuente 19. Egdo. Daniel Paredes

Los resultados obtenidos permiten realizar un análisis comparativo con los límites máximos permisibles por el TUSLMA; donde se observa que en los primeros días en que el biofiltro se encontraba en estabilización, los valores obtenidos son mayores al límite permitido llegando a triplicar los valores del DQO. Posterior a los 16 días, específicamente a los 20 días de biofiltrado se nota una disminución considerable del DQO llegando a estar muy por debajo de los límites permisibles según el TULSMA:

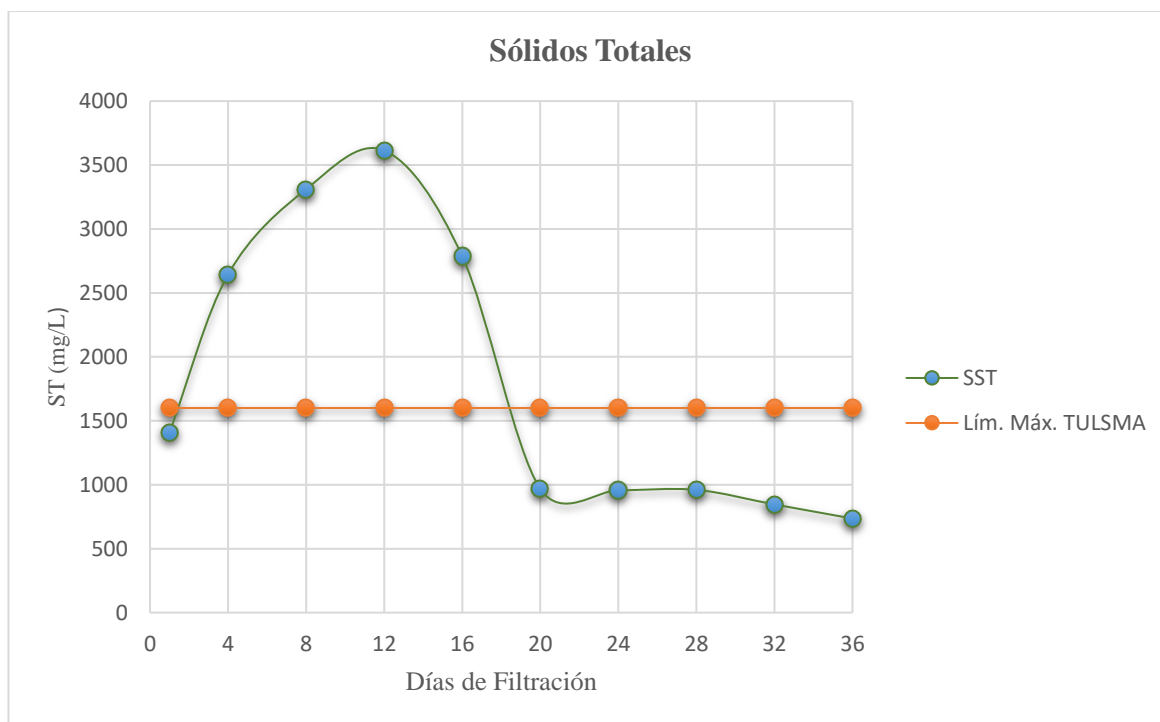
Gráfico 2. Comparación del DBO₅, con el límite máximo según TULSMA



Fuente 20. Egdo. Daniel Paredes

Los resultados obtenidos en el laboratorio del parámetro DBO₅ varían de una manera semejante al anterior parámetro analizado, con lo que podemos realizar una comparación semejante. En los primeros 16 días de biofiltración los valores del DBO₅ son mayores a los límites máximos permisible, que superan en un 50% los valores máximos. Posterior a los 20 días de biofiltración este valor tiende a disminuir paulatinamente llegando a valores equivalente a los limites máximo permisible.

Gráfico 3. Comparación de ST, con el Límite Máximo según TULSMA.



Fuente 21. Egdo. Daniel Paredes

Los resultados obtenidos del análisis de Sólidos Totales, nos permite realizar una comparación más detallada con respecto al límite máximo permisible. Al igual que en los anteriores parámetros de estudiados en los primeros días de biofiltrado se observa un incremento significativo de dichos valores, pero cabe destacar que el aumento de este parámetro lo que más contribuyó a su incremento fue las micro partículas presentes en la TURBA y la piedra pómez, que con los sólidos totales del agua residual proveniente del lavado de Jeans provocó un aumento considerable, y por ende valores muy superiores a los límites permitidos por el TULSMA. En los siguientes días y con el biofiltro ya estabilizado empieza a disminuir la concentración de sólidos totales llegando a valores mucho menores a los establecidos por los límites máximos permisible.

4.2.2 ANÁLISIS Y CÁLCULO DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS

Análisis y cálculo de la eficiencia de remoción del biofiltro sobre cama de turba de los parámetros DQO, DBO₅, ST. Dicho análisis permitirá establecer que tan eficiente es la turba en cuanto a la depuración del agua residual del lavado de Jeans.

4.2.2.1 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL DQO.

Usando la fórmula:

$$EF = \left(\frac{DQOe - DQOs}{DQOe} \right) * 100$$

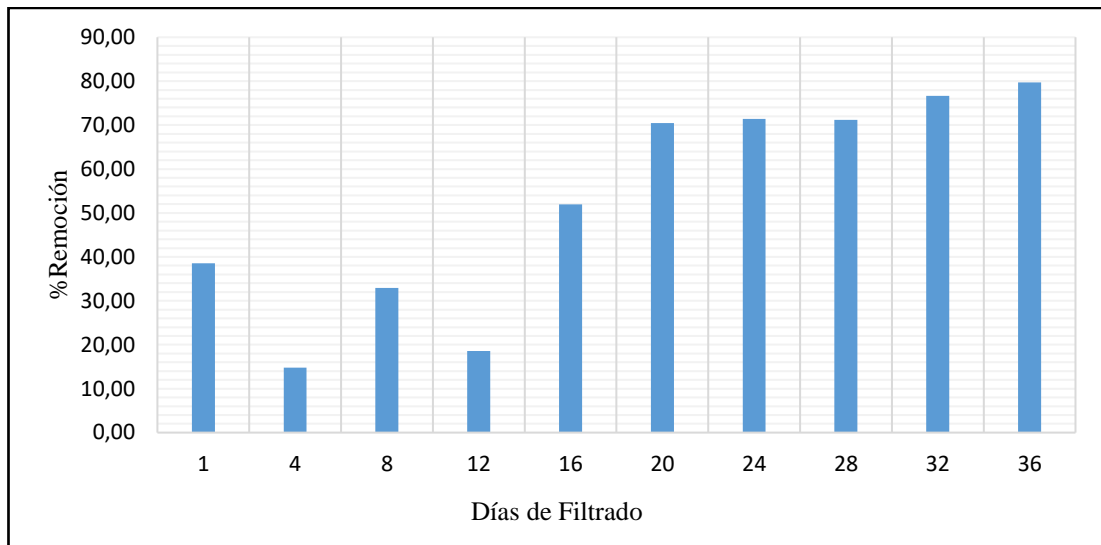
Se han obtenido los porcentajes de remoción a lo largo de un mes de análisis, donde se observa la variación de los porcentajes de remoción.

Tabla 11. Tabla de eficiencia de remoción durante un periodo de tiempo.

N° Muestra	Días de Muestreo	%Eficiencia de Remoción
1	1	38,58
2	4	14,75
3	8	32,90
4	12	18,58
5	16	51,98
6	20	70,43
7	24	71,42
8	28	71,17
9	32	76,67
10	36	79,69

Fuente 22. Egdo. Daniel Paredes

Gráfico 4. % Eficiencia de Remoción del DQO



Fuente 23. Egdo. Daniel Paredes

Realizando un análisis de los porcentajes de la eficiencia de remoción que el biofiltro presenta a lo largo del tiempo de estudio, se observa que en los primeros 12 días de biofiltración la eficiencia del filtro fue baja con porcentajes de 38.59%, 14.75%, 32.90%, 18.59 %; ya que, en este tiempo se producía una estabilización de las propiedades de depuración de la turba (adsorción, absorción, intercambio iónico, porosidad). Posterior a los 15 días de biofiltración y con el biofiltro estabilizado, se observa mayores porcentajes de remoción del DQO, con valores de: 51.98%, 70.43%, 71.42%, 71.17%, 76.67%, 76.69%.

4.2.2.2 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL DBO₅.

Usando la siguiente fórmula obtendremos los valores de remoción del parámetro en biológico en estudio.

$$EF = \left(\frac{DBO_{5e} - DBO_{5s}}{DBO_{5e}} \right) * 100$$

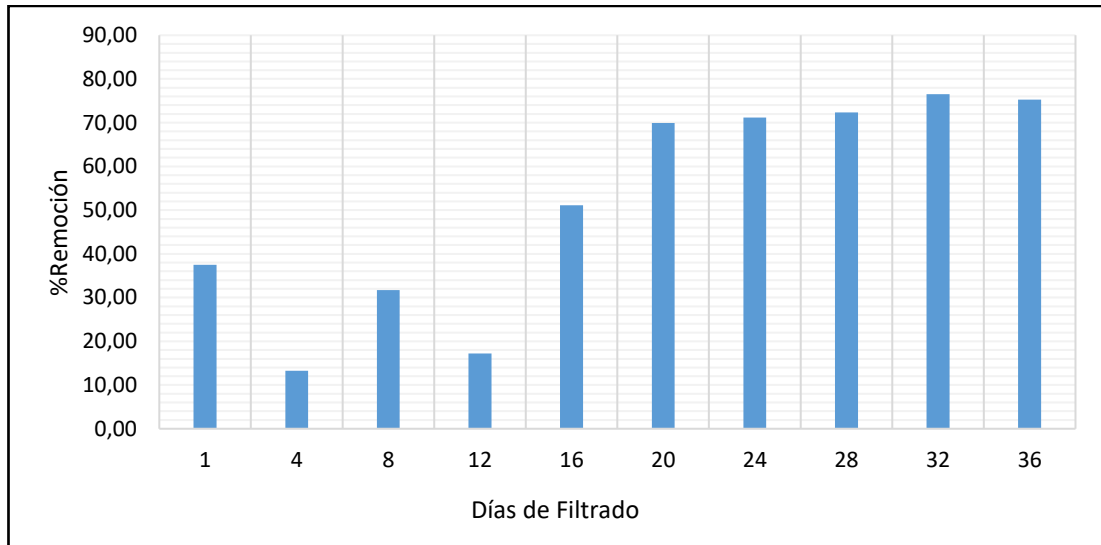
Se han obtenido los siguientes datos:

Tabla 12. Eficiencia de remoción durante un periodo de tiempo

N°	Días de Muestreo	%Eficiencia de Remoción
1	1	37,49
2	4	13,24
3	8	31,69
4	12	17,20
5	16	51,11
6	20	69,95
7	24	71,21
8	28	72,37
9	32	76,52
10	36	75,27

Fuente 24. Egdo. Daniel Paredes

Gráfico 5. % Eficiencia de Remoción DBO₅.



Fuente 25. Egdo. Daniel Paredes

Al igual que en el análisis de eficiencia de remoción del DQO, en el análisis de este parámetro podemos observar como la variación se comporta de una manera en que, en los primeros 12 días de filtración se observa eficiencias bajas 37,49%, 13,24%, 31,69%, 17,20%, en donde el biofiltro sobre cama de turba se estabiliza internamente, para luego de este período de tiempo tener una mejor eficacia. En los próximos días de filtración los porcentajes de eficiencia se elevan drásticamente, tiene valores de: 51,11%, 69,95%, 71,21%, 72,37%, 76,52%, llegando a un máximo de 75,27% en la décima muestra de análisis.

4.2.2.3 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS ST.

Usando la siguiente fórmula obtendremos los valores de remoción del parámetro en estudio:

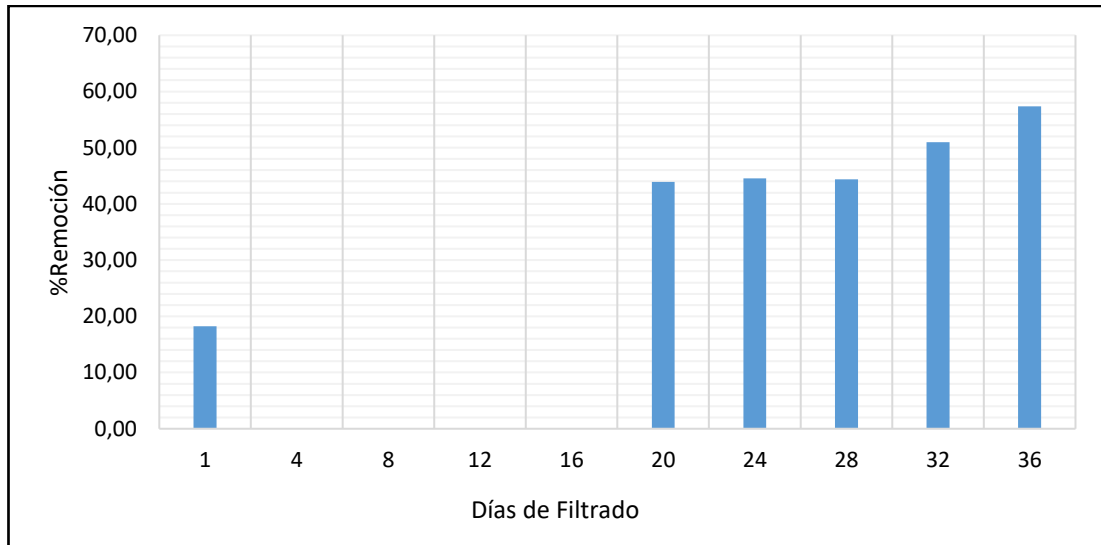
$$EF = \left(\frac{STe - STs}{STe} \right) * 100$$

Tabla 13. Eficiencia de Remoción ST.

N°	Días de Muestreo	%Remoción
1	1	18,20
2	4	0,00
3	8	0,00
4	12	0,00
5	16	0,00
6	20	43,88
7	24	44,52
8	28	44,35
9	32	50,96
10	36	57,33

Fuente 26. Egdo. Daniel Paredes

Gráfico 6. % Eficiencia de Remoción ST.



Fuente 27. Egdo. Daniel Paredes

En el caso del análisis de los sólidos totales presenta una variación diferente a los anteriores parámetros, observándose un aumento significativo de los sólidos totales en los primeros 16 días con valores de : 18.20%, sin embargo en las posteriores filtraciones se observa que la eficiencia de remoción de los ST es nula ya que los valores aumentaron por acción de la estabilización de los materiales internos del biofiltro, con mayor cantidad de macropartículas en suspensión que añaden la turba y la piedra pómez, incluso la arena de río.

En los días posteriores de biofiltración, se observa un comportamiento más uniforme de la eficiencia de remoción del ST, con valores de remoción de: 43.88%, 44.52%, 44.35%, 50.96%, 57.33%; donde se verifica que los ST fueron removidos con éxito llegando niveles permitidos.

4.3 Verificación de la hipótesis.

Mediante el análisis de laboratorio de 10 muestras obtenidas de la biofiltración del agua residual y realizando un análisis de las mismas, se ha podido comprobar que la hipótesis planteada se cumple con satisfacción, ya que en los parámetros analizados se observa disminución o remoción de los contaminantes.

Es así que en el caso del parámetro DQO la eficiencia de remoción llega al 76.96%, logrando así una disminución importante de este parámetro y llegando a niveles más bajos de los permitidos en el TULMSA.

En el caso del DBO₅ la eficiencia de remoción llega al 75.27%, permitiendo llegar a niveles permitidos por las normas nacionales.

Así también los ST, se produjo una disminución importante que llega al 57.33% de eficiencia de remoción.

Con todos los valores obtenidos durante el análisis, la hipótesis se cumple satisfactoriamente, y queda demostrando la capacidad que tiene la turba para ser utilizada como material alternativo en el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de Jeans.

5 CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

Se realizó el análisis de los resultados de 10 muestras en 36 días, posterior al biofiltrado del agua residual proveniente del lavado de Jeans concluyendo lo siguiente:

- ❖ La variación de los parámetros de estudio DQO, DBO₅, ST; se realizó de acuerdo lo establecido en la metodología de trabajo y en base a anteriores investigaciones, que brindaron la pauta para una análisis técnico-científico.
- ❖ Se determinó que la variación de los parámetros estudiados (DQO, DBO₅, ST) fue semejante; donde, en los primeros 16 días de filtrado se produjo una estabilización del sistema de filtrado, y posterior a los 20 días de evidenció una remoción de contaminantes considerable, llegando a valores incluso menores establecido en el TULSMA, con lo cual se verifica la hipótesis planteada de una manera positiva.
- ❖ La eficiencia de remoción máxima a los 36 días de análisis del DQO fue de 76,69%, con lo cual el valor de DQO en esta muestra es de 329 mg/L, inferior al límite máximo permitidos en el TULSMA que es de 500 mg/L.
- ❖ Se logró un porcentaje de remoción de 75.33% a los 36 días de análisis del DBO₅, con lo cual se logró un valor de 256 mg/L equivalente al 250 mg/L del TULSMA un valor no superior significativamente.
- ❖ En cuanto a los ST, se logró un porcentaje de eficiencia de remoción de 57,33%, a los 36 días de análisis, con lo cual el valor de remoción llega a 736 mg/L, muy por debajo del límite máximo establecido en el TULSMA de 1600 mg/L.

- ❖ Mediante los resultados obtenidos se puede establecer algunos parámetros de diseño para el diseño de un biofiltro sobre cama de turba, que permitirá tener las putas para un posible uso en escala real, en la depuración de aguas proveniente del lavado de Jeans.

- ❖ Se logró determinar que el biofiltro necesita un periodo de estabilización entre 15 y 20 días, para que las partículas propias de los materiales de filtración como la turba y la piedra pómez puedan depurar las aguas residuales de una manera eficiente.

- ❖ Se logró determinar que las propiedades de la turba (absorción, la adsorción y el intercambio iónico), llegan a su mayor eficiencia entre los 20 y 30 días de uso del biofiltro.

- ❖ El biofiltro para tener la eficiencia esperada no debe ser operado o usado con retención hidráulica, sino, se debe realizar la filtración con flujo abierto de entrada y salida libre, sin retención, para tener resultado adecuados.

5.2 RECOMENDACIONES.

- ❖ Se recomienda realizar la estabilización del biofiltro por aproximadamente 15 días, previa la biofiltración del agua residual a ser tratada.
- ❖ Es recomendable un mantenimiento regular de la turba para un correcto funcionamiento con este material biológico, con el cambio de la capa a los 3 meses de uso continuo del material de filtración.
- ❖ Se debe colocar una capa de distribución de caudal, antes del contacto del agua residual con la capa de filtración; esta capa puede ser de materiales renovables como trozos de maderas, fibras naturales o materiales plásticos que permitan una correcta distribución del caudal de entrada del agua residual.

- ❖ Se debe realizar un estudio de la eficiencia en la descontaminación de las aguas residuales domésticas con el uso de la turba como material de biofiltración; ya que las propiedades de la turba se prestan para un buen desempeño en cuanto al tratamiento del agua residual doméstico.

- ❖ Es necesario investigar, en cuanto al uso de materiales alternativos y de bajo costo para la depuración de agua residuales industriales.

- ❖ Para un mejor rendimiento del biofiltro es necesario realizar una investigación con materiales adicionales de tratamiento, que ayuden a descontaminar de una manera más eficiente el agua residual proveniente del lavado de Jeans.

- ❖ Se recomienda realizar una investigación de la biofiltración sobre cama de turba, un proceso adicional de tratamiento que ayude al sistema a tener una eficiencia del 100%, y así poder tener mejores resultados con la turba.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. G. Zuñiga, «Biofiltración sobre cama de turba, un tratamiento eficiente para diferentes tipos de agua residual industrial.,» *Ingeniería Sanitaria y ambiental*, vol. 78, p. 76, 2005.
- [2] G. B. G. M. Marco Garzon Zuñiga, «La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias,» *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 3, nº 3, pp. 153-161, 2012.
- [3] A. Aragón, «La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua,» 2012.
- [4] A. S. Doris Owen, «Evaluación de turba para el tratamiento de líquidos residuales,» *Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente*, vol. 12, p. 14, 2002.
- [5] M. Garzón, «Ingeniero Ambiental.com,» 22 Agosto 2004. [En línea]. Available: www.ingenieroambiental.com/4014/garzon.pdf. . [Último acceso: 25 Marzo 2016].
- [6] A. Chavez, «udla.edu.ec,» Enero 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2275/1/UDLA-EC-TIAM-2014-06.pdf>. . [Último acceso: 1 Abril 2016].
- [7] A. N. D. ECUADOR, «Agua.gob.ec,» 6 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>. . [Último acceso: 2 Abril 2016].
- [8] E. Universo, «Fábricas Pelileo,» *Se remediará impacto por fabricas en Pelileo*, p. 17, Septiembre 2009.
- [9] M. G. Zuñiga, G. Buelna y G. Chávez, «SciELO,» 26 Junio 2012. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n3/v3n3a11.pdf>. [Último acceso: 18 Junio 2016].

- [10] F. Thalosso y R. P. Olmedo, «researchgate.net,» 2 Agosto 2002. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Frederic_Thalosso/publication/228594656_Biofiltracin_tratamiento_biologico_de_aire_contaminado/links/54c79ae60cf22d626a36b3f5.pdf. [Último acceso: 15 Junio 2016].
- [11] CONAMA, «Fundación Chile,» 31 Marzo 2010. [En línea]. Available: www.fundaciónchile.gob. [Último acceso: Junio 2016].
- [12] Á. A. Ruiz, «lasallista,» 10 Marzo 2005. [En línea]. Available: alarango@lasallista.edu.co. [Último acceso: 30 Junio 2016].
- [13] N. O. Calviño., «Filtración de agua residuales para reutilización.,» *Universidad de La Laguna*, 2007.
- [14] F. Thaloss, *Biofiltración: Tratamiento orgánico de aire contaminado*, México: Popia, 2002.
- [15] B. Coupal y J. Lalancette, «The treatment of waste with peat moss,» 1976. [En línea]. Available: http://www.consolider-tragua.com/documentos/Tecnologias_tratamiento_agua.pdf. [Último acceso: 20 Junio 2016].
- [16] L. G. Sánchez, «ptolomeo.unam,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1958/garciasanchez.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 20 Junio 2016].
- [17] D. Ingeniería, «tecdepur,» 21 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://www.tecdepur.com/blog/tecnologias-blandas-5-filtros-o-lechos-de-turba>. [Último acceso: 12 Octubre 2016].
- [18] M. E. García y J. P. López, «cidta.usal,» 15 Septiembre 2003. [En línea]. Available: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/log_o/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf. [Último acceso: 12 Junio 2016].
- [19] R. Romero, *Tratamiento de Aguas Residuales*, Bogotá: Bucar, 2001.
- [20] O. R. L. Suque, «“DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA LA OPTIMIZACION DEL USO DE ENERGIA TÉRMICA Y CONSUMO DE AGUA EN LA INDUSTRIA DE LAVADO DE JEANS CHELOS PELILEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”,» Ninguno, Ambato, 2012.

- [21] R. Romero, Tratamiento de Aguas residuales, Bogotá: Falta, 2004.
- [22] Á. Guamán, *Gestión ambiental en la Empresa, Lavandería y Tintorería de Jenas Mundo Color y su incidencia en el recurso agua.*, Riobamba: sn, 2014.
- [23] F. P. F. M. German Mendoza, «Dialnet,» 2006. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4902744.pdf>. [Último acceso: Junio 2016].
- [24] C. C. Pablo Marín, «Utp.edu,» 2010. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1801>. [Último acceso: 2016].
- [25] M. A. Garzón, «Ingeniero Ambiental.com,» 2004. [En línea]. Available: www.ingenieromedioambiental.com. [Último acceso: 18 Junio 2016].
- [26] M. A. G. Zuñiga, «Ingeniería Ambiental,» [En línea]. Available: www.ingenieriambiental.com. [Último acceso: 25 4 2016].
- [27] C. A. S. Doris Joyce Owen, «Evaluación de turba para el tratamiento de líquidos residuales,» Edición Propia, Chubut, 2002.
- [28] L. G. Sánchez, «DECOLORACIÓN FÚNGICA DE EFLUENTES INDUSTRIALES CON COLORANTES AZO EN SISTEMAS DE BIOFILTRACIÓN CON DIFERENTES EMPAQUES ORGÁNICOS,» Edición Propia, México, 2007.
- [29] INECC, «INECC.gob.mx,» 15 Noviembre 2007. [En línea]. Available: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/396/biofiltra.html#top>. [Último acceso: 17 Junio 2016].

ANEXOS.

ANEXO A:

- ❖ Prototipo del biofiltro.
- ❖ Tablas del TULSMA.
- ❖ Encuesta

ANEXO B:

- ❖ Resultados del análisis de laboratorio de las muestras del agua residual del lavado de Jeans.

ANEXOS C:

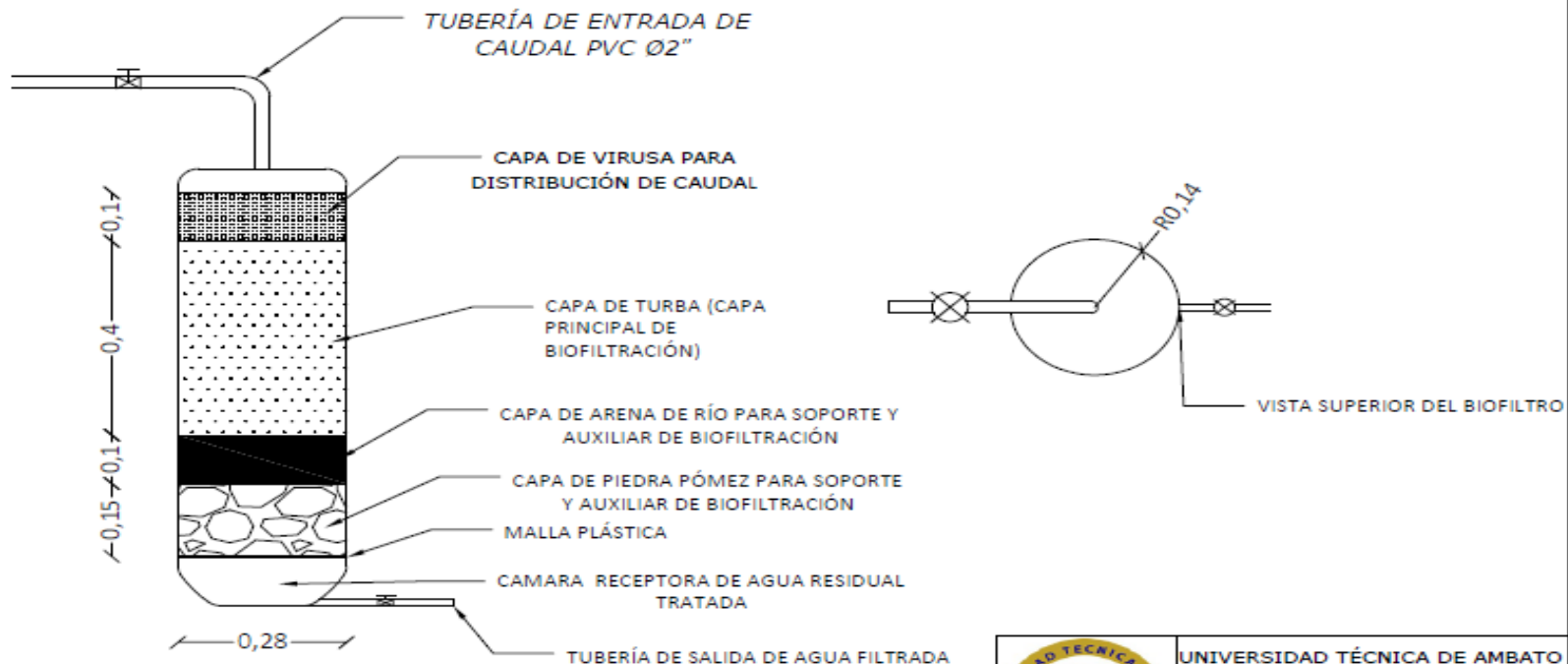
- ❖ Archivos fotográficos

ANEXO A

PROTOTIPO DE BIOFILTRO

TABLA DEL TULSMA

ENCUESTA



ESQUEMA DE BIOFILTRO SOBRE CAMA DE TURBA

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
	Proyecto: Biofiltración sobre cama de Turba, para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de jeans	
Contiene: Prototipo del Biofiltro sobre cama de Turba		
Fecha: 25 de Octubre del 2016	Escala: 1/100	Nº: 1/1
Elaborado por: Egd. Daniel Paredes	Revisado por: Ing. Fabián Morales Pallos, MG	

TABLA 11, ANEXO 1 LIBRO VI TULSMA.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
			caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl ₂	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5



MODELO DE ENCUESTA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



De ante mano, agradezco por la atención brindada.

¿Cuál es el nombre de la empresa?

Lavadora "ROLAN JEANS"

¿Cuál es la ubicación de la empresa?

Parroquia Bolívar Barrio "San Alfonso"

¿Cuál es la actividad principal de la empresa?

Lavandería y tintorería de prendas de vestir Jeans

¿Qué clase de productos e insumos se usan en las actividades de la empresa?

Hidroxido de Sodio, Permanganato, Cloro, Sulfito
tintes químicos y naturales, desengomante

¿Cuál es la disposición que se le da a los residuos de las actividades de la empresa?

Planta de tratamiento de textiles

¿Cuál es el horario de trabajo de la empresa?

8:00 - 13:00 y 14:00 - 18:00

¿Cuáles son los días de mayor actividad de la empresa?

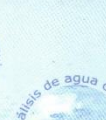
Lunes, Jueves, Viernes


Nombre: RODRIGO CHERRES
CI: 180314072-3



ANEXO B

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DEL AGUA RESIDUAL DEL LAVADO DE JEANS.



"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables
www.lacquanalisis.com

INFORME DE RESULTADOS



Acreditación N° OAE L.E.C. 11-010
LABORATORIO DE ENSAYOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 6 - 1 5 6 8

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 52	TEM. AMBIENTE (°C): 21
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 27 de Julio de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 27 de Julio al 2 de Agosto del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	2 de Agosto de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LÍM. MAX [#]	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	1620	500	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5**	mg/L	1035	250	APHA 5210 D	-----
Sólidos totales	mg/L	1725	1600	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

[#] Norma de Referencia: TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 Tabla 8

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:
Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Julia Cunalata
ANALISTA



Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo
Teléfono Móvil: 09-5363620 info@lacquanalisis.com
Ambato, Ecuador - Sud América

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	16-11585

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 50	TEM. AMBIENTE (°C): 18
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 4 de Agosto de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 4 al 11 de Agosto del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	11 de Agosto de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	995	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5**	mg/L	647	APHA 5210 D	-----
Sólidos totales	mg/L	1411	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

Norma de Referencia: N/A
Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:
Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Julia Cunalata
ANALISTA



Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio





"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables
www.lacquanalisis.com"

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	16-1592

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 48	TEM. AMBIENTE (°C): 18
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 8 de Agosto de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 8 al 15 de Agosto del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	15 de Agosto de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	1381	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5**	mg/L	898	APHA 5210 D	-----
Sólidos totales	mg/L	2644	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

* Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:



Ing. Julia Cunalata
ANALISTA





Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo
Teléfono Móvil: 09-5363620 · info@lacquanalisis.com
Ambato, Ecuador - Sud América

INFORME DE RESULTADOS



Accreditación N° OAB L.E.C 11-019
LABORATORIO DE ENSAYOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 6 - 1 5 9 3

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 46	TEM. AMBIENTE (°C): 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 11 de Agosto de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 11 al 18 de Agosto del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	18 de Agosto de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	1087	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5**	mg/L	707	APHA 5210 D	-----
Sólidos totales	mg/L	3311	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Julia Cunalata

ANALISTA



Dr. Harold Jiménez

DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 6 - 1 5 9 4

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 43	TEM. AMBIENTE (°C): 18
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 15 de Agosto de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 15 al 22 de Agosto del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	22 de Agosto de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	1319	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5**	mg/L	857	APHA 5210 D	---
Sólidos totales	mg/L	3614	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

* Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

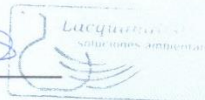
** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Julia Cunalata
ANALISTA



Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN N° OAE LE C 11-010

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	161603

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 40	TEM. AMBIENTE (°C): 18
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 24 de Agosto de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 24 al 30 de Agosto del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	30 de Agosto de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	778	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBOS**	mg/L	506	APHA 5210 D	-----
Sólidos totales*	mg/L	4120	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

* Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:


Ing. Julia Cunalata
ANALISTA




Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 6 - 1 6 1 1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 45	TEM. AMBIENTE (°C): 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 05 de septiembre de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 07 al 16 de septiembre del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	16 de septiembre de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	479	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5**	mg/L	311	APHA 5210 D	-----
Sólidos totales	mg/L	968	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

* Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado


* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado


*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:


Ing. Marcelo Tirado
ANALISTA




Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Sr Daniel Paredes
DIRECCIÓN:	Av Los Hatis y Febres Cordero
TELÉFONO:	
CELULAR:	0979385920
e - mail:	danpa882@hotmail.es

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 6 - 1 6 1 1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 45	TEM. AMBIENTE (°C): 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lavado jeans	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 09 de septiembre de 2016
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANÁLISIS:	Desde el 09 al 15 de septiembre del 2016	
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	16 de septiembre de 2016	

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
DQO	mg/L	463	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %
DBO5**	mg/L	298	APHA 5210 D	-----
Sólidos totales	mg/L	957	PRO TEC 054 / APHA 2540 B	± 2,29 %

* Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado


* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado


*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:


Ing. Marcelo Tirado
ANALISTA




Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:







El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

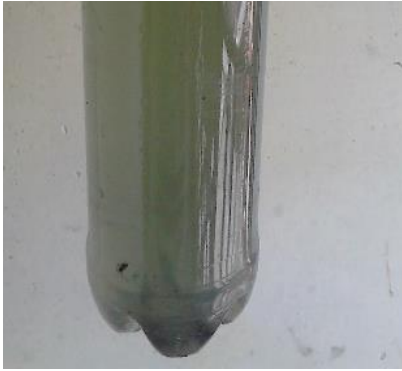

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio







ANEXO C

ARCHIVOS FOTOGRÁFICOS.

FOTOGRAFÍAS DE LAS MUESTRAS, PREVIA A LA BIOFILTRACIÓN Y POSTERIOR A LA BIOFILTRACIÓN.

N°	Días de Filtración	Muestra Previa a la Biofiltración	Muestra Posterior a la Biofiltración.
1	1		
2	4		
3	8		

4	12		
5	16		
6	20		
7	24		
8	28		

			
9	32		
10	36		

CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO



Colocación de válvula de descarga del agua residual tratada



Colocación de la turba en el filtro



Colocación de la arena y la piedra pómez, en filtro



Sellado con silicona de las uniones de la columna de biofiltración.

FOTOS DEL PROCESO DE LA EMPRESA



Ingreso a la empresa y recepción de ropa a ser tinturada.



Maquina par ale tinturado, Stock Washed, desengomado y teñido.



Centrifugadora



Secadora de ropa tinturada

PROCESO Y TRATAMIENTO DE LA EMPRESA.



Salida del agua residual al tanque primario y de donde se obtiene las muestras para el análisis en el biofiltro.



Sedimentador y tanque cisterna del proceso de tratamiento de agua residual proveniente del lavado de Jeans.



Filtros de arena y carbono activado, proceso principal de filtración del proceso de tratamiento de la empresa ROLAN's

MUESTREO Y TOMA DE DATOS



Toma de muestra a ser analizada que proviene directamente de la máquina de tinturado.



Toma de datos en el proceso del biofiltrado.



Agua residual, que posteriormente será biofiltrado.



Muestra para laboratorio