



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

**ANÁLISIS DE PIEDRA POMÉZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA
LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS “DAYANTEX”. UBICADA EN
EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR.**

AUTOR: SÁNCHEZ ORTIZ GIOVANNI SANTIAGO

TUTOR: Ing. Mg. FABIÁN MORALES FIALLOS

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos certifico que el presente Informe del Trabajo Experimental **“ANÁLISIS DE PIEDRA POMÉZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS “DAYANTEX”. UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR”** realizado por el Sr. Sánchez Ortiz Giovanni Santiago, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, noviembre 2017

Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Sánchez Ortiz Giovanni Santiago, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, indico que los criterios emitidos en el presente Trabajo Experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE PIEDRA POMÉZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS “DAYANTEX”. UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR”**, como también los contenidos presentados, las ideas, análisis, síntesis son de exclusiva autoría, a excepción de las citas bibliográficas.

Ambato, noviembre 2017

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, noviembre 2017

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ANÁLISIS DE PIEDRA POMÉZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS “DAYANTEX”. UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR”**, realizado por Sánchez Ortiz Giovanni Santiago, Egresado de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

PhD. Diana Coello
DOCENTE CALIFICADORA

Ing. Mg. Diego Chérrez
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

“Y Él les dijo: ¿Por qué estáis amedrentados, hombres de poca fe? Entonces se levantó, reprendió a los vientos y al mar, y sobrevino una gran calma”.

Mateo 8:26

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios por estar siempre conmigo, por demostrarme siempre su amor incondicional, darme la paciencia necesaria, sabiduría y por enseñarme mediante su palabra que todo lo que pasa es para convertirme en una mejor persona. LOS PLANES DE DIOS SON PERFECTOS.

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

“Al recordar el día en que te fuiste de este mundo me da mucha nostalgia, sin embargo, ahora eres el ángel que siempre estará guiando cada uno de mis pasos.”

A mi madre, Gladys Elena Ortiz Zambrano (+), porque es una mujer que admire, por su fortaleza, ella siempre fue una aguerrida que luchó hasta el último para no dejarse abatir por las pruebas de nuestro señor; y lo más importante por haberme dado la vida, por haberme brindado su amor, y por haber dejado mi crianza en las mejores manos.

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

“Ama a tus padres, trátalos con cariño, nunca conocerás todo su valor hasta que todo lo que te quede de ellos sea su silla vacía”.

A mi hermano Edison Sánchez y su esposa Flor Carranza, que desde pequeño me acogieron como si fuera su hijo; ellos son mis padres, amigos, confidentes; además por siempre, brindarme su apoyo constantemente e incondicional en todo momento; son quienes han estado junto a mí aconsejándome en los momentos más felices y difíciles; logros y caídas, de mi vida tanto lo estudiantil, como en lo personal.

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

"El lugar donde nacen los niños y mueren los hombres, donde la libertad y el amor florecen, no es una oficina ni un comercio ni una fábrica. Ahí veo yo la importancia de la familia".

Gilbert Keith Chesterton

A toda mi familia: José Sánchez mi padre; Cristina Sánchez mi hermana y a la Sra. Emma Lozada (mami mema), que siempre han estado conmigo, dándome ánimos, y a mis sobrinitos Evelyn y Joseph Sánchez, Kerly y Elenita Moya, que siempre están conmigo brindándome una sonrisa, animándome con sus locuras y llenando mi vida de alegría.

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

AGRADECIMIENTO

“La satisfacción radica en el esfuerzo, no en el logro. El esfuerzo total es una victoria completa”.

Mahatma Gandhi.

Agradezco a Diosito, a mi Virgencita de Agua Santa y a mi niño Jesús por haberme permitido vivir, darme la fuerza para afrontar toda adversidad, y culminar esta etapa de mi vida con todas sus alegrías, tristezas, angustias, las cuales hicieron cada momento especial.

A mi hermano Edison y su esposa Flor por todo su amor y esfuerzo mediante la cual hoy me permite estar aquí, por saberme comprender, alentar, cuidarme en esta etapa de mi vida y corregir cuando es necesario; además por brindarme su protección durante toda mi vida, enseñarme que con esfuerzo y humildad se puede lograr todo lo que uno desea y sobre todo por ser el eje, la unión de nuestra familia.

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

A mi padre José, a mi hermana Cristina y a la Sra. Emma (mami mema), por brindarme su cariño, por darme su apoyo, ánimos y consejos siempre en todo momento.

A mis sobrinos, tíos, primos, por brindarme su amistad, sacarme varias sonrisas en los momentos difíciles y por siempre estar ahí alentándome he impulsándome en la realización de este proyecto.

A mis compañeros de carrera Ricardo Sánchez y Katherine Avalos, que se llegaron a convertir en grandes amigos, por las experiencias compartidas en esta etapa de nuestras vidas, por el apoyo constante en las buenas y en las dificultades, y por permitirme saber que siempre puedo contar con su amistad.

A mis compañeros por las locuras realizadas y los momentos inolvidables que hicieron de esta etapa más agradable.

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

A los ingenieros docentes que tienen el verdadero deseo de enseñarnos a ser mejores personas, buenos profesionales y que motivan a mi persona que yo puedo hacer la diferencia.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos, quien me brindo sus conocimientos e ideas para la realización de este proyecto, por ofrecerme su paciencia, disponibilidad y ánimo para que este proyecto de tesis haya culminado.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, por los conocimientos adquiridos en nuestra formación personal, de igual forma un agradecimiento fraterno al personal de la misma, por permitir la realización de este trabajo de investigación.

*Y a todas las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida y han contribuido para que este trabajo se pudiera realizar, **GRACIAS TOTALES.***

Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO.....	III
DERECHOS DE AUTOR APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE.....	XIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XX
EXECUTIVE SUMMARY.....	XXI
 CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS.....	9
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
 CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	
2.1 Ingeniería Hidráulica.....	10
2.1.1 Infraestructura Hidráulica.....	10
2.1.2 Saneamiento Hídrico.....	10
2.1.3 Contaminación Hídrica.....	11
2.1.4 Efluentes Contaminantes.....	11

2.1.5	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	12
2.1.6	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	12
2.2	Parámetros Físico - Químicos.....	13
2.2.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	13
2.2.2	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	14
2.2.3	Color.....	14
2.3	Piedra Pómez.....	15
2.3.1	Filtro.....	16
2.3.2	Filtración.....	16
2.3.3	Biofiltro.....	16
2.4	Efluente Contaminante.....	17
2.5	HIPÓTESIS.....	18
2.5.1	Hipótesis Nula.....	18
2.5.2	Hipótesis Alternativa.....	18
2.6	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	18
2.6.1	Variable independiente.....	18
2.6.2	Variable dependiente.....	18

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	20
3.3	OPERACIÓN DE VARIABLES.....	22
3.3.1	Variable Independiente.....	22
3.3.2	Variable Dependiente.....	23
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	24
3.5	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	25

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	29
4.1.1	Ubicación donde se encuentra la Industria.....	29
4.1.2	Representación del Lugar.....	30
4.1.3	Materiales que se utilizó para el diseño del filtro.....	35
4.1.4	Costo del Filtro.....	37

4.1.5	Cálculos para el funcionamiento del Filtro.....	38
4.1.6	Cálculo de Caudales de la Industria.....	44
4.1.6.1	Cálculo de caudal de entrada.....	45
4.1.6.2	Cálculo de caudal de salida.....	52
4.1.6.3	Análisis de caudal.....	55
4.1.7	Morfología de la piedra Pómez.....	56
4.2	Análisis, Interpretación y Comparación de Resultados.....	58
4.2.1	Eficiencia del Material.....	59
4.2.2	Análisis Parámetro Color.....	61
4.2.3	Análisis Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	64
4.2.4	Análisis Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	66
4.2.5	Análisis Crítico y Personal.....	69
4.2.5.1	Análisis Crítico.....	69
4.2.5.2	Análisis Personal.....	70
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	71

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES.....	72
5.2	RECOMENDACIONES.....	74

MATERIALES DE REFERENCIA

1.	BIBLIOGRAFÍA.....	75
2.	ANEXOS.....	81
2.1	Imágenes del Trabajo Experimental.....	81
2.2	Peso Específico del material piedra Pómez.....	86
2.3	Granulometría del material piedra Pómez.....	87
2.4	Informes de Resultados de los Análisis de los Parámetros correspondientes del agua cruda y filtrada de la Industria, otorgados por el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.....	89
2.5	Planimetría de la Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	12
Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	13
Tabla 3. Operacionalización de la Variable Independiente.....	22
Tabla 4. Operacionalización de la Variable Dependiente.....	23
Tabla 5. Plan de recolección de información.....	24
Tabla 6. Cantidad de pantalones por semana.....	31
Tabla 7. Costo del filtro.....	37
Tabla 8. Criterios de diseño para filtros anaeróbicos aplicables para el post Tratamiento de Efluentes de Reactores Anaeróbicos.....	41
Tabla 9. Lectura tomada al Borde Libre, a cada uno de los Tanques, por ocho días.....	45
Tabla 10. Resultados obtenidos de Caudales de Ingreso que necesita la Industria.....	51
Tabla 11. Caudales de salida que consume la Industria “DAYANTEX”.....	54
Tabla 12. Resultados del Agua Residual Industrial Cruda y Filtrada.....	59
Tabla 13. Eficiencia del Material para tratar los Parámetros Color, DQO y DBO.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Ubicación de la Industria.....	29
Ilustración 2. Industria Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”.....	30
Ilustración 3. Demanda de pantalones al día.....	31
Ilustración 4. Entrada de la Industria.....	32
Ilustración 5. Planta de tratamiento de la Industria.....	34
Ilustración 6. Material piedra Pómez tamizada.....	35
Ilustración 7. Material seleccionado para el funcionamiento del filtro.....	56
Ilustración 8. Filtro en ejecución.....	36
Ilustración 9. Imágenes del agua Cruda Y del agua Filtrada.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Caudal m ³ por día necesario para la Industria.....	52
Gráfico 2. Caudal m ³ por día que ocupa la Industria.....	55
Gráfico 3. Comportamiento del Color del agua residual industrial durante el proceso de filtración.....	61
Gráfico 4. Resultados de la Eficiencia que tiene el material para Color.....	62
Gráfico 5. Comportamiento del (DQO) del agua residual industrial durante el proceso de filtración.....	64
Gráfico 6. Resultados de la Eficiencia que tiene el material para DQO.....	65
Gráfico 7. Comportamiento del (DBO ₅) del agua residual industrial durante el proceso de filtración.....	66
Gráfico 8. Resultados de la Eficiencia que tiene el material para DBO ₅	67

ÍNDICE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo del Filtro en estudio.....	38
Figura 2. Modelo del recipiente para colocar el material filtrante.....	43
Figura 3. Diferentes perspectivas del medio filtrante que contiene la piedra Pómez.....	44
Figura 4. Dimensiones Tanque 1, (sin tapa).....	46
Figura 5. Dimensiones Tanque 2, (con tapa).....	48
Figura 6. Dimensiones Tanque 3, (parte posterior).....	49
Figura 7. Imágenes SEM de la Piedra Pómez antes de ocupar en la filtración.....	56
Figura 8. Imágenes SEM de la Piedra Pómez después de ocupar en la filtración....	57

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: ANÁLISIS DE PIEDRA POMÉZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS “DAYANTEX”. UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR.

Autor: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago.

Tutor: Ing. Fabián Morales Fiallos Mg.

En el presente trabajo se presenta la evaluación de la piedra Pómez como material filtrante, para un efluente que vierte una Lavadora y Tinturadora de jeans “DAYANTEX”.

Se realizó un seguimiento durante 90 días (3meses) en donde se recolecto y se analizó muestras cada 10 días, los parámetros estudiados fueron: Color, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅); para conocer la eficiencia de la piedra Pómez. Para lo cual se diseña una estructura metálica para que soporte el efluente y el material filtrante; además se calcula el volumen a tratar, durante los 90 días, con un caudal de 0.105 lt/min.

Los resultados obtenidos para los parámetros de Color, DQO y DBO₅ muestran un incremento de la eficiencia de la piedra Pómez con el pasar de los días en uso de la misma, llegando a presentar los mejores valores de eficiencia en las últimas 3 decenas de días estudiados; alcanzo 86.2%, 95.22% y 94.91% de Color, DQO y DBO₅, respectivamente.

Con este estudio se asegura que la piedra Pómez puede descontaminar un efluente de una Lavadora y Tinturadora de jeans, con un volumen total de 3135 galones tratados en los 90 días, manteniendo una óptima eficiencia en este periodo de funcionamiento.

EXECUTIVE SUMMARY

THEME: THE PUMICE ANALYSIS AS A FILTER IN THE TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER THAT COMES FROM THE 'DAYANTEX' A WASHER AND DYEING OF JEANS INDUSTRY LOCATED IN PELILEO, TUNGURAHUA, ECUADOR.

Author: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago.

Tutor: Ing. Fabián Morales Fiallos Mg.

In this work, we present the evaluation of the Pómez stone as a filtering material for treated wastewater from "DAYANTEX" washer and dyeing of jeans.

This study was carried out during 90 days (3 months) where samples were collected and analyzed each 10 days, the parameters studied were: Color, Chemical Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen Demand (BOD5); to know the efficiency of the Pómez stone.

A metallic structure was designed to support the effluent and the filtering material, the volume of wastewater treated was also calculated, during the 90 days, with a flow rate of 0.105 l / min.

The results obtained for the parameters of Color, COD and BOD5 show an increase in the efficiency of the Pumice stone with the passing of the days in use, arriving to present the best values of efficiency in the last tree tens of days studied; reached 86.2%, 95.22% and 94.91% for Color, COD and BOD5, respectively.

With this study we demonstrated that the Pómez stone can be used by decontaminate the wastewater from a washer and dye of jeans, with a total volume of 3135 gallons treated in 90 days with optimum results of efficiency.

CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE PIEDRA POMÉZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS “DAYANTEX”. UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR.

1.2 ANTECEDENTES

En el país Ecuador dentro del campo Industrial, el Ingeniero Civil tiene como principal labor satisfacer las necesidades en proyectos industriales que facilite el mejoramiento de las empresas. En esta principal labor arraiga en efectuar nuevas tecnologías, las mismas que se basan en los principios y fundamentos de la Hidráulica que es una rama importante en la carrera de Ingeniería Civil, la ciencia de los materiales, el cálculo de caudal, diseño y ejecución de plantas de tratamiento para las aguas residuales industriales, entre otros.

El gobierno ecuatoriano en conjunto con el ministerio del Ambiente desde algún tiempo atrás ha dado a conocer su preocupación por la regulación ambiental, por lo que empezaron una legislación para tener un mayor control de la contaminación que realizan todas las diferentes Industrias.

Entonces ahí surge la iniciativa del Ingeniero Civil para analizar y estudiar el espacio o dimensionamiento para el diseño de plantas de tratamiento a base de filtros naturales para poder tratar las aguas residuales industriales según la Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes.

N. Bougherira y sus colegas [1] afirman que en las industrias hay varias características de contaminación con complejos hidrológicos que contaminan los afluentes naturales de los ríos, por esta razón se llevó a cabo investigaciones de las aguas superficiales y subterráneas afectadas por el número de efluentes de las industrias o conocidos como aguas residuales industriales [2]–[4]. Estos efluentes tratados y no tratados de las Industrias deben ser descargados con un previo tratamiento para contribuir con el medio ambiente [1], [5], [6]; además las Industrias con más demanda sin duda alguna es una lavadora y tinturadora de jeans, porque la confección de los mismos se lo realiza a nivel mundial ya que existe gran variedad para todo tipo de personas, el jean es solicitado en la mayoría de empresas como vestimenta de sus empleados dándoles mayor seguridad [4], [7]. La fabricación de jeans es uno de los subsectores vitales de la industria textil, muy demandada por los consumidores [8], [9]. En el mundo de la moda de dril de algodón se ve glamoroso, pero en realidad produce toneladas de contaminación en el medio ambiente y amenaza la salud personal. [7], [10]. Las principales fuentes de contaminación en las aguas residuales industriales son los procesos de teñido y lavado porque las aguas resultantes contienen grandes cantidades de colorantes y productos químicos alcalinos. [1], [5], [6]; los mayores impactos ambientales en el mundo, si se habla de lavadoras y tinturadoras de jeans que vierten efluentes contaminantes porque son teñidos con añil, un colorante con un grado de fijación dañino, que inicia problemas ecológicos; por eso se estudia métodos de tratamientos seguidos en la industria y su eficacia en la eliminación de contaminación al final del proceso [3], [9]; las aguas residuales industriales de estas industrias, tienen alta contaminación porque generan aguas residuales industriales que contiene cantidades de compuestos orgánicos y químicos; estos compuestos, cuando se lanzan a cuerpos de agua sin ningún previo tratamiento, pueden causar daño en el medio ambiente, ya que las moléculas que contienen pueden mostrar acciones mutagénicas o cancerígenas en organismos vivos [6], [10], [11], por los procesos de lavado y tinturado de ropa especialmente de jeans, por lo que son matrices complejas que tiene un considerable potencial contaminante, con una alta carga orgánica, color acentuado y compuestos químicos tóxicos que tienen un impacto significativo en el medio ambiente [3], [11].

Yuan Lei y sus colegas [12] reportan que la piedra Pómez es un material prima mineral de origen volcánico, en cuya composición intervienen mayoritariamente la sílice y la alúmina. La piedra pómez es una roca con alta porosidad, ligera, friable, eficaz aislante térmico y con propiedades puzolánicas [5], [13], además la piedra Pómez es un componente clave debido a su capacidad de adsorción de ozono, ya que los resultados fueron favorables para la organización catalítica [12], [14]; confirmando así que la piedra Pómez modificada con Fe son moléculas para acelerar el OH a partir de la descomposición de ozono y para promover la eliminación de p-cloronitrobenceno (p-CNB) de la solución acuosa [5], [14], [15]. Se presentan resultados de experimentos utilizando un dispositivo ASTM estándar (ASTM D5757-00) sobre piedra pómez de tamaño de ceniza natural (<2 mm); la misma que es un producto de erupción volcánica explosiva que comprende vidrio de silicato altamente poroso [12], [13], [16]. Además, investigaron el tamaño del grano mediante una población bimodal de partículas; y a la vez sería efectivo para poder obtener buenos resultados en infraestructuras hidráulicas, como puede ser tratamiento de aguas residuales industriales y el desgaste que se produce en la piedra pómez con el pasar del tiempo [5], [13], [17]. Además se dice que la contaminación de las fuentes de agua en muchas regiones alrededor del mundo es por arsénico [5], [17], lo cual se usó materiales disponibles localmente en las regiones para reducir costos. En este sentido, se trató con rocas volcánicas (piedra Pómez) con una solución de sulfato de aluminio, evaluando este material por su capacidad para eliminar As de sistemas acuosos [14], [16]. El absorbente al inicio es reciclable con un 9% de pérdida de su eficacia original y en el tercer ciclo de absorción si se ve resultados a un 90,2% [5], [15] llegando a evaluar los rendimientos de la Piedra pómez como absorbente de la eliminación de Fe y Mn de soluciones acuosas, esto llevo a una evaluación para la eliminar el hierro y manganeso, obteniendo ya resultados en 100 y 48 horas respectivamente; eliminando hasta 84% de Fe y 72% de Mg [15], [17], [18]. El estudio en general indicó que la piedra Pómez puede ser un absorbente prometedor para la absorción de hierro y manganeso de agua y aguas residuales industriales [16], [18]–[20]; en la actualidad las industrias para tratar las aguas residuales industriales están implementando filtros con material natural [18]–[20]. Uno de los materiales con buenos resultados es la piedra Pómez porque se investigó el potencial de absorción de la misma, confirmando una ausencia de limitación debido a la difusión de poros, ayudando a obtener altos rendimientos de regeneración, eliminación de cromo

hexavalente, conductividad y turbidez, ya que permanecieron significativamente más bajos llegando a un 94% de eficacia y un óptimo valor de pH [16], [19], [21], y para que tenga sus mejores resultados es recomendable lavar la piedra pómez varias veces (cada 10 días), más favorable con agua destilada para eliminar la impurezas [12], [20], [21].

Manekar Pravin y Patkar Guarav [22] hablan acerca de las industrias textiles de gran y pequeña escala siempre luchan por la raza económica y ambiental, la contribución al medio ambiente que se realiza se refiere a las tecnologías habitualmente adoptadas para el tratamiento de aguas residuales industriales, producidas en las industrias de lavadora y trituradora de jeans, [1], [4], [14] investigando a profundidad varios aspectos como las tecnologías del tratamiento y el rendimiento en términos de absorción de contaminantes, entonces el mejor resultado es realizar una planta de tratamiento [4], [16], [22] que trabaje sobre el principio de la desestabilización de las partículas coloidales de carga negativa y la biooxidación de los orgánicos disueltos que debe cumplir con las normas de aguas interiores superficiales [7], [8], [13]. El tratamiento para aguas residuales industriales es el resultado del proceso de pretratamiento químico y descontaminación de agua, evitando así la destrucción del medio ambiente [22]–[25]. El proceso tecnológico sugerido para poder optimizar costos es poder trasladar las aguas residuales industriales a una trayectoria en donde se pueda tratar las mismas, es decir, a una planta de tratamiento creado dentro de la empresa [22], [25], [26], para así poder realizar muestro y pruebas, por lo que el resultado obtenido ayuda a saber que estos procesos del sistema implementado son efectivos en la limpieza de las aguas residuales industriales [24], [25], logrando volver a reutilizar la misma en el proceso de trabajo sin afectar la calidad del proceso de los productos. Así logrando menores costos de producción [8], [23], [25].

Sanmuga Priya E. y Senthamil Selvan P. [27] reportan acerca de las aguas residuales industriales producidas por las lavadoras y tinturadoras de jeans que son contaminantes muy fuertes para los vertederos naturales como cuando desembocan en ríos dañando el medio ambiente [5], [15], [16], por esta razón antes descargar estos efluentes es

obligatorio reducir la concentración de colorantes y minimizar otros parámetros fisicoquímicos DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) [10], [28], [29], la colección, preservación, método de análisis e informe de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas residuales industriales de las lavadoras y tinturadoras de jeans. Los principales parámetros y características de las aguas residuales industriales, pueden llegar a ser complejas, muy variables y muy coloreadas, por eso están obligadas a ser tratadas, cumpliendo con estrictos estándares de calidad antes de ser evacuadas [3], [4], [27], [28], la calidad del agua se pueden observar en el DQO y el DBO y color [15], [16], entonces al analizar estos parámetros debemos comparar con los límites permitidos de los parámetros para aguas residuales industriales, que muestran los valores de DBO y DQO de 5 a 10 veces superiores a los límites permisibles [23], [29]–[33]; además las aguas residuales industriales están altamente contaminadas y que el tratamiento es necesario antes de su descarga en vertederos naturales, para así cumplir con los estrictos derechos que se indica en la norma nacional ambiental [4], [5], [27]–[29].

1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso muy importante que forma parte del estilo de vida del ser humano; se le da diferentes usos: alimentación, higiene personal, recreación, turismo, etc., puesto que se trata de un líquido vital para el ser humano, plantas y animales debido a sus propiedades únicas.

Currit Nate y Easterling William E., [34] reportan que la industria maquiladora de exportación a nivel mundial nace a mediados de la década de los sesenta, que tuvo lugar en varios países altamente industrializados, [2], [7], [8] al generar estas industrias textiles la depredación y la contaminación de los recursos naturales es tal vez el daño más evidente y dramático que la actual organización del mundo trae y traerá, [22], [35] además se habla del agua de suministro doméstico e industrial, que una vez utilizada contiene una gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, metales pesados, sólidos en suspensión, compuestos volátiles y otros elementos que al ser liberados sin un previo tratamiento conducen a un deterioro ambiental, siendo esta una de las principales fuentes de contaminación en todo el mundo. [6], [10], [36]

Cortina Domínguez y sus colaboradores [37] indican que a nivel mundial los métodos de tratamientos existentes relacionados con la separación de los contaminantes del agua ya sea por medios físicos como: rejillas, sedimentación y químicos como coagulación, [24], [26], [38] y expresan que para el tratamiento de las aguas residuales industriales se realiza tratamientos primarios, secundarios y terciarios. [25] El tratamiento primario es el más utilizado en la mayoría de países porque son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. [22], [26], [38]

Según la noticia redactada por el Diario la Hora, [39] en el país Ecuador desde hace más de cinco décadas, uno de los sectores industriales más importantes ha sido la confección de jeans, esta actividad presenta alrededor del 37% de la producción

nacional y crece entre el 2 y 3% anualmente; [2], [7], [8] en varias ciudades e industrias a comienzos del siglo XX empezaron a reconocer que el vertido de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios, según la comunidad y ciertos sectores protectores del ambiente, aseguran que la falta de control y conocimiento por parte de los productores de jeans ha provocado que las aguas de sus ríos se contaminen. [6]–[8], [33], [36]

Considerando la Constitución del Ecuador 2008, en el Título II, Capítulo Segundo, Sección Segunda, Artículo 14, [40] se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, declarando de interés público la preservación del ambiente, la recuperación de espacios naturales degradados, y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

D. de Jager y sus colaboradores, [41] ratifican que estas causas mencionadas anteriormente llevó a la construcción de instalaciones de depuración. [22], [26], [42], [43] Para el tratamiento de agua residual industrial procedente de lavanderías de jeans, con tintes tipo índigo, la coagulación química es el método más utilizado en el Ecuador. [44]–[47] Comúnmente el tinte índigo en el agua se trata utilizando floculantes, coagulantes como cal, sales ferrosas y otros polielectrolitos. [29], [33]

Según el departamento de Gestión y Calidad Ambiental del GAD Municipal de Pelileo [48], asevera que en el Cantón de Pelileo actualmente existen 48 industrias de lavadoras y tintorerías de jeans, las mismas que son generadoras de sustancias contaminantes y aguas residuales industriales, provenientes de las lavadoras y tintorerías de jeans, estas se encuentran regularizadas en el marco legal ambiental, sin embargo, sus efluentes no permiten determinar si estas cumplen con la normativa ambiental vigente ya que sus efluentes son descargadas al sistema de alcantarillado y cuerpos de agua sin dar un debido tratamiento.

El filtro de piedra pómez nos ayudará a reducir la concentración de los parámetros físico-químicos del agua residual industrial, basándonos en la Tabla 8 del Libro VI Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de fluentes del recurso agua del Acuerdo Ministerial 097-A, que reforma al texto unificado de Legislación Ambiental Secundaria y que a la vez nos permita determinar la eficiencia del material con respecto al agua tratada.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Analizar la piedra Pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales industriales provenientes de la Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”. Ubicada en el Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua, Ecuador.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico de la Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”.
- Caracterizar el material.
- Monitorear las características de biodegradabilidad (DBO₅ y DQO) y color de las aguas residuales industriales provenientes de Lavadoras y Tinturadoras de Jeans, en su origen y luego del proceso de filtración.
- Determinar si la piedra Pómez puede ser utilizada como material filtrante en el pretratamiento de Lavadoras y Tinturadoras de Jeans.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Ingeniería Hidráulica

Ingeniería Hidráulica es una rama de la Ingeniería Civil, partiendo de un sistema natural y haciendo servicio de los ecosistemas de la naturaleza; tiene como parte fundamental satisfacer las necesidades de la sociedad, como es el funcionamiento de las infraestructuras hidráulicas sin que interfieran con el medio ambiente, porque esto llega a ser motivo de preocupación para muchas personas y al mismo tiempo se debe crear espacios donde se note el desarrollo de la naturaleza. [9]

2.1.1 Infraestructura Hidráulica

La infraestructura hidráulica debe tener un funcionamiento de muchos años, las mismas que se deben realizar mediante la inclusión de componentes naturales en los diseños de infraestructura, logrando así una adaptación a condiciones climáticas cambiantes y funcionalidades adicionales, a bajos costos con largo ciclo de vida. [49]

2.1.2 Saneamiento Hídrico

Saneamiento es aquella acción que implica la realización de un conjunto de procedimientos que tiene la misión de limpiar, reparar o recuperar la suciedad o impurezas y si hablamos de Saneamiento hídrico está destinada a un medio natural; como puede ser el agua de un lago o de un río que se ve afectado por la contaminación de algún compuesto. Para el saneamiento se encontraron tecnologías de media o baja resiliencia, lo que sugiere que los sistemas de saneamiento necesiten ser adaptados para asegurar la funcionalidad durante y después de los peligros. Entonces al tener los

resultados positivos ayudara a las comunidades a decidir que tecnologías son más adecuadas para los desafíos climáticos. [23]

2.1.3 Contaminación Hídrica

Incera André Carrascal y sus colaboradores, [36] hablan acerca de la contaminación Hídrica que se encuentra notablemente cuando las industrias y agrícolas vierten contaminantes en arroyos, lagos y ríos; alrededor de 1,1 billones de m³ de aguas residuales aún se encuentran en vis navegables alrededor del mundo, es decir, que hablamos de una contaminación Hídrica muy extensa que se puede seguir expandiéndose más por el mundo si no realizamos un verdadero control de la misma.

Uno de los desafíos ambientales globales clave del siglo XXI sin duda alguna es la contaminación Hídrica debido a las descargas de sustancias tóxicas; ya que numerosos nuevos compuestos químicos se detectan con gran frecuencia en cuerpos de agua en todo el mundo. También hay que revisar los métodos de control de la contaminación del agua y la evaluación del ciclo de vida de las aguas residuales. [10]

2.1.4 Efluentes contaminantes

Se debe diferenciar los conceptos de contaminación por corrientes (aguas fluviales) y de efluentes (aguas residuales). Las corrientes de aguas residuales de las industrias son efluentes contaminantes que poco a poco va destruyendo el medio ambiente; por esa razón las normas de la calidad del agua deben proteger los recursos hídricos, proteger la salud pública, satisfacer las necesidades recreativas que benefician al público y las actividades comerciales. Hay que apreciar la importancia de los estándares de efluentes para proteger los cuerpos de agua, como arroyos con demasiada contaminación. [11]

2.1.5 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Para el desarrollo de la investigación se utiliza el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: [50] Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA). Lo cual nos indica que se prohíbe la descarga de los residuos líquidos sin tratar al sistema de alcantarillado y el procedimiento que se debe seguir para tratar la presencia de contaminantes en el agua.

Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0

Elaborado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Tabla N°9, Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, 2014.

2.1.6 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

En el desarrollo de la investigación se trabaja con el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA). Lo cual nos indica las disposiciones, prohibiciones y los límites permisibles para las descargas en cuerpos de agua dulce.

Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Color real ¹	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Tabla N°10, Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, 2014.

2.2 Parámetros Físico – Químicos

2.2.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Jouanneau S. y sus colaboradores [30] definen a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) como uno de los fundamentos más utilizados para valoración de calidad del agua. Facilita información sobre la porción biodegradable de la carga orgánica en el agua. Sin embargo, este método analítico requiere tiempo, generalmente 5 días, (DBO₅) además pueden variar según el laboratorio un 20% los resultados, debido a las fluctuaciones en la diversidad microbiológica utilizada principalmente.

Durante las dos últimas décadas el trabajo elaborado, ha dado lugar a diferentes tecnologías que ejecutan menos tiempo y son más fiables; como puede ser un biosensor con dos soluciones estándar: glucosa y ácido glutámico. Esta metodología puede

utilizarse en escenarios de manejo de aguas residuales, así como manejo de estanques, y así poder controlar estos efluentes que se descargan a los ríos. [31]

2.2.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Geerdink Ren y sus colaboradores, [51] definen a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica capaz de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno, la misma que es expresada en mg/l.

Debido a sus propiedades químicas únicas, el ión dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) es el oxidante especificado en la mayoría de los casos. En estos ensayos el $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ se reduce a ión crómico (Cr^{3+}).

Por lo que hay una necesidad urgente de determinar la contaminación en aguas superficiales de las industrias, a través de una técnica sencilla, confiable y rápida. Sin embargo, los procesos actuales manejan productos químicos peligrosos, como el mercurio, para extraer las sustancias del cloruro.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), es un método más confiable que la Demanda Bioquímica de Oxígeno en la medición de efluente. [32]

2.2.3 Color

Liu Yan y Wang Hua, [33] redactan que el color de las propiedades de transmisión de las aguas es una evaluación objetiva, suele ser gris o pardo, pero debido a los procesos biológicos anóxicos el color puede pasar a ser negro.

Para determinar el color en las aguas se utiliza varios métodos, uno de estos es someter a una luz significativa el componente, con una longitud de onda de 456nm; que es lo recomendado para la estandarización de la medición de color en aguas. [29]

2.3 Piedra Pómez

Kilic Alaettin y Sertabipolu, [17] definen a la piedra pómez como un material altamente vesicular de origen volcánico, derivado de lavas ácidas; especialmente contiene una sustancia llamada sílice amorfa. Además, la piedra Pómez es bastante considerada para utilizar como un filtro natural en varias industrias, tales como construcción, textiles, químicos y agrícolas. Estudios del material han demostrado que la evaluación de la piedra pómez es idóneo, debido a sus propiedades físicas y su porosidad; porque ha realizado un crecimiento mejorado de hidratación en la elaboración de productos para distintos procesos químicos, también es buen modificador de aireación y absorción para el suelo.

La piedra pómez tiene una composición que intervienen mayoritariamente la sílice y la alúmina, con porcentajes aproximados del orden de: 70% de Si O₂ Y 13% de Al₂ O₂. Este material tiene un nivel de dureza alto, cuenta con una superficie porosa, esponjosa o espumosa, ligera (densidades entre 0,4 a 0,9 g/cm³), friable, eficaz aislante térmico y con propiedades puzolánicas; gracias a estas características puede retener contaminantes como los sedimentos y patógenos. [18]

Olivia Mayra y Plasencia Valdez, [19] verifican que el diseño del filtro artesanal a base de piedra Pómez es eficaz, ya que proporcionó resultados óptimos. Para el desarrollo de este filtro se utilizó una botella de PET con las siguientes dimensiones: diámetro de 9 cm y altura de 45 cm (dos litros). En su interior tiene un material filtrante de una capa de 30.5 cm; en la capa superior se ubica un sumidero que contendrá la mayoría de las partículas gruesas. El filtro fue operado adecuadamente para un caudal de 0.00333 lts/seg.

Karimaian Kamal y sus colaboradores, [21] confirman que un filtro artesanal a base de piedra Pómez se ha tenido una eficacia por 10 días, ya que al analizar el agua tratada si disminuyó los parámetros requeridos; pero después de ese tiempo obligatoriamente se debe hacer una limpieza con agua destilada, para que pueda recuperar sus

características y así conservar el material con sus mismas propiedades. Si se realiza un buen tratamiento, el material durará un período de un año y un semestre; consiguiendo así un ahorro en lo económico.

2.3.1 Filtro

El filtro de agua es un aparato compuesto generalmente de un material poroso, que se lo conoce por tratar el resultado de la velocidad de filtración, la concentración de la suspensión, la distribución y el tamaño de la dimensión de las partículas; además permite purificar el agua que llega del canal y que pasa directamente por los grifos. [26]

2.3.2 Filtración

La técnica de filtración permite separar los sólidos presentes en un período de fluido, en empleo de su tamaño de partícula, haciendo pasar está a través de un medio poroso, denominado medio filtrante. La filtración es un proceso que permite atrapar las partículas que vienen conjuntamente con el agua, estas pueden ser tóxicas o dañinas para la salud. [42]

2.3.3 Biofiltro

Se define al Biofiltro como un instrumento significativo para tratar la esorrentía en las cuencas urbanas, es una interacción fundamental en la mayoría de los ecosistemas terrestres, desempeñando un papel en la dinámica de nutrientes, en el ciclo del agua y en la descomposición de la materia orgánica del suelo, es por esa razón que aumenta la eliminación de contaminantes del agua tratada. [43]

2.4 Efluente Contaminante

El agua es un elemento esencial para la vida. La contaminación ha aumentado en los últimos años y también ha decrecido la calidad de muchos depósitos de agua.

El aumento en la actividad industrial ha incrementado la contaminación de las aguas de la superficie terrestre y está contaminando cada día los depósitos del agua subterráneas. [44] Estas aguas proceden de los procedimientos realizados en fábricas y establecimientos industriales, las mismas que contiene 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.

Barba L. y Edith L., [45] indican que las aguas residuales industriales se caracterizan por su composición física, química y biológica; así como su procedencia, sus principales constituyentes químicos y biológicos, sus propiedades físicas que son olor, color y sólidos. Las sustancias en el agua residual industrial, tiene gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en: microorganismos patógenos, desechos tóxicos, sustancias químicas inorgánicas, nutrientes, vegetales inorgánicos, compuestos orgánicos, sedimentos y materiales suspendidos, sustancias radioactivas contaminación térmica.

Espigares G. y Pérez López J., [47] dicen que los efluentes industriales provenientes de una lavadora de jeans, deben su diversidad a los procesos de los que producen, y en función de ellos, pueden tener una composición más o menos constante, o estar sujeta a variaciones cualitativas y/o cuantitativas considerables, según los horarios de funcionamiento de la industria con respecto a la demanda del mercado; en la producción los componentes de dichos vertidos se pueden clasificar según los métodos de tratamiento en las industrias de lavadora y tinturadora de jeans, por lo que encontramos materiales sólidos en suspensión, arenas, óxidos, hidróxidos, pigmentos, azufre coloidal, látex fibras, etc., los mismos que pueden requerir de coagulación y floculación para ser eliminadas. [47]

2.2 HIPÓTESIS

2.2.1 Hipótesis Nula

La hipótesis nula es casi contraria a la de la hipótesis alternativa. También constituye proposiciones acerca de la relación entre variables, solamente que sirven para que el investigador trate de refutar, rechazar o anular, lo que afirma la hipótesis alternativa [52].

Ho: El estudio de un filtro artesanal, a base de piedra Pómez, no disminuirá las concentraciones de contaminantes de una lavadora y tinturadora de jeans al alcantarillado público.

2.2.2 Hipótesis Alternativa

La hipótesis alternativa como su nombre lo indica, son posibilidades alternativas ante las hipótesis de investigación y nula. Es lo que el investigador realmente piensa que es la causa de un fenómeno [52].

Hi: El estudio de un filtro artesanal, a base de piedra Pómez, disminuirá las concentraciones de contaminantes de una lavadora y tinturadora de jeans al alcantarillado público.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable independiente:

Filtro artesanal, a base de piedra Pómez.

2.3.2 Variable dependiente:

Concentraciones de contaminantes de una lavadora y tinturadora de jeans al alcantarillado público.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo experimental de acuerdo a la clasificación que presenta el Área de Hidráulica, de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato; se desarrolló bajo la modalidad de investigación experimental, investigación exploratoria e investigación de laboratorio.

Investigación Experimental

La investigación es experimental, porque se realizará un análisis determinado de muestras, en donde que el efluente de la industria de lavadoras y tinturadoras de jeans será analizado antes y después de ser filtrado, que ayudará a prestar atención si el material filtrante (piedra pómez), es efectivo o no para tratar el nivel de contaminantes del mismo; además se espera que ayude a investigaciones futuras.

Investigación Exploratoria

La investigación es exploratoria, debido a que se implementó un sistema operatorio, que funcionará por un lapso de 90 días, para poder observar el nivel de contaminantes del efluente de industrias de lavadoras y tinturadoras de jeans, mediante un filtro artesanal, utilizando material no convencional que se puede encontrar fácilmente en el medio; este proyecto que se encuentra en estudio, en donde se ira tomado muestras cada 10 días para analizar y conocer el estado del efluente después del proceso de filtrado y la eficacia del material.

Investigación de Laboratorio

La investigación es de laboratorio porque se realiza una apropiada revisión del trabajo del filtro; además porque se obtendrá datos puntuales, en donde se sabrá si la utilización de este material como elemento filtrante es conveniente o no.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población es todo aquello que se quiere investigar; en este caso es toda el agua residual proveniente de la Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX” durante el tiempo de la investigación; el mismo que será de 90 días (3 meses), pero durante este número de días, antes mencionado, la industria trabajo 57 días en total.

$$VAR = \frac{X}{T} \quad (\text{Ecuación 3.2.1})$$

Donde:

VAR: Volumen de Agua Residual

X: Cantidad de Agua Residual = 200,9475 m³/día

T: Tiempo = 3 meses = 57 días

$$VAR = \frac{200,9475 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 57 \text{ días}}{3 \text{ meses}}$$

$$VAR = 3 \ 818 \ \text{m}^3/\text{mes}$$

Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población, en este caso será el agua que se tomó para filtrar; es decir, 55 galones diarios, captado todas las mañanas a las 10 horas.

En la Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”, se procedió a tomar una muestra diaria de agua para su filtración a base de piedra Pómez durante 90 días teniendo en cuenta los días laborables de la semana para la Lavadora, en este caso 4 días.

$$Muestra = \frac{x}{t} \quad (\text{Ecuación 3.2.2})$$

Donde:

x: Cantidad de agua residual = 55 gal/día

t: Tiempo = 1 semana = 4 días

$$\mathbf{Muestra} = \frac{55 \frac{\text{gal}}{\text{día}} * 4 \text{ días}}{1 \text{ semana}}$$

$$\mathbf{Muestra} = 220 \text{ gal/semana}$$

Basados en el calendario los 3 meses de estudio tuvieron un total de 13 semanas:

$$\mathbf{Muestra} = \frac{220 \text{ gal}}{\text{semana}} * \frac{13 \text{ semanas}}{3 \text{ meses}}$$

$$\mathbf{Muestra} = 953,33 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ m}^3}{264.17 \text{ gal}}$$

$$\mathbf{Muestra} = 3.61 \text{ m}^3/\text{mes}$$

3.3 OPERACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente.

Filtro artesanal a base de piedra Pómez.

Tabla 3. Operacionalización de la Variable Independiente

CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMES BÁSICOS	TÉCNICA-INSTRUMENTO
Un filtro artesanal es un modelo elaborado manualmente, compuesto de un material poroso que permite disminuir las concentraciones de contaminantes, es decir mejorar la calidad del efluente	Característica del Material (componente filtrante)	Piedra Pómez	¿Qué diámetro será necesario para el filtro? ¿Cuál es el tiempo de filtración de dicho material?	Microscopio de Barrido (TESCAN VEGA 3) Tabla de Chequeo
	Mejorar la calidad del efluente	Descargar al sistema de Alcantarillado	¿Cumple con los parámetros de calidad permisible dicho efluente?	Normativa TULSMA Análisis de Laboratorio

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

3.3.2 Variable Dependiente.

Concentraciones de contaminantes de una lavadora y tinturadora de jeans al alcantarillado público.

Tabla 4. Operacionalización de la Variable Dependiente

CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICA-INSTRUMENTO
De acuerdo a la Normativa TULSMA. La descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público, provenientes de actividades sujetas a regulación, deberán cumplir con los valores permitidos establecidos en el Libro VI, Anexo 1, TABLA 9 de dicha norma.	Valores permitidos que indica el TULSMA, en la Tabla 9, del Libro VI Anexo 1.	DBO ₅ DQO COLOR	¿Cuál es el nivel de DBO ₅ ? ¿Cuál es el nivel de DQO? ¿Cuál es el nivel de Color?	Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21°.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 5. Plan de recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Qué evaluar?	Un filtro artesanal compuesto por piedra Pómez.
¿Sobre qué evaluar?	El nivel de efectividad del filtro.
¿Sobre qué aspectos?	Los parámetros permisibles que se deben considerar después de la filtración, previo a la descarga en el sistema de alcantarillado público, son los siguientes parámetros: DBO ₅ , DQO, Color
¿Quién evalúa?	Sánchez Ortiz Giovanni Santiago
¿A quiénes evalúa?	A muestras de efluente contaminante proveniente de una lavadora y tinturadora de jeans, ubicada en la ciudad de Pelileo, Provincia de Tungurahua, que serán recolectadas cada 10 días, durante 3 meses.
¿Dónde evalúa?	En los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Cómo y con qué?	Mediante un análisis físico – químico del agua.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Se construyó el filtro artesanal en la Lavadora y Tinturadora de Jeans ubicada en la ciudad de Pelileo, Provincia de Tungurahua, con la finalidad de facilitar la toma de muestras, reducción de costos y mantener la integridad del filtro.

El elemento filtrante para la elaboración del filtro artesanal se seleccionó como material la piedra Pómez, que antes de ser colocado en dicho filtro se tamizó, para ser utilizado el material que pasa el tamiz 3/8” y retiene el tamiz N°4, como se observa en la ilustración 1; obteniendo un tamaño de partícula de 0,10 – 0,15 mm para el funcionamiento de un filtro lento a goteo.

Antes de acoplar el filtro artesanal se dispuso un porcentaje del material de 35 litros como valor mínimo, en un “GUARDAMÓVIL GRANDE” de dimensiones (57x42x34) cm, aproximadamente de 38 litros. Entonces con estos datos se determinó la cantidad efectiva del material a colocar en el filtro, con el fin de conservar el trabajo sistemático del filtro.

Una vez recolectado el material que compone el filtro a experimentar se colocó la cantidad adecuada en dicho recipiente en forma de un modelo trapezoidal con base de 57 cm, lado menor de 12,5 cm y lado mayor de 17,5 cm; donde se obtuvo un área trapezoidal de 855 cm². El recipiente en su interior está dividido en dos partes: la primera es donde se encuentra el material filtrante a analizar y la segunda se encuentra el material de soporte utilizado como relleno sin contacto con el material; estas dos capas están divididas por una bandeja de recolección de tol. Especificaciones que sirve como soporte y sistema de recolección de las aguas tratadas.

Anteriormente al iniciar con el proceso de filtrado se captó el agua residual industrial proveniente de la lavadora y tinturadora de jeans “DAYANTEX” y cada proceso de filtrado se colocó 55 galones, que garantiza un volumen durante las 24 horas del día, lo cual sirvió como factor de seguridad para que el filtro se encuentre siempre en funcionamiento.

Posteriormente al proceso de filtración se procedió a tomar 1 litro de agua resultante, como muestra para efectuar los análisis de los parámetros correspondientes, la toma de muestras se debe realizar de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169 en la que nos indica:

Tipo de recipiente apropiado.

Para el tipo de análisis que se realizó en el trabajo experimental fue necesario el uso de botellas de vidrio ámbar o recipientes opacos ya que puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente.

Preparación de los recipientes de muestra para análisis químicos.

El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada homogenizando la misma tres veces.

Cómo llenar el recipiente.

En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físico – químicos llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.

Refrigeración y congelación de las muestras.

Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó; el enfriamiento deberá ser en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C; el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio.

Identificación de las muestras.

Los recipientes que contiene las muestras deben estar señalados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error. Anotar en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta lectura de resultados (fecha y hora del muestreo, nombre del individuo que muestreó, tipo de parámetros a analizarse, etc.)

Transporte de las muestras.

Los recipientes que contiene las muestras deben ser protegidos de la rotura, especialmente de la cercana al cuello; durante la transportación las muestras deben almacenarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe ubicarse en un recipiente individual impermeable o térmico.

Recepción

A la llegada al laboratorio, las muestras se debe analizarlas inmediatamente, en caso de no ser eso posible su análisis, se deben conservar las muestras bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido. Para este propósito es recomendable el uso de refrigeradoras o lugares fríos y oscuros.

En el desarrollo del trabajo experimental se tomaron muestras puntuales; este tipo de muestras se toma para determinar los componentes que fácilmente pueden sufrir alteraciones durante el proceso de preservación y almacenamiento.

El objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad que nos indica en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176.

Para conocer la calidad del efluente se realizó al principio del programa de muestreo una evaluación de los parámetros a analizar antes y después del filtrado; cuyos resultados nos presentaron los niveles de: DBO₅, DQO Y Color Real, por lo que estos datos permitieron la evolución de la eficiencia del filtro artesanal.

Adicionalmente para el desarrollo del presente trabajo experimental se realizó análisis durante un período de cada 10 días, durante 3 meses (90 días).

Los parámetros más importantes a evaluar con las muestras recolectadas cada 10 días se determinó según los resultados obtenidos de los primeros análisis, realizando un seguimiento del nivel de los parámetros en los que se comprobó una mayor disminución de los mismos, que son: DBO₅, DQO y Color Real.

Lo consecutivo a esto es la tabulación y análisis de resultados obtenidos durante el programa de muestreo, para así determinar la eficiencia del filtro artesanal y conocer los resultados del trabajo experimental que se está realizando.

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

El trabajo experimental que se realizó es para conocer la eficiencia del material piedra Pómez utilizada en un filtro artesanal, que pueda disminuir el nivel de contaminantes concentrados en las aguas residuales industriales de la lavadora y tinturadora de jeans “DAYANTEX”.

4.1.1 Ubicación donde se encuentra la Industria

La Industria en donde se realizó el trabajo experimental es la lavadora y tinturadora de jeans “DAYANTEX” que se encuentra ubicada en la Avenida Panamericana Vía Ambato – Baños, en la ciudad de Pelileo, Barrio Tambo, Provincia de Tungurahua; la misma que se encuentra ubicada según las coordenadas Métricas-UTM: con altura de 2655 msnm, longitud de 771730 m y una latitud de 9852546 m; según el Sistema de Proyección WGS_1984_17_Sur.



Ilustración 1. Ubicación de la Industria

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. – Google Maps

4.1.2 Representación del Lugar

La industria es una empresa que está instalada con todos los implementos necesarios para la atención de todos los clientes que quieren sus prendas de jeans sean pintadas y lavadas de la mejor manera con un trabajo garantizado por la misma, que cuenta con: áreas de estacionamiento como se observa en la Ilustración 2, máquinas de lavado de gran tamaño, cuarto para químicos y detergentes, un cuarto para almacenar los jeans que están ya listos para despachar a sus propietarios; además cuenta con tanques reservorios llenados con agua de acequia para cuando ya no cuentan con abastecimiento de la misma y tiene una planta de tratamiento bien estructurada para tratar el efluente que sale después del proceso operacional.



Ilustración 2. Industria Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. – Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Esta industria dispone del servicio de lavadora y tinturadora de jeans, la misma que tiene demasiada demanda, porque trabajan alrededor de cuatro mil quinientos pantalones diarios, es decir, alrededor de dieciocho mil a la semana como se representa en la Tabla 6 y en la Ilustración 3.

Tabla 6. Cantidad de pantalones por semana

Fecha	Días	Pantalones
08/08/2017	Martes	4022
09/08/2017	Miércoles	4368
10/08/2017	Jueves	4698
11/08/2017	Viernes	4994
TOTAL	4	18082

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”



Ilustración 3. Demanda de pantalones al día.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

La industria por ubicarse en una avenida principal, la cual es muy recorrida para trasladarse de Ambato a Baños como se puede observar en la Ilustración 4, por esa razón se trabaja de ocho de la mañana hasta que la producción de ese día se acabe, entonces se habla en un horario de diez a once de la noche, de martes a viernes; permitiendo así poder tomar la muestra en el transcurso de esos días, por los tres meses planteados para el funcionamiento del filtro.

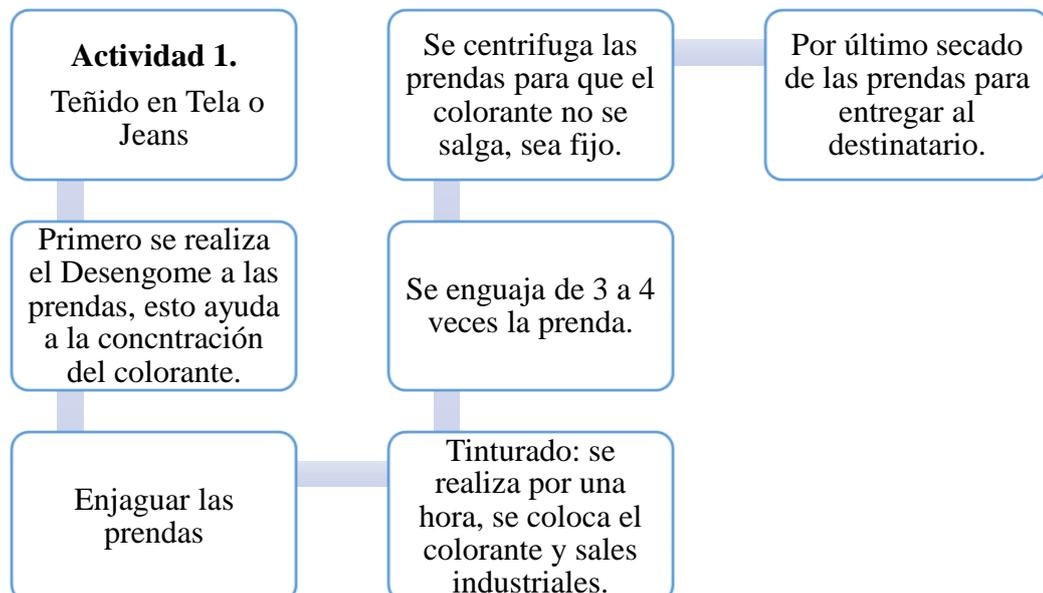


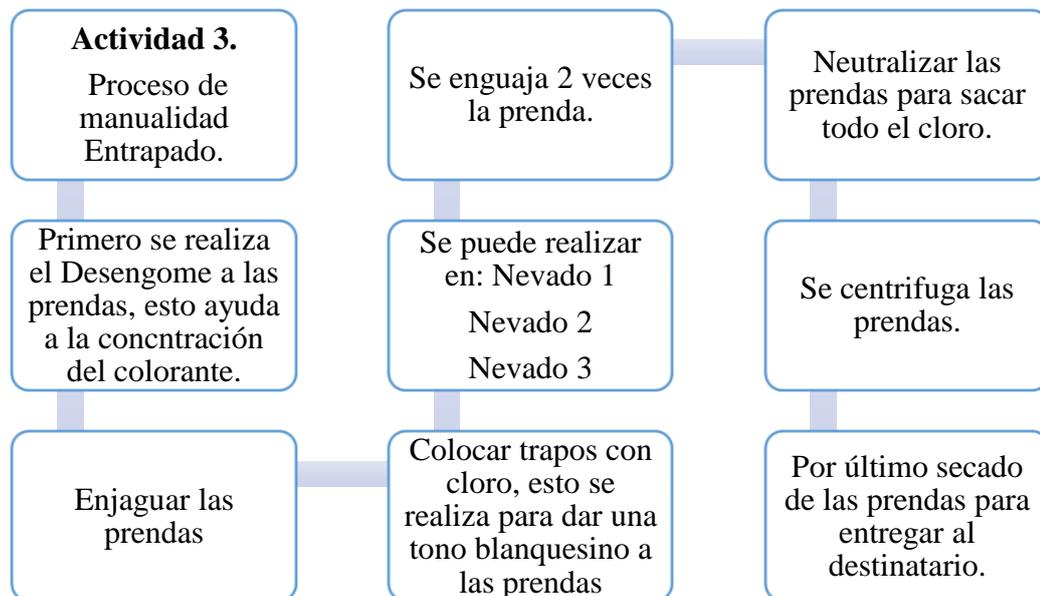
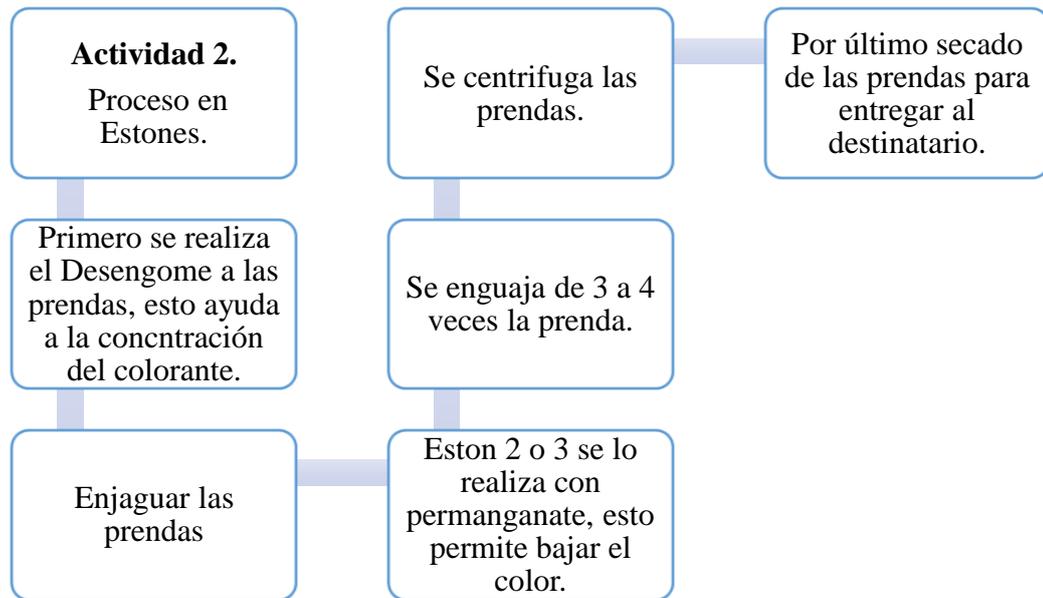
Ilustración 4. Entrada de la Industria.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Actividades que realiza la Industria





La industria además dispone de un lugar destinado para el tratamiento de las aguas residuales que vierte por las diferentes actividades que realiza la misma como se puede observar en la Ilustración 5, la cual está constituida por un sistema que recoge el efluente, dirigiéndolo a un canal en forma de acequias que golpea en cada cambio de sentido, además tiene varias rejillas que viene hacer trampas para retener sólidos y

pelusas de dicho efluente, hasta desembocar a una piscina, en donde el agua es aliviada por un proceso giratorio que se encuentra siempre activo dando vueltas al efluente, para tener la facilidad de bombear el mismo, y así poder trasladarlo por una tubería, hacia una torre de 7 metros, en donde el efluente empieza a caer en forma de aspersores, que va golpeado en rocas volcánicas que se encuentran en diferentes tamices de esta torre, este proceso es conocido como torre de enfriamiento que oxigena el agua; luego como proceso final el efluente es trasladado a una planta de oxidación para realizar un proceso de coagulación y floculación en donde se coloca químicos ablandadores de agua, que entra por dos diferentes conductos, por el primer conducto ingresa cloro y por el otro cloruro de aluminio más acetín; después de este último proceso finalmente el efluente ya tratado es descargado al sistema de alcantarillado. Esto ayuda considerablemente a reducir las concentraciones de los parámetros físico - químicos establecidos en la Tabla 8 del Libro VI Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua del Acuerdo Ministerial 097-A que reforma el texto unificado de Legislación Ambiental Secundaria.



Ilustración 5. Planta de tratamiento de la Industria.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

4.1.3 Materiales que se utilizó para el diseño del filtro

En el filtro artesanal para el tratamiento de aguas residuales industriales provenientes de la lavadora y tinturadora de jeans “DAYANTEX”, se lo realizó con un material artesanal usado para la construcción, el cual ha sido utilizado ya en varios estudios como material filtrante; también hubo la necesidad de utilizar materiales de instalación hidráulica, además para poder soportar al filtro se utilizó materiales metálicos para realizar una estructura resistente como se observa en la Ilustración 8.

Piedra Pómez

La obtención de este material se lo obtuvo en una mina del cantón Salcedo que destina todo material para construcción.

Se trajo dos quintales del material a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica para proceder a realizar el tamizado del mismo, y obtener el tamaño de partícula comprendido entre los tamices de 3/8” y #4 como se puede observar en la Ilustración 6 y 7, por lo que ese será el tamaño de partícula válido para nuestro filtro.



Ilustración 6. Material piedra Pómez tamizada.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago



Ilustración 7. Material seleccionado para el funcionamiento del filtro.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Materiales Hidráulicos que se utilizó para la ejecución del filtro.

Para la ejecución del filtro se requirió el uso de materiales de instalación hidráulica como: tubería de PVC, uniones, taponés y una llave de paso que permita la regulación del agua que sale del tanque, es decir, el efluente que vierte esta industria; por lo que con estos materiales hidráulicos se puede armar el filtro.



Ilustración 8. Filtro en ejecución.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

4.1.4 Costo del Filtro

Para la implementación y el diseño del filtro, se tuvo que conseguir todos los materiales que están detallados en la Tabla 7, donde se invirtió un total de 225 dólares; y así se pudo dar inicio al trabajo planteado, una vez instalado el filtro como se observa en la Figura 1.

Tabla 7. Costo del filtro

Material	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Piedra Pómez	2 qq	15	30
Estructura Metálica	1	120	120
Accesorios de Instalaciones Hidráulicas	1	20	20
Tanque de 55 gal.	1	25	25
Recipiente Plástico (Organizador)	1	18	18
Lata de Tol Galvanizado	2	6	12
		TOTAL	225

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

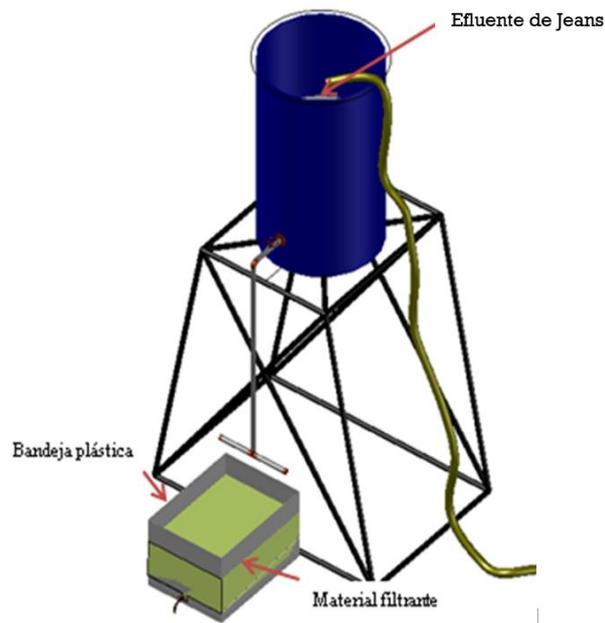


Figura 1. Modelo del Filtro en estudio

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

4.1.5 Cálculos para el funcionamiento del Filtro

Los parámetros tomados para el diseño y ejecución del filtro permitirán tener un modelo acorde a lo que se plantea obtener con respecto a resultados de remoción y disminución de contaminantes de las aguas residuales industriales; además realizadas para condiciones más críticas que este puede tener la misma y así se podrá cuidar al medio ambiente.

Para el estudio de este trabajo experimental, se realizó como prioridad para el diseño la cantidad de consumo que tendrá durante 24 horas, dando como propuesta la instalación de un tanque de 55 galones, entonces en donde se deberá consumir cierta cantidad en el tiempo establecido; así:

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

El consumo de la cantidad de inicio debe ser $2/3$ del volumen total del tanque durante el tiempo establecido.

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

$$V_{consumo} = 36.67 \text{ gal.} \approx 40 \text{ gal. al día}$$

$$40 \frac{\text{gal}}{\text{día}} * \frac{3.78 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} = 151.2 \text{ lt/día}$$

Entonces al ver que se ha consumido el efluente del tanque esa cantidad, se tendrá un sobrante de $1/3$ del volumen total por día, esto será una ayuda para el funcionamiento del filtro porque así no perderá altura de carga y así continuará con el proceso acorde a lo esperado.

Cálculo del caudal por minuto para el medio filtrante de diseño:

$$Q_{diseño} = \frac{V_{consumo}}{T}$$

Determinación del tiempo:

$$1 \text{ día} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 1440 \text{ min}$$

Se obtiene como resultado:

$$Q_{diseño} = \frac{151.2 \text{ lt/día}}{1440 \text{ min}}$$

$$Q_{diseño} = 0.105 \text{ lt/min}$$

El caudal que se obtuvo es de 0.105 lt/min , es un parámetro fundamental para el diseño del filtro; es con este caudal que se debe trabajar para dar funcionamiento al mismo.

Volumen del material

Otro de los parámetros fundamentales para el diseño del filtro es el volumen con el que se debe trabajar el material filtrante a ser utilizado, el mismo que es de 35 litros, se asumió por la facilidad de la estructura y para poder analizar el material, en si no para el diseño del filtro en general, por lo que este trabajo experimental está encaminado a la eficiencia que tiene el material filtrante seleccionado, en este caso la piedra Pómez.

Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

Este parámetro es uno de los que se debe tomar en cuenta para el diseño del filtro porque el TRH será usado para filtros anaeróbicos de flujo ascendente y anaeróbicos convencionales.

Para encontrar el TRH primero se determina como un parámetro de diseño, en donde es necesario con tal con el volumen del material filtrante y el caudal de diseño a utilizarse, que se obtuvo en cálculos anteriores.

$$V_{material} = 35 \text{ lt.}$$

$$Q_{diseño} = 0.105 \text{ lt/min}$$

La fórmula para encontrar el TRH es:

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

$$TRH = \frac{35 \text{ lt}}{0.105 \text{ lt/min}}$$

$$TRH = 333.33 \text{ min}$$

$$333.33 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 5.55 \text{ horas}$$

Según la Tabla 3.1 del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – FAFA., presenta criterios de diseño referente a filtros anaeróbicos para el post Tratamiento de Efluentes de Reactores Anaeróbicos.

Entonces se procede a verificar el resultado obtenido en la presente tabla:

Tabla 8. Criterios de diseño para filtros anaeróbicos aplicables para el post Tratamiento de Efluentes de Reactores Anaeróbicos.

Parámetros de Diseño	Rango de Valores como una Función del Gasto		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de Empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del Medio Filtrante (m)	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0
Tiempo de Residencia Hidráulica (TRH) (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga Hidráulica Superficial (m ³ /m ² d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga Orgánica volumétrica (Kg BDQ/M ³ d)	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50
Carga Orgánica en el Medio Filtrante (Kg BDQ/m ³ d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. – Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento_ Chernicharo de Lemos 2007.

El TRH se ha tomado de 5.55 horas porque está comprendido entre 5 a 10 horas; según la Tabla 3.1 del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – FAFA., este corresponde a un gasto promedio, que además se encuentra en un rango inferior para las condiciones más críticas que se realiza durante el proceso de filtración, por esa razón dependiendo del TRH se procederá a obtener el caudal de diseño con relación al volumen asumido del material.

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

Despejamos $Q_{diseño}$

$$Q_{diseño} = \frac{35 \text{ lt}}{TRH}$$

$$Q_{diseño} = \frac{35 \text{ lt}}{5.55 \text{ h}}$$

$$Q_{diseño} = 6.30 \frac{\text{lt}}{\text{h}} = 0.105 \text{ lt/min}$$

Se puede observar que, tanto para los datos asumidos como los calculados, nuestro caudal de diseño que se obtuvo es el mismo, y con esto se verificó que es correcto, entonces en base a estos cálculos se procede a la aceptación de los parámetros y a la estructuración y ejecución del filtro.

Dimensiones para Medio Filtrante

Con el volumen del material filtrante designado, se propuso usar un recipiente (organizador) plástico como se puede apreciar en la Figura 2, y se verificará si este es capaz de contener el volumen que se desea para el filtro en estudio.

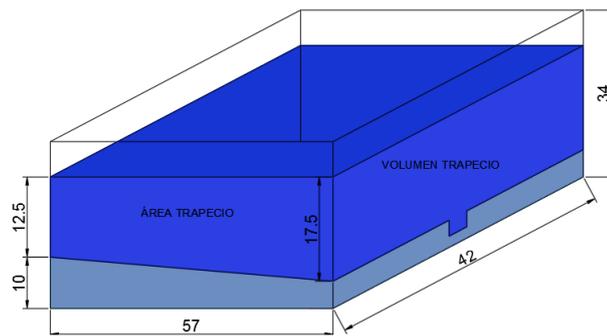


Figura 2. Modelo del recipiente para colocar el material filtrante

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Considerando como una figura totalmente lateral.

Se calcula el área:

$$A_{trapezoido} = 57\text{cm} * \frac{(12.5\text{ cm} + 17.5\text{ cm})}{2}$$

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

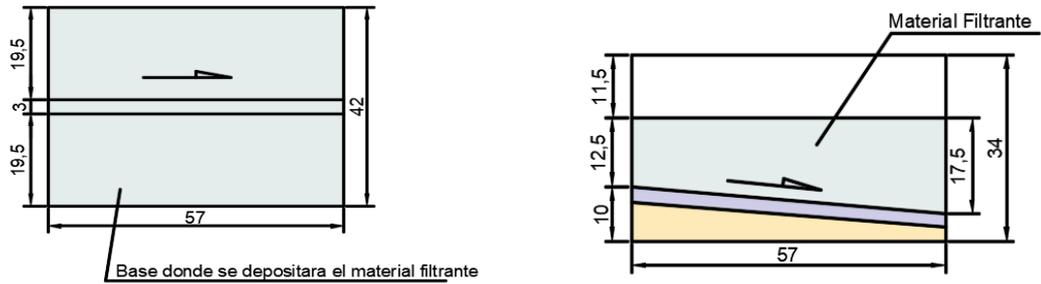
Se calcula el volumen:

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

$$V_{trapezoido} = 35910\text{ cm}^3 \approx 35.91\text{ lt.}$$

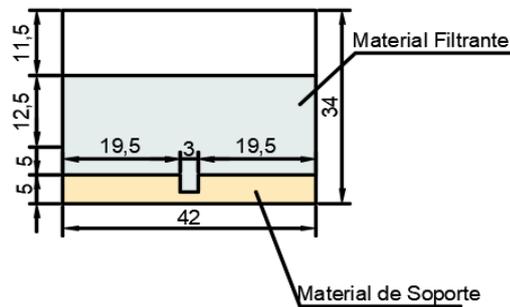
Para el volumen que se obtuvo, se comprobó que el recipiente propuesto está correcto para el volumen del material que es 35lt., entonces se eligió un recipiente comercial que cumple con las dimensiones propuestas, siendo este el Guardamóvil Grande, mismo que contendrá el material para el proceso de filtración durante el tiempo propuesto de 90 días (3 meses).

Figura 3. Diferentes perspectivas del medio filtrante que contiene la piedra Pómez.



A. Vista superior del medio filtrante

B. Vista lateral del medio filtrante



C. Dimensiones específicas del medio filtrante

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

4.1.6 Cálculo de Caudales de la Industria

Para realizar el cálculo del caudal de entrada que va a necesitar, y el caudal de salida que va a generar, al día la industria de lavadora y tinturadora de jeans “DAYANTEX”, se procedió para el caudal de entrada, realizar una toma de datos al borde libre de cada uno de los tanques de reserva que dispone esta industria, por el tiempo de ocho días, para tener un promedio a la semana para su consumo operativo; se tomó lectura en cada mañana por los ocho días, a la misma hora, para ver con que cantidad de agua inicia y en la tarde para ver cuánto de agua se ha consumido de los tanques, el mismo que es llenado con agua de regadío; y para el caudal de salida se tomó lectura por ocho días, en la caja de revisión para ver cuánto de efluente genera, antes de ser desembocado el mismo en el sistema de alcantarillado público.

4.1.6.1 Cálculo de caudal de entrada

Los datos tomados en los días que se indica en la Tabla 9 se realizó a las 8:00 am antes del inicio de las actividades de la industria de los tres tanques con los que cuenta la misma, como se puede apreciar más adelante en las Figuras 4, 5 y 6; luego se volvió a tomar la lectura a las 18:30, esta es una hora en que se aprecia considerablemente la disminución del borde libre con respecto al de la mañana, por el consumo operativo que realiza la industria; obteniendo así un tiempo de ejecución de 10 horas y 30 minutos.

Tabla 9. Lectura tomada al Borde Libre, a cada uno de los Tanques, por ocho días.

DÍA	TANQUE 1 (SIN TAPA)		TANQUE 2 (CON TAPA)		TANQUE 3 (PARTE POSTERIOR)	
	Lectura INICIAL (m)	Lectura FINAL (m)	Lectura INICIAL (m)	Lectura FINAL (m)	Lectura INICIAL (m)	Lectura FINAL (m)
JUEVES	0	1,8	0,25	1,6	0,48	1,4
VIERNES	0	2	0,3	1,53	0,54	1,46
MARTES	0,3	1,65	0,8	1,15	0,52	1,28
MIÉRCOLES	0,2	1,8	0,76	1,32	0,48	1,32
JUEVES	0	1,95	0,55	1,67	0,55	1,44
VIERNES	0,32	2	0,28	1,52	0,5	1,48
MARTES	0,25	1,7	0,76	1,22	0,52	1,26
MIÉRCOLES	0,12	1,85	0,3	1,28	0,5	1,3

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Lavadora y Tinturadora de Jeans “DAYANTEX”

Cálculo del tiempo total en minutos al día, desde la primera lectura que se toma en la mañana, hasta cuando el agua se consume después de la actividad de la Industria.

$$10 \text{ horas} = \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 600 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo} = 600 \text{ min} + 30 \text{ min} = \mathbf{630 \text{ min}}$$

Cálculo de Volumen y Área, con las medidas obtenidas en campo de los tres tanques de almacenamiento de agua con la que cuenta la Industria para la elaboración de sus actividades como se detalla a continuación en las figuras 4, 5 y 6.

Dimensiones Tanque 1: (sin Tapa)

$$\text{Base} = 4,40 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 8,70 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = 2,25 \text{ m}$$

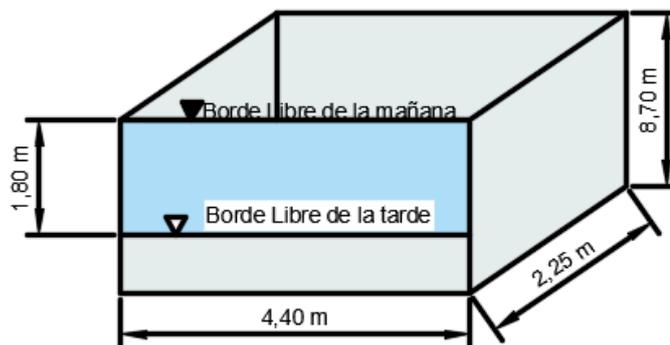


Figura 4. Dimensiones Tanque 1, (sin tapa)

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Lecturas del borde libre de agua tomada el día jueves a las 8:00 am, antes de iniciar la actividad operacional de la industria y después de 630 min., es decir a las 18:30.

$$h_o = 0 \text{ m}$$

$$h_f = 1,8 \text{ m}$$

$$H = h_f - h_o$$

$$H = 1,8 \text{ m} - 0 \text{ m}$$

$$\mathbf{H = 1,8 \text{ m}}$$

- Cálculo del Área del Tanque sin Tapa

$$A = \text{Base} * \text{Altura}$$

$$A = 4,40 \text{ m} * 8,70 \text{ m}$$

$$\mathbf{A = 38,28 \text{ m}^2}$$

- Cálculo del Volumen del Tanque sin Tapa

$$V_1 = A * H$$

$$V_1 = 38,28 \text{ m}^2 * 1,8 \text{ m}$$

$$\mathbf{V_1 = 68,904 \text{ m}^3}$$

Dimensiones Tanque 2: (con Tapa)

Base = 8,10 m

Altura = 8,55 m

Profundidad = 2,50 m

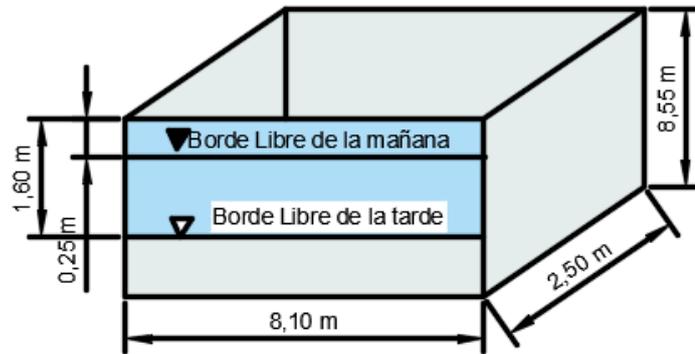


Figura 5. Dimensiones Tanque 2, (con tapa)

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Lecturas del borde libre de agua tomada el día jueves a las 8:00 am, antes de iniciar la actividad operacional de la industria y después de 630 min., es decir a las 18:30.

$h_o = 0,25 \text{ m}$

$h_f = 1,6 \text{ m}$

$$H = h_f - h_o$$

$$H = 1,6 \text{ m} - 0,25 \text{ m}$$

$$H = 1,35 \text{ m}$$

- Cálculo del Área del Tanque con Tapa

$$A = \text{Base} * \text{Altura}$$

$$A = 8,10 \text{ m} * 8,55 \text{ m}$$

$$A = 69,255 \text{ m}^2$$

- Cálculo del Volumen del Tanque con Tapa

$$V_2 = A * H$$

$$V_2 = 69,255 \text{ m}^2 * 1,35 \text{ m}$$

$$V_2 = 93,494 \text{ m}^3$$

Dimensiones Tanque 3: (Parte Posterior)

Base = 8,50 m

Altura = 16,20 m

Profundidad = 2,30 m

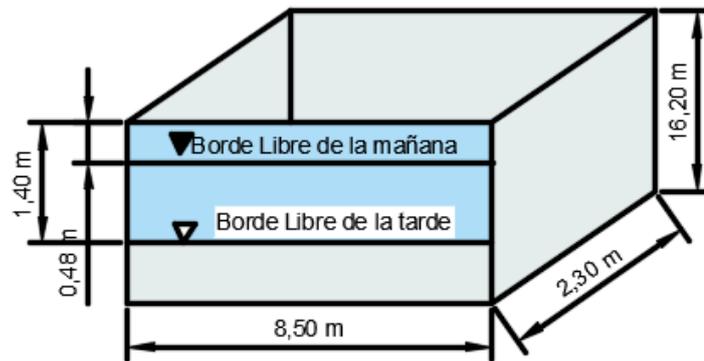


Figura 6. Dimensiones Tanque 3, (parte posterior)

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Lecturas del borde libre de agua tomada el día jueves a las 8:00 am, antes de iniciar la actividad operacional de la industria y después de 630 min., es decir a las 18:30.

$h_o = 0,48 \text{ m}$

$h_f = 1,4 \text{ m}$

$$H = h_f - h_o$$

$$H = 1,4 \text{ m} - 0,48 \text{ m}$$

$$H = 0,92 \text{ m}$$

- Cálculo del Área del Tanque parte Posterior

$$A = \text{Base} * \text{Altura}$$

$$A = 8,50 \text{ m} * 16,20 \text{ m}$$

$$A = 137,7 \text{ m}^2$$

- Cálculo del Volumen del Tanque parte Posterior

$$V_3 = A * H$$

$$V_3 = 137,7 \text{ m}^2 * 0,92 \text{ m}$$

$$V_3 = 126,684 \text{ m}^3$$

Cálculo del Volumen Total Necesario

Es así como se realiza el procedimiento para obtener los cálculos del caudal de entrada en m³ por día; a continuación, en la Tabla 10, se presenta los cálculos de los 8 días que se tomó lectura del borde libre de los tres tanques de agua, tanto antes de las actividades operacionales de la industria, como después de haber empezado la actividad de trabajo, y en el Gráfico 1 se puede observar como varia el caudal en cada día analizado.

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{total} = 68,904 \text{ m}^3 + 93,494 \text{ m}^3 + 126,684 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 289,08 \text{ m}^3/\text{día}$$

Determinación del Caudal Promedio Necesario

$$Q_p = \sum \text{Caudales por día}$$

$$Q_p = \frac{(289,08 + 288,43 + 180,57 + 215,7 + 274,76 + 285,13 + 189,26 + 224,25)}{8 \text{ días}}$$

$$Q_p = 245,8975 \text{ m}^3/\text{día}$$

Tabla 10. Resultados obtenidos de Caudales de Ingreso que necesita la Industria

DÍA	LECTURA Tanque 1 (sin Tapa)	LECTURA Tanque 2 (con Tapa)	LECTURA Tanque 3 (parte Posterior)	VOLUMEN (m3/día)
JUEVES	1,8	1,35	0,92	289,08
VIERNES	2	1,23	0,92	288,43
MARTES	1,35	0,35	0,76	180,57
MIÉRCOLES	1,6	0,56	0,84	215,7
JUEVES	1,95	1,12	0,89	274,76
VIERNES	1,68	1,24	0,98	285,13
MARTES	1,45	0,46	0,74	189,26
MIÉRCOLES	1,73	0,98	0,8	244,25
			Caudal Promedio	245,8975

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. – Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

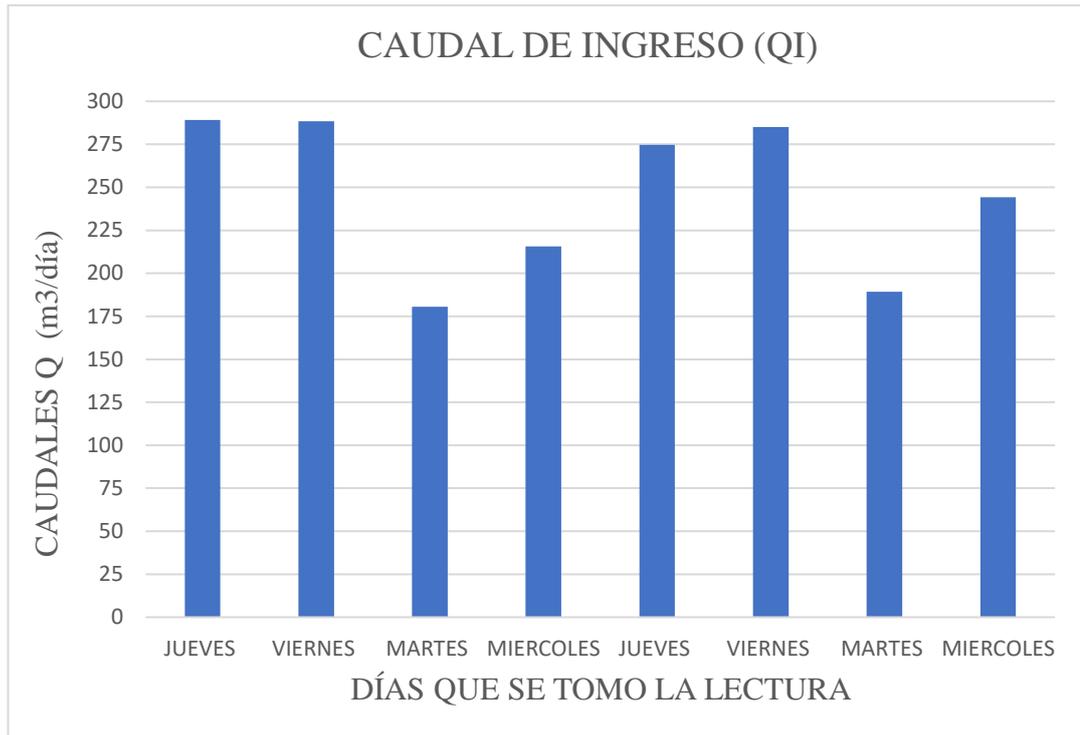


Gráfico 1. Caudal m³ por día necesario para la Industria

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

4.1.6.2 Cálculo de caudal de salida

Para determinar el caudal de salida, en este caso el caudal de consumo de la industria de lavadora y tinturadora “DAYANTEX”, se realizó un estudio de toma de lectura del efluente que sale para descargar al sistema de alcantarillado, por un período de ocho días a la misma hora y se complementó con la siguiente toma de datos:

Diámetro Nominal de tubería: 110 mm

Diámetro Interno de tubería: 104,6 mm

Rugosidad: Tubo PVC = 0,010

Distancia Vertical: 0,18 m

Distancia Horizontal: 5,40 m

- Cálculo de la Pendiente

$$J = \frac{D. vertical}{D. horizontal} * 100$$

$$J = \frac{0.18 m}{5.40 m} * 100$$

$$J = 3.33 \%$$

$$J = S$$

- Cálculo del Ángulo θ

Para realizar este cálculo se toma el primer día de lectura como ejemplo.

Tirante: $h = 4,9 \text{ cm}$

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

$$\theta = 2 \arccos \left(1 - \frac{2 * 4,9}{10,46} \right)$$

$$\theta = 172.76^\circ$$

- Cálculo del caudal

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

$$Q = \frac{(0.1046)^{8/3}}{7257.15 * 0.01 * (2 * \pi * 172.76)^{2/3}} * (2 * \pi * 172.76 - 360^\circ * \sin(172.76))^{5/3} * (0.0333)^{1/2}$$

$$Q = 0.0061744 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$0.0061744 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{10.5 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 233.39 \text{ m}^3/\text{día}$$

Determinación del Caudal Promedio Necesario

$$Q_p = \sum \text{Caudales por día}$$

$$Q_p = \frac{(233,39 + 233,39 + 157,74 + 175,38 + 223,24 + 223,24 + 157,74 + 203,46)}{8 \text{ días}}$$

$$Q_p = 200,9475 \text{ m}^3/\text{día}$$

Es así como se realiza el procedimiento para obtener los cálculos del caudal de salida en m³ por día; a continuación, en la Tabla 11, se presenta los cálculos de los 8 días que se tomó lectura del tirante (h) del agua que vierte la industria después de haber empezado la actividad de la misma, y en el Gráfico 2 se puede observar como varia el caudal en cada día analizado.

Tabla 11. Caudales de salida que consume la Industria “DAYANTEX”

DÍA	LECTURA TIRANTE "h"	VOLUMEN (m ³ /día)
JUEVES	4,9	233,39
VIERNES	4,9	233,39
MARTES	4,1	157,74
MIERCOLES	4,3	175,38
JUEVES	4,8	223,24
VIERNES	4,8	223,24
MARTES	4,1	157,74
MIERCOLES	4,6	203,46
Caudal Promedio		200,9475

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. – Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

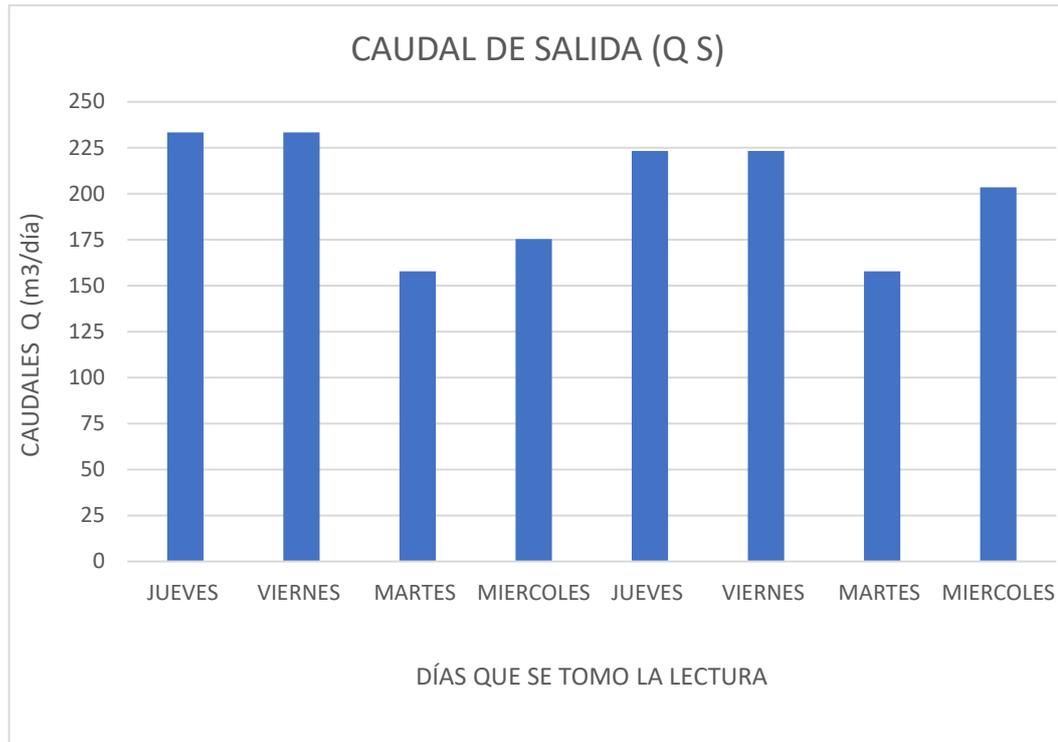


Gráfico 2. Caudal m3 por día que ocupa la Industria

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

4.1.6.3 Análisis de caudal

El caudal de entrada es el caudal que se necesitara por día para la actividad de la industria, mientras que el caudal de salida es el caudal de consumo por día que ocupa la industria, y con el caudal promedio de consumo se determinara la cantidad de agua necesaria por jean, lo cual se terminara en base a la siguiente fórmula:

$$V_{por\ jean} = \frac{\textit{Promedio consumo}}{\textit{promedio jeans}}$$

$$V_{por\ jean} = \frac{200,9475\ m3/día}{4500\ jeans/día}$$

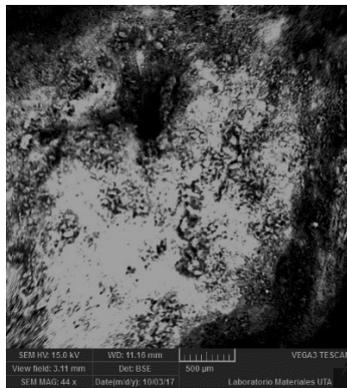
$$V_{por\ jean} = 0,045\ m3/jean$$

La cantidad de volumen de agua que necesita la industria para un jean es de 0.045 m3.

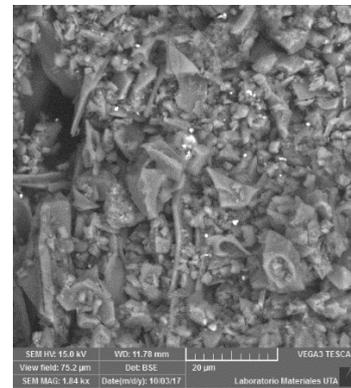
4.1.7 Morfología de la piedra Pómez

La caracterización del material piedra Pómez se lo realizó en el Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, con la ayuda del Microscopio de Barrido Tescan Vega3, realizando la observación del material antes y después del filtrado; las imágenes se realizaron a bajo vacío con el detector de electrones retro dispersos a una energía de 15kV.

Figura 7. Imágenes SEM de la Piedra Pómez antes de ocupar en la filtración



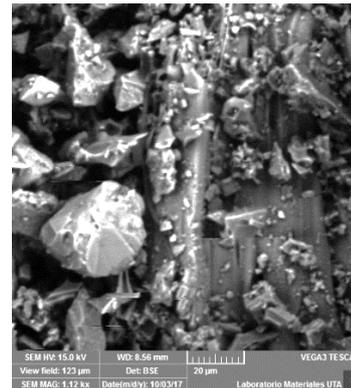
A. Material piedra Pómez Limpia observado con un aumento de 44 x.



B. Material piedra Pómez Limpia observado con un aumento de 1.84 kx



C. Material piedra Pómez Limpia observado con un aumento de 93 x.



D. Material piedra Pómez Limpia observado con un aumento de 1.12 kx.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

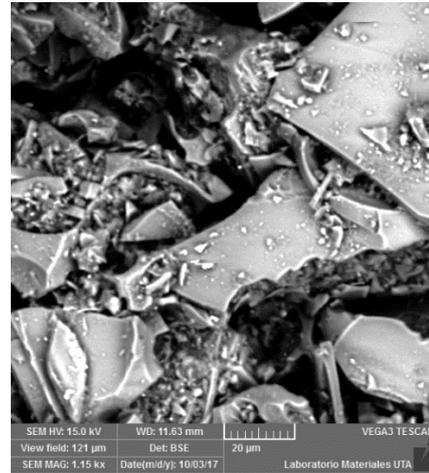
Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

En la Figura 7 se puede apreciar diferentes Imágenes SEM del material piedra Pómez que no se ha utilizado aun en la filtración a diferente aumentos para cada figura A, B, C y D, en las cuales se puede observar a la piedra Pómez con una superficie rugosa porosa, según lo que se puede visualizar la piedra pómez tiene unos 3mm que es la medida del material que se ocupo para realizar esta morfología; además en las Imágenes SEM de las figuras A y C se evidencia un poro de alrededor de 500um. En las Figuras B y D que esta tomada con un aumento de 1840X, se puede apreciar al material con hendiduras, las cuales se ven limpias; que contienen como un conjunto de micropartículas como gránulos; estos gránulos de geometrías diferentes están aglomerados entre ellos.

Figura 8. Imágenes SEM de la Piedra Pómez después de ocupar en la filtración



A. Material piedra Pómez Usada observado con un aumento de 264 x.



B. Material piedra Pómez Usada observado con un aumento de 1150 x.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

En la Figura 8 se puede apreciar dos imágenes SEM del material piedra Pómez que ya ha sido utilizado 90 días para la filtración del efluente de una Lavadora y Tinturadora de jeans; en la Figura A la piedra Pómez tiene una apariencia de microestructura después de un terremoto o una explosión que ha dejado muchos escombros, mientras que en la Figura B se observa con un aumento de 1150X, lo cual se puede apreciar la piedra Pómez con fases cristalinas, donde las impurezas se colocan en la superficie de las mismas.

En las figuras A y B de las Imágenes SEM ya utilizadas en la filtración se puede observar al material con más hendiduras y no tienen ninguna similitud con las Imágenes SEM del material limpio, es decir, se forma una nueva estructura después del filtrado ya que los residuos de los contaminantes Color, DQO y DBO han sido retenidos.

4.2. Análisis, Interpretación y Comparación de Resultados

Para interpretar y comparar los resultados obtenidos se los realiza con la muestra de agua residual industrial cruda y con las muestras de agua residual industrial filtrada tomada cada 10 días, durante el proceso operativo de los 90 días (3 meses) y compararlas con los límites máximos permisibles de los parámetros analizados para la evacuación de aguas residuales industriales hacia el sistema de alcantarillado público, establecido en la Tabla 8 del Libro VI Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de fluentes del recurso agua del Acuerdo Ministerial 097-A que reforma al texto unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

De acuerdo al material filtrante se analiza diferentes parámetros; en este trabajo experimental se lo realizó con piedra Pómez, donde se tuvo que analizar tres principales parámetros, (DBO₅, DQO y Color Real) del efluente que vierte la lavadora y tinturadora de jeans “DAYANTEX”.

Al haber acabado con el proceso de muestreo y análisis del agua residual industrial de la lavadora y tinturadora de jeans, se procederá a realizar la recopilación e interpretación de resultados obtenidos de los análisis del efluente filtrado, entregados

por el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, que a continuación serán expuestos en la Tabla 12 y en los Gráficos 3, 5 y 7.

Tabla 12. Resultados del Agua Residual Industrial Cruda y Filtrada

Resultados de Análisis del Agua Residual Industrial de la Lavadora y Tinturadora de jeans “DAYANTEX”				
Número de Muestras	Fecha de Análisis	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS		
		COLOR (Upt-co)	DQO (mg/l)	DBO₅ (mg O₂/l)
1 (cruda) (M.C.)	27/Junio/2017	703	1338	675
2 (filtrada) (M.T1.)	27/Junio/2017	370	354	170
3 (filtrada) (M.T2.)	07/Julio/2017	366	336	158
4 (filtrada) (M.T3.)	18/Julio/2017	350	215	103
5 (filtrada) (M.T4.)	28/Julio/2017	210	0	0
6 (filtrada) (M.T5.)	08/Agosto/2017	242	171	82
7 (filtrada) (M.T6.)	18/Agosto/2017	128	106	53
8 (filtrada) (M.T7.)	29/Agosto/2017	93	61	23
9 (filtrada) (M.T8.)	08/Septiembre/2017	88	56	29
10 (filtrada) (M.T9.)	19/Septiembre/2017	97	64	35

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH

4.2.1 Eficiencia del Material.

La eficiencia del material es muy importante obtener, porque se puede saber si la piedra Pómez ayudo a disminuir o no los niveles contaminantes de cada uno de los parámetros que se está analizando y en qué porcentaje disminuyo o aumento los mismos.

Para obtener la eficiencia del material nos basamos en la siguiente fórmula y con los datos expuestos en la Tabla 12 procedemos a realizar los cálculos respectivos:

$$E = \frac{MC - MT1}{MC} * 100$$

Es así que se obtuvo la eficiencia de cada uno de las muestras tratadas, por cada parámetro analizado y para poder interpretar los resultados se realizó la Tabla 13 y en los Gráficos 4, 6 y 8.

Tabla 13. Eficiencia del Material para tratar los Parámetros Color, DQO y DBO.

EFICIENCIA DEL MATERIAL PARA TRATAR LOS PARÁMETROS COLOR, DQO y DBO.				
Número de Muestras	Fecha de Análisis	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS		
		COLOR (Upt-co)	DQO (mg/l)	DBO₅ (mg O₂/l)
1 (cruda) (M.C.)	27/Junio/2017	0	0	0
Muestras Filtradas				
2 (filtrada) (M.T1.)	27/Junio/2017	47,37	73,54	74,81
3 (filtrada) (M.T2.)	07/Julio/2017	47,94	74,89	76,59
4 (filtrada) (M.T3.)	18/Julio/2017	50,21	83,93	84,74
5 (filtrada) (M.T4.)	28/Julio/2017	70,13	100	100
6 (filtrada) (M.T5.)	08/Agosto/2017	65,58	87,22	87,85
7 (filtrada) (M.T6.)	18/Agosto/2017	81,79	92,08	92,15
8 (filtrada) (M.T7.)	29/Agosto/2017	86,77	95,44	96,59
9 (filtrada) (M.T8.)	08/Septiembre/2017	87,48	95,81	95,7
10 (filtrada) (M.T9.)	19/Septiembre/2017	86,2	95,22	94,81

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

4.2.2 Análisis Parámetro Color

En el Gráfico 3 y en la Ilustración 9, se puede observar que, durante el período operativo del filtro, que fue de 90 días (3 meses), el comportamiento del color va variando con respecto al resultado que se obtuvo del agua cruda; mientras que en el Gráfico 4 podemos apreciar la eficiencia que tuvo la piedra Pómez para tratar este parámetro.

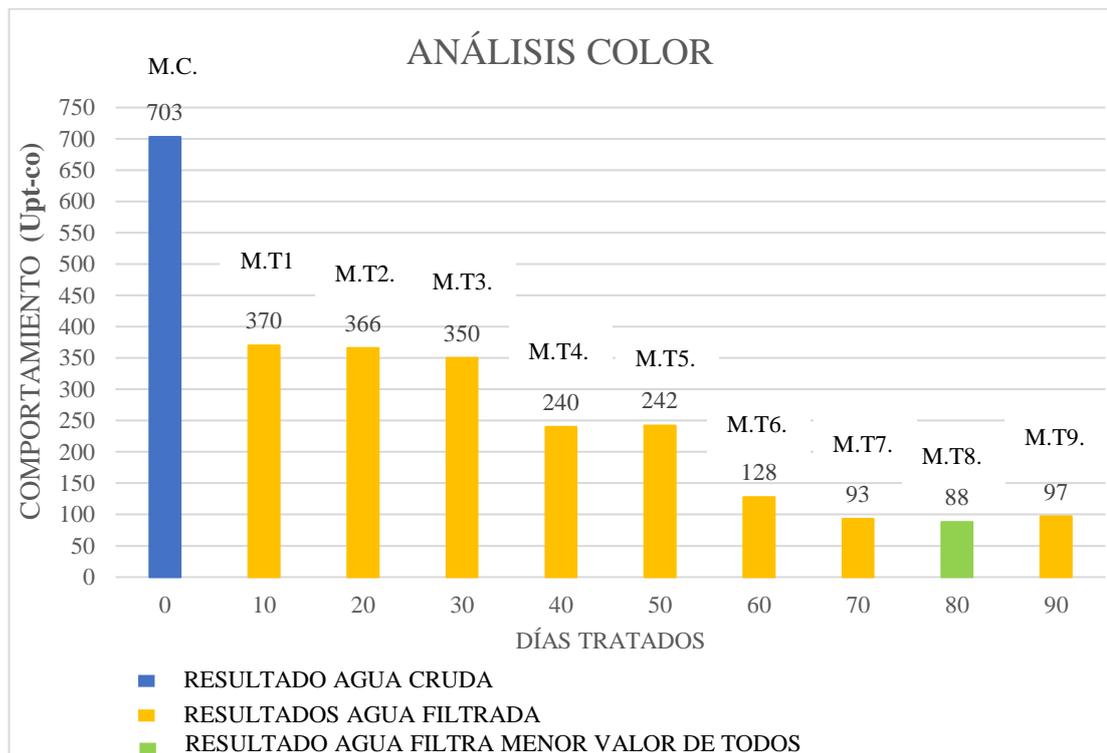


Gráfico 3. Comportamiento del Color del agua residual industrial durante el proceso de filtración.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Ilustración 9. Imágenes del agua Cruda y del agua Filtrada



Efluente sin tratar (Agua Cruda)



Eluente tratado por 90 días (Agua Filtrada)

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. – Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

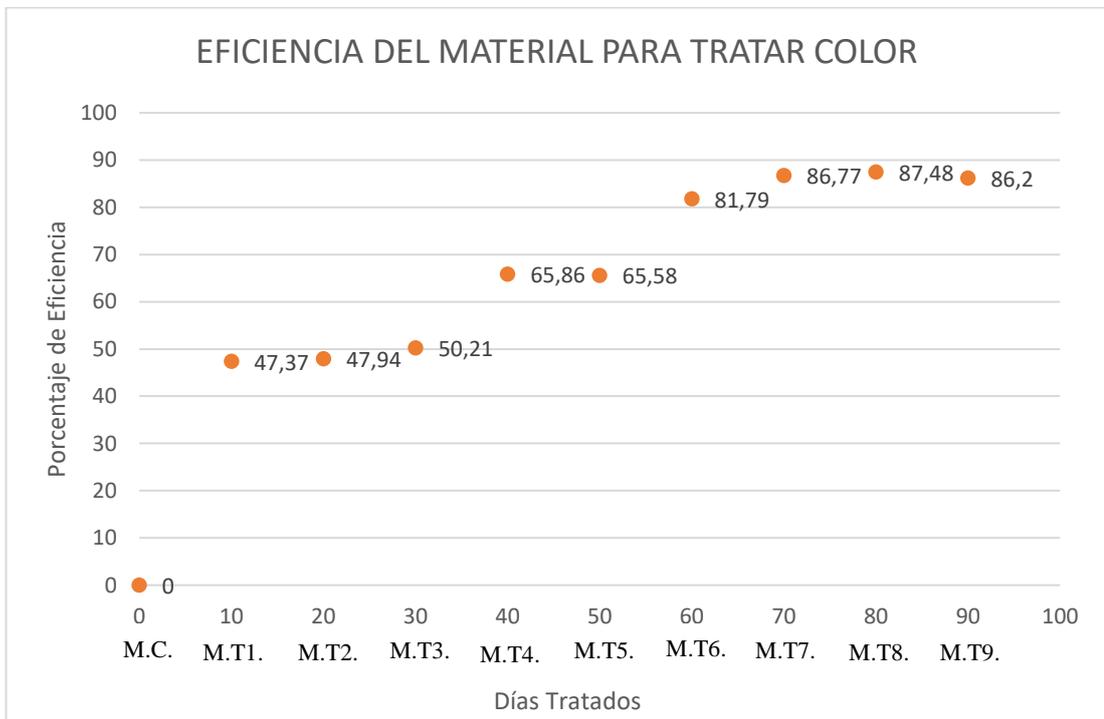


Gráfico 4. Resultados de la Eficiencia que tiene el material para Color.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

En base a los datos obtenidos del Gráfico 3, en el cual se visualiza los resultados que se analizó por 9 veces, tanto al efluente como al agua tratada después del filtrado; en donde se puede apreciar distintas variaciones; el valor de color del efluente sin tratar es de 703 (Upt-co), mientras que del agua tratada, analizada a los 10 días de filtración es de 370 (Utp-co), y en los 90 días de filtración es un valor de 97 (Utp-co); por lo que representa un rendimiento de reducción de contaminación en las características del agua, además se verifico la variación de disminución de color que se observaba mediante el proceso operativo al colocar en el filtro el efluente sin tratar y al tomar el efluente después de filtrarlo.

Para saber si la piedra Pómez como material filtrante es eficiente para tratar el color del efluente de las aguas residuales industriales de la lavadora y tinturdora de Jeans, se analizó una muestra de agua cruda y 9 muestras de agua filtrada en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, la misma que nos otorgó resultados de valores bajos con respecto a la muestra cruda, es decir, que el porcentaje de eficiencia va aumentando en cada muestra tratada, como se puede evaluar en el Gráfico 4, que la muestra 2 tratada a los 10 días del funcionamiento del filtro es de 47,37% y en el último análisis de la muestra 10 tratada a los 90 días del funcionamiento del filtro, el porcentaje de eficiencia es de 86,2%, con estos valores se puede confirmar que la Piedra Pómez es eficiente para tratar color.

4.2.3 Análisis Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En el Gráfico 5 se puede observar que, durante el período operativo del filtro, que fue de 90 días (3 meses), el comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) va variando con respecto al resultado que se obtuvo del agua cruda; mientras que en el Gráfico 6 podemos apreciar la eficiencia que tuvo la piedra Pómez para tratar este parámetro.

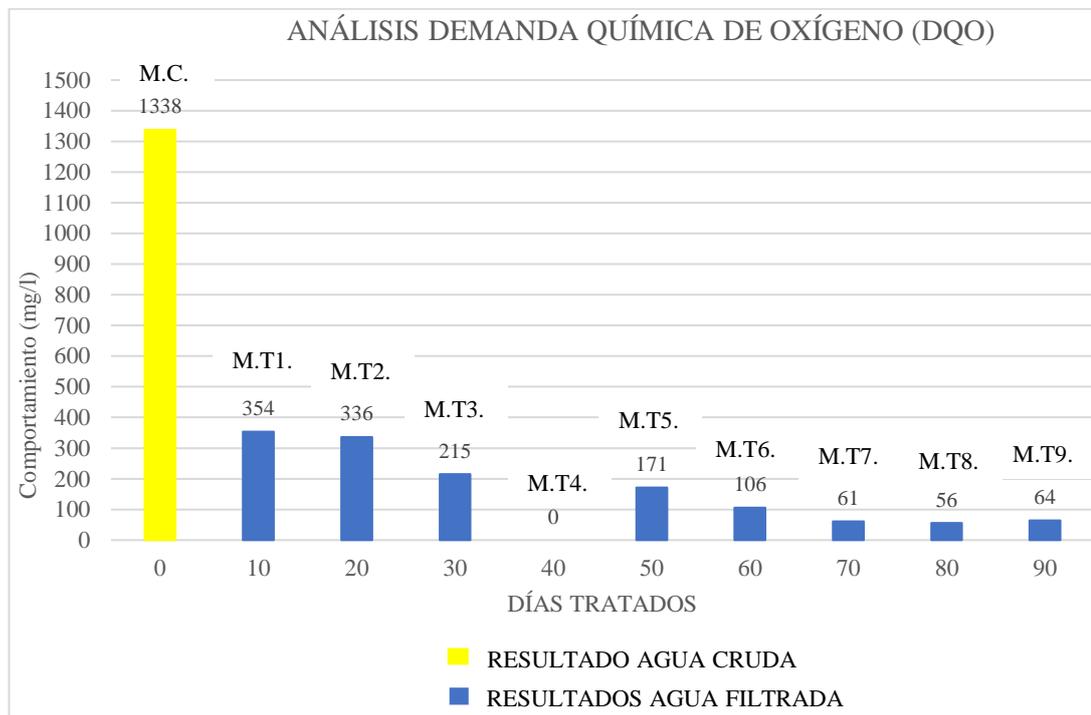


Gráfico 5. Comportamiento del (DQO) del agua residual industrial durante el proceso de filtración.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

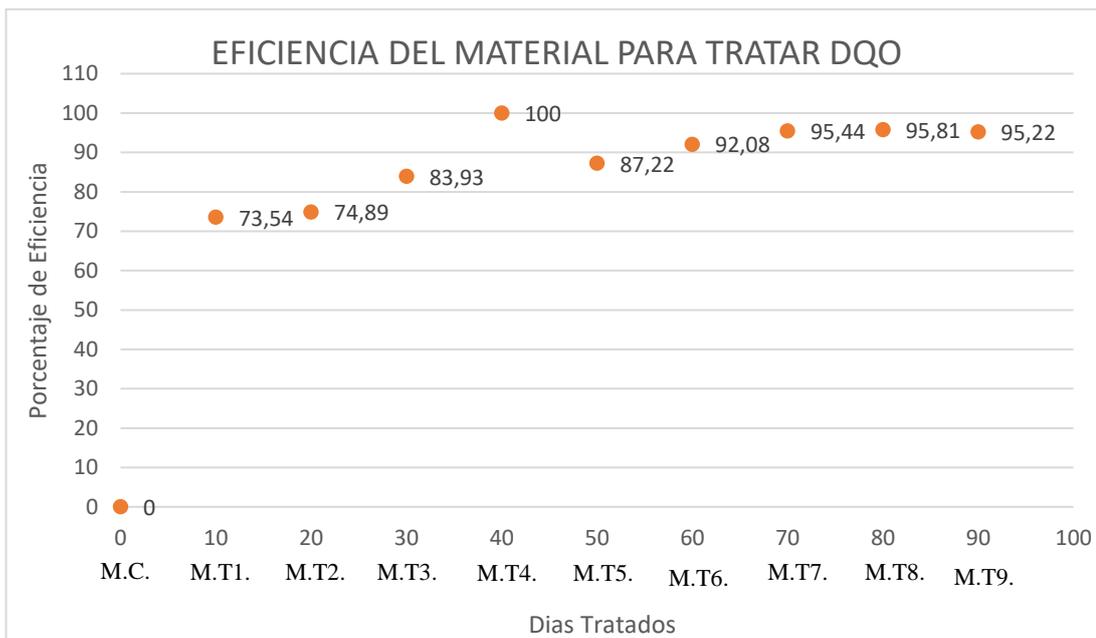


Gráfico 6. Resultados de la Eficiencia que tiene el material para DQO.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

En base al Gráfico 5 en el cual se visualiza los resultados de los análisis realizados al efluente y al agua tratada después de ser filtrada, por 9 veces, donde se puede apreciar distintas variaciones en el parámetro del DQO; en donde que el valor antes del filtrado es de 1338 (mg/l) y después de la filtración en el cuarto análisis se observó que la Demanda Química de Oxígeno (DQO), eliminó totalmente su nivel de contaminación, pero al quinto análisis el valor asciende a 171 (mg/l); se continuo con los análisis del agua filtrada hasta el final del proceso operativo que fue de 90 días (3 meses) y en el último análisis se obtuvo un valor que desciende a 64 (mg/l); entonces con estos valores obtenidos se puede decir que son aceptables, porque se encuentran debajo del valor límite permisible que es de 500 (mg/l); según el TULSMA.

Para saber si la piedra Pómez como material filtrante es eficiente para disminuir los niveles de contaminación del DQO, del efluente de las aguas residuales industriales de la lavadora y tinturdora de Jeans, se analizó una muestra de agua cruda y 9 muestras de agua filtrada en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, la misma

que nos otorgó resultados de valores bajos con respecto a la muestra cruda, es decir, que el porcentaje de eficiencia va aumentando en cada muestra tratada, como se puede evaluar en el Gráfico 6; que la muestra 2 tratada a los 10 días del funcionamiento del filtro es de 73,54% y el análisis obtenido de la muestra 5 a las 40 días del funcionamiento del filtro es de 100%, llegando a tener una eficiencia total; por eso con estos valores se puede confirmar que la Piedra Pómez es eficiente para reducir los niveles contaminantes del DQO.

4.2.4 Análisis Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En el Gráfico 7 se puede observar que, durante el período operativo del filtro, que fue de 90 días (3 meses), el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) va variando con respecto al resultado que se obtuvo del agua cruda; mientras que en el Gráfico 8 podemos apreciar la eficiencia que tuvo la piedra Pómez para tratar este parámetro.

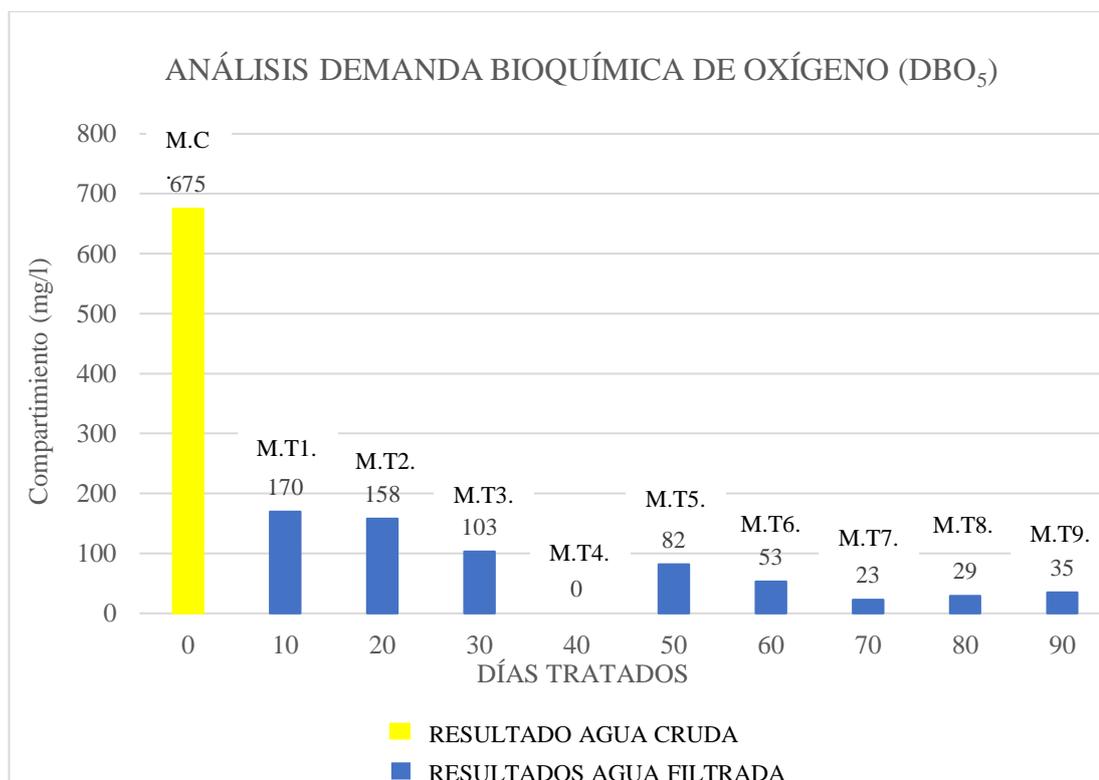


Gráfico 7. Comportamiento del (DBO₅) del agua residual industrial durante el proceso de filtración.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

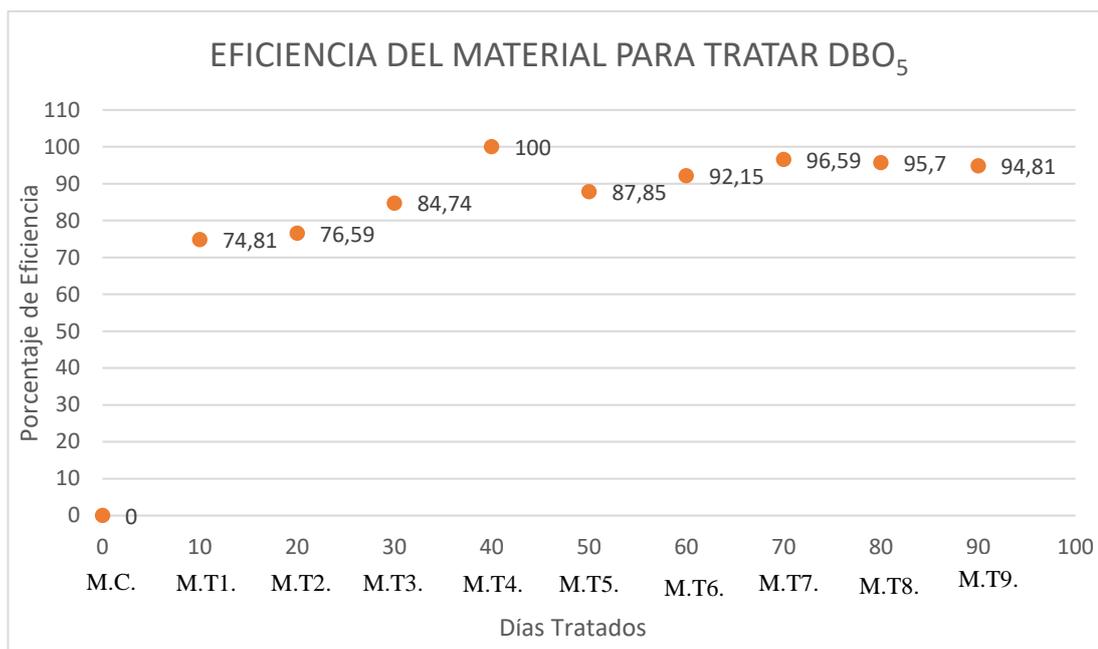


Gráfico 8. Resultados de la Eficiencia que tiene el material para DBO₅.

Realizado por: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

Fuente. - Sánchez Ortiz Giovanni Santiago

En base al Gráfico 7 en el cual se visualiza los resultados de los análisis realizados al efluente y al agua tratada después de ser filtrada, por 9 veces, donde se puede apreciar distintas variaciones en el parámetro del DBO₅; en donde que el valor antes del filtrado es de 675 (mg O₂/l) y después de la filtración en el cuarto análisis se observó que la Demanda Química de Oxígeno (DBO₅), eliminó totalmente su nivel de contaminación, pero al quinto análisis el valor asciende a 82 (mg O₂/l); se continuo con los análisis del agua filtrada hasta el final del proceso operativo que fue de 90 días (3 meses) y en el último análisis se obtuvo un valor que desciende a 35 (mg O₂/l); entonces con estos valores obtenidos se puede decir que son aceptables, porque se encuentran debajo del valor límite permisible que es de 250 (mg O₂/l); según el TULSMA.

Para saber si la piedra Pómez como material filtrante es eficiente para disminuir los niveles de contaminación del DQO₅, del efluente de las aguas residuales industriales de la lavadora y tinturadora de Jeans, se analizó una muestra de agua cruda y 9 muestras de agua filtrada en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH,

la misma que nos otorgó resultados de valores bajos con respecto a la muestra cruda, es decir, que el porcentaje de eficiencia va aumentando en cada muestra tratada, como se puede evaluar en el Grafico 8, que la muestra 2 tratada a los 10 días del funcionamiento del filtro es de 74,81% y el análisis obtenido de la muestra 5 a las 40 días del funcionamiento del filtro es de 100%, llegando a tener una eficiencia total; por eso con estos valores se puede confirmar que la Piedra Pómez es eficiente para reducir los niveles contaminantes del DQO₅.

4.2.5 Análisis Crítico y Personal

4.2.5.1 Análisis Crítico

El Trabajo Experimental propuesto por un grupo de ingenieros docentes de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, fue realizar un filtro artesanal con diferente material filtrante, para poder tratar las aguas residuales industriales de diferentes industrias; recalcando que el trabajo experimental es para saber el porcentaje de eficiencia que tiene el material filtrante para disminuir el nivel de contaminantes del efluente.

Para este trabajo experimental el material filtrante que se ocupó es la Piedra Pómez para tratar las aguas residuales industriales de una lavadora y tinturadora de jeans; analizando tres parámetros para este efluente como es el color, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

El trabajo experimental se realizó por 90 días (3 meses), y se tomó muestras cada 10 días, para mandar analizar en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH. La Piedra pómez resultó un material filtrante efectivo porque los parámetros en estudio iban descendiendo su valor con el pasar de los días con respecto a el análisis de la muestra cruda; la piedra Pómez para tratar color si fue efectiva porque el nivel de contaminante disminuyó en cada muestra filtrada y con respecto a los parámetros del DQO y DBO₅, la piedra Pómez también resultó efectivo para disminuir el nivel de contaminantes porque en la muestra número 5 a los 40 días de funcionamiento operativo del filtro, de acuerdo a los resultados se obtuvo una eficiencia del 100%, porque los valores fueron bajo cero; pero en la muestra número 6 a los 50 días del funcionamiento del filtro los valores aumentaron nuevamente, por lo que se tomó la decisión de lavar el material filtrante y nuevamente usarlo para poder poner a funcionar el filtro, entonces en la muestra número 7 a los 60 días de tratado volvió a descender los valores del nivel de contaminantes de estos parámetros, es por esa razón que cada 40 días se debe lavar o remplazar el material filtrante usado .

Es por esta razón que el material filtrante piedra Pómez si es efectivo para tratar las aguas residuales industriales de una lavadora y tinturadora de jeans.

4.2.5.2 Análisis Personal

En lo personal este trabajo experimental se aprendió sobre las aguas residuales industriales de una industria de lavadora y tinturadora de jeans y los contaminantes que contiene la misma; pero el trabajo experimental se enfocó más al estudio del material en mi caso piedra Pómez.

Para ver si este material es efectivo reduciendo el nivel de contaminantes se procedió a analizar 3 parámetros fundamentales que son: Color, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), en un análisis personal la piedra Pómez si reduce el nivel de color visualmente porque el efluente tiene un color azul marino bien fuerte y después de ser filtrado el mismo se observa un color más claro; además al realizar los análisis en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, también bajan el valor porque nos dan resultados menores al del efluente. Y de igual manera con los dos parámetros restantes porque al obtener el resultado de estos análisis que nos otorga el Laboratorio, cada vez que va pasando los días y las muestras analizadas se ve como disminuye los valores del nivel de contaminantes tanto del DQO y DBO₅, en comparación con el análisis del efluente; cada vez que van pasando los días, en comparación con el efluente.

Entonces el material piedra Pómez fue muy efectivo en los 40 días de ser tratado el efluente según la muestra 5 analizada, porque los resultados obtenidos fue valores bajo cero, es decir que se redujo todo el nivel de contaminantes de esos dos parámetros.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

En base a los resultados obtenidos de las muestras tanto del agua cruda como del agua filtrada, proveniente de una lavadora y tinturadora de jeans, durante 90 días (3 meses), se verifica la hipótesis del presente trabajo experimental; ya que, con la aplicación del filtro artesanal, cuyo material filtrante es la piedra Pómez, se logró disminuir los valores de los parámetros requeridos para la emisión del efluente de la industria, previo a la descarga del sistema de alcantarillado público.

Es por esta razón que rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alternativa (H_1).

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Del estudio del efluente tratado y los resultados obtenidos, se concluye en lo siguiente:

- El comportamiento de los caudales tanto de ingreso como de salida, utilizados en la lavadora y tinturadora de jeans “DAYANTEX”, fueron obtenidos en un caudal promedio por semana; por lo que la industria necesita un caudal de 245 m³/día, para un promedio de 18000 jeans a la semana, y el efluente resultante fue de 200 m³/día; entonces para cada jean la industria necesita un caudal de 0,045 m³.
- Siendo el color, uno de los parámetros más importantes para medir la calidad del agua, y en base a los resultados obtenidos durante los 90 días, se establece que el filtro elimina el 86,2 % de este parámetro. Lo cual nos indica que el material filtrante piedra Pómez es capaz de disminuir el nivel de color y puede ser aprovechado en otras industrias que vierten efluente con similares características.
- Al analizar el parámetro de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y realizando una comparación entre los valores obtenidos del agua cruda, y el agua filtrada, a los 10 y 90 días, se observa que los valores resultantes, han disminuido con el proceso de filtrado; ya que el agua cruda dio un resultado de 1338 mg/l., mientras que el agua tratada a los 10 días fue de 354 mg/l., y en la última filtración analizada disminuyó a 64 mg/l., por lo que en el transcurso de los 90 días (3 meses) el material filtrante piedra Pómez tiene la capacidad de disminuir en un 95,22% el nivel de contaminantes del DQO.
- Al analizar el parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y realizando una comparación entre los valores obtenidos del agua cruda, y el

agua filtrada, a los 10 y 90 días, se observa que los valores resultantes, han disminuido con el proceso de filtrado; ya que el agua cruda dio un resultado de 675 mg/l., mientras que el agua tratada a los 10 días fue de 170 mg/l., y en la última filtración analizada disminuyó a 35 mg/l., por lo que en el transcurso de los 90 días (3 meses) el material filtrante piedra Pómez tiene la capacidad de disminuir en un 94,81% el nivel de contaminantes del DBO₅.

- En los análisis realizados, al finalizar los 90 días (3 meses) de evaluación del filtro, se observa que los parámetros DQO y DBO₅ se encuentran debajo de los límites permisibles, establecidos en el TULSMA, reduciendo las propiedades del agua de esta industria.
- A los 40 días de funcionamiento del filtro artesanal, el agua filtrada analizada arrojó resultados menores a uno, en los parámetros de DQO y DBO₅, es decir, que el material filtrante piedra Pómez disminuyó en totalidad el nivel de contaminantes de estos parámetros; alcanzando una eficiencia al 100%, pero en el siguiente análisis los valores de estos parámetros subieron nuevamente, entonces esto quiere decir que el material filtrante, necesita un proceso de lavado y secado, o cambio del mismo a los 40 días de funcionamiento; para que el material pueda recuperar sus propiedades, no en su totalidad, pero esto ayuda a que los parámetros sigan disminuyendo el nivel de contaminantes y los resultados no se alteren en su totalidad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Seguir la normativa para toma y transportación de muestras del agua residual industrial tanto de la cruda como de las filtradas, para evitar alteraciones en los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos que se realizan a las mismas.
- Para la realización de los análisis de los distintos parámetros que se realizó en las muestras tomadas, es necesario realizar en un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), para garantizar que los resultados sean lo más confiable posible.
- Para verificar la eficacia del material se recomienda tomar muestras del agua filtrada y del agua cruda más seguidas, se puede decir cada 3 días y llevar a analizarlas; para poder hacer una relación o comparación de los resultados de los parámetros recomendados del agua filtrada con el agua cruda de ese día; para no tener demasiada alteración de los resultados.
- Utilizar instrumentos adecuados de protección para el proceso de recolección de agua residual industrial, para prevenir inconvenientes en la salud de la persona, por agentes contaminantes del efluente que emana la industria.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Bougherira *et al.*, “Impact of the urban and industrial waste water on surface and groundwater, in the region of Annaba, (Algeria),” *Energy Procedia*, vol. 50, pp. 692–701, 2014.
- [2] T. L. Silva *et al.*, “Mesoporous activated carbon from industrial laundry sewage sludge: Adsorption studies of reactive dye Remazol Brilliant Blue R,” *Chem. Eng. J.*, vol. 303, pp. 467–476, 2016.
- [3] J. Boer and P. Blaga, “Optimizing Production Costs by Redesigning the Treatment Process of the Industrial Waste Water,” *Procedia Technol.*, vol. 22, pp. 419–424, 2016.
- [4] C. Terras, P. Vandevivere, and W. Verstraete, “Optimal treatment and rational reuse of water in textile industry,” *Water Sci. Technol.*, vol. 39, no. 5, pp. 81–88, 1999.
- [5] T. G. Asere *et al.*, “Uptake of arsenate by aluminum (hydr)oxide coated red scoria and pumice,” *Appl. Geochemistry*, vol. 78, pp. 83–95, 2017.
- [6] A. A. U. De Souza, A. R. Melo, F. L. P. Pessoa, and S. M. De Arruda Guelli Ulson De Souza, “The modified water source diagram method applied to reuse of textile industry continuous washing water,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 54, no. 12, pp. 1405–1411, 2010.
- [7] H. Yukseler, N. Uzal, E. Sahinkaya, M. Kitis, F. B. Dilek, and U. Yetis, “Analysis of the best available techniques for wastewaters from a denim manufacturing textile mill,” *J. Environ. Manage.*, 2016.
- [8] J. Volmajer Valh, A. Majcen Le Marechal, S. Vajnhandl, T. Jerič, and E. Šimon, “4.20 – Water in the Textile Industry,” *Treatise Water Sci.*, pp. 685–706, 2011.

- [9] H. J. de Vriend, M. van Koningsveld, S. G. J. Aarninkhof, M. B. de Vries, and M. J. Baptist, “Sustainable hydraulic engineering through building with nature,” *J. Hydro-Environment Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 159–171, 2015.
- [10] H. Li, Z. Yang, G. Liu, M. Casazza, and X. Yin, “Analyzing virtual water pollution transfer embodied in economic activities based on gray water footprint: A case study,” *J. Clean. Prod.*, 2017.
- [11] S. Miklas, “Wetlands for Water Pollution Control, Second Edition. Chapter 4 – Stream Pollution and Effluent Standards,” pp. 17–19, 2016.
- [12] L. Yuan, J. Shen, Z. Chen, and X. Guan, “Role of Fe/pumice composition and structure in promoting ozonation reactions,” *Appl. Catal. B Environ.*, vol. 180, pp. 707–714, 2016.
- [13] D. İ. Çifçi and S. Meriç, “Manganese adsorption by iron impregnated pumice composite,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 522, pp. 279–286, 2017.
- [14] T. J. Jones, J. K. Russell, C. J. Lim, N. Ellis, and J. R. Grace, “Pumice attrition in an air-jet,” *Powder Technol.*, vol. 308, pp. 298–305, 2017.
- [15] D. helard Shinta Indah, “Evaluation of Iron and Manganese-Coated Pumice from Sungai Pasak, West Sumatera, Indonesia for the Removal of Fe(II) and Mn(II) from Aqueous Solutions,” *ScienceDirect*, vol. 37, pp. 556–563, 2017.
- [16] M. N. Sepehr, A. Amrane, K. A. Karimaian, M. Zarrabi, and H. R. Ghaffari, “Potential of waste pumice and surface modified pumice for hexavalent chromium removal: Characterization, equilibrium, thermodynamic and kinetic study,” *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 45, no. 2, pp. 635–647, 2014.
- [17] A. Kiliç and Z. Sertabıpolu, “Effect of heat treatment on pozzolanic activity of volcanic pumice used as cementitious material,” *Cem. Concr. Compos.*, vol. 57, pp. 128–132, 2015.
- [18] C. Real, L. Palmas, and D. G. Canaria, “Piedra pómez 2003 1.-,” vol. 2001, pp. 1–5, 2003.
- [19] M. Olivia and V. Plasencia, “Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y

de servicios No . 194 Ayala Morelos Área : Ciencias Ambientales ,
experimental Proyecto escolar,” no. 194, 2003.

- [20] M. Kitis, S. S. Kaplan, E. Karakaya, N. O. Yigit, and G. Civelekoglu, “Adsorption of natural organic matter from waters by iron coated pumice,” *Chemosphere*, vol. 66, no. 1, pp. 130–138, 2007.
- [21] K. A. Karimaian, A. Amrane, H. Kazemian, R. Panahi, and M. Zarrabi, “Retention of phosphorous ions on natural and engineered waste pumice: Characterization, equilibrium, competing ions, regeneration, kinetic, equilibrium and thermodynamic study,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 284, pp. 419–431, 2013.
- [22] P. Manekar, G. Patkar, P. Aswale, M. Mahure, and T. Nandy, “Detoxifying of high strength textile effluent through chemical and bio-oxidation processes,” *Bioresour. Technol.*, vol. 157, pp. 44–51, 2014.
- [23] J. Luh, S. Royster, D. Sebastian, E. Ojomo, and J. Bartram, “Expert assessment of the resilience of drinking water and sanitation systems to climate-related hazards,” *Sci. Total Environ.*, vol. 592, pp. 334–344, 2017.
- [24] J. M. Ochando-Pulido, S. Pimentel-Moral, V. Verardo, and A. Martinez-Ferez, “A focus on advanced physico-chemical processes for olive mill wastewater treatment,” *Sep. Purif. Technol.*, vol. 179, pp. 161–174, 2017.
- [25] S. de S. P. C. J. Domiciliarios, *Informe Técnico Sobre Sistemas De Tratamiento De Aguas Residuales En Colombia. Línea Base 2010*, no. 84. 2012.
- [26] H. Shemer, A. Sagiv, M. Hohenberg, and A. Zach, “Filtration characteristics of threaded micro fiber water filters,” *Desalination*, no. July, pp. 0–1, 2017.
- [27] E. Sanmuga Priya and P. Senthamil Selvan, “Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review,” *Arab. J. Chem.*, vol. 10, pp. S3548–S3558, 2017.
- [28] M. Noreen, M. Shahid, M. Iqbal, J. Nisar, and M. Abbas, “Measurement of cytotoxicity and heavy metal load in drains water receiving textile effluents

- and drinking water in vicinity of drains,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 109, pp. 88–99, 2017.
- [29] L. E. Bennett and M. Drikas, “The evaluation of colour in natural waters,” *Water Res.*, vol. 27, no. 7, pp. 1209–1218, 1993.
- [30] S. Jouanneau *et al.*, “Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review,” *Water Res.*, vol. 49, no. 1, pp. 62–82, 2014.
- [31] G. J. Chee, “Development and characterization of microbial biosensors for evaluating low biochemical oxygen demand in rivers,” *Talanta*, vol. 117, pp. 366–370, 2013.
- [32] L. A. T. Nguyen, A. J. Ward, and D. Lewis, “Utilisation of turbidity as an indicator for biochemical and chemical oxygen demand,” *J. Water Process Eng.*, vol. 4, no. C, pp. 137–142, 2014.
- [33] Y. Liu, H. Wang, and Y. Qin, “Augment color discrimination of local descriptors,” *Opt. - Int. J. Light Electron Opt.*, vol. 140, pp. 644–657, 2017.
- [34] N. Currit and W. E. Easterling, “Globalization and population drivers of rural-urban land-use change in Chihuahua, Mexico,” *Land use policy*, vol. 26, no. 3, pp. 535–544, 2009.
- [35] T. Seth and J. Lee, “Consensus and conflict: Exploring moderating effects of knowledge workers on industry environment and entrepreneurial entry relationship,” *J. Bus. Res.*, vol. 78, no. May, pp. 119–132, 2017.
- [36] A. C. Incera, A. F. T. Avelino, and A. F. Solís, “Gray water and environmental externalities: International patterns of water pollution through a structural decomposition analysis,” *J. Clean. Prod.*, 2017.
- [37] C. F. Cortina Dominguez and R. Márquez Ortiz, ““Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil,”” pp. 1–194, 2008.
- [38] B. Yuan, S. Ren, and X. Chen, “Can environmental regulation promote the coordinated development of economy and environment in China’s manufacturing industry?—A panel data analysis of 28 sub-sectors,” *J. Clean. Prod.*, vol. 149, pp. 11–24, 2017.

- [39] La Hora, “Jeans: ¿Una Industria que contamina?,” *Diario La Hora*, Pelileo, p. 2, 15-Jan-2006.
- [40] Constitución de la República del Ecuador de 2008, “Artículo 14, Título II, Capítulo Segundo,” p. 175, 2008.
- [41] D. De Jager, M. S. Sheldon, and W. Edwards, “Colour removal from textile wastewater using a pilot-scale dual-stage MBR and subsequent RO system,” *Sep. Purif. Technol.*, vol. 135, pp. 135–144, 2014.
- [42] J. M. Gac, A. Jackiewicz, Ł. Werner, and S. Jakubiak, “Consecutive filtration of solid particles and droplets in fibrous filters,” *Sep. Purif. Technol.*, 2016.
- [43] B. K. Winfrey, B. E. Hatt, and R. F. Ambrose, “Arbuscular mycorrhizal fungi in Australian stormwater biofilters,” *Ecol. Eng.*, vol. 102, pp. 483–489, 2017.
- [44] E. Aivazidou, N. Tsolakis, E. Iakovou, and D. Vlachos, “The emerging role of water footprint in supply chain management: A critical literature synthesis and a hierarchical decision-making framework,” *J. Clean. Prod.*, vol. 137, pp. 1018–1037, 2016.
- [45] L. Barba and L. Edith, “Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición,” *Univ. del Val.*, p. 48, 2002.
- [46] D. Chico, M. M. Aldaya, and A. Garrido, “A water footprint assessment of a pair of jeans: The influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products,” *J. Clean. Prod.*, vol. 57, pp. 238–248, 2013.
- [47] J. a. Espigares G, M.; Pérez López, “Aguas Residuales: Composicion,” *Aguas Residuales. Compos.*, p. 22, 1985.
- [48] O. López, “‘Catastro de Lavanderías de Jeans y seguimiento a los procesos de Regulación Ambiental’, Dirección de Orden y Control, GAD Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo,” p. 2, 2017.
- [49] L. A. Sierra, E. Pellicer, and V. Yepes, “Method for estimating the social sustainability of infrastructure projects,” *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 65, no. February, pp. 41–53, 2017.
- [50] Y. D. E. D. D. E. Efluentes and R. Agua, “Anexo 1 del libro vi del texto

unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua,” pp. 1–37.

- [51] R. B. Geerdink, R. Sebastiaan van den Hurk, and O. J. Epema, “Chemical oxygen demand: Historical perspectives and future challenges,” *Anal. Chim. Acta*, vol. 961, pp. 1–11, 2017.
- [52] G. Galilei, “Tema : Las Hipótesis,” p. 5.

2. ANEXOS

2.1 Imágenes del Trabajo Experimental





Pesando en la balanza electrónica el material para ensayo de Granulometría.



Material seleccionado con el tamaño de partícula adecuado, para los 35 litros necesarios para colocar en el contenedor del material filtrante.



Ubicación de la Industria de Lavadora y Tintadora de jeans "DAYANTEX"



Vista del espacio general cuando se ingresa a la Industria .



Tanque 1 (con tapa) de reserva de agua de regadío para el funcionamiento operativo de la Industria.



Tanque 2 (sin tapa) de reserva de agua de regadío para el funcionamiento operativo de la Industria.



Tanque 3 (parte posterior) de reserva de agua de regadío para el funcionamiento operativo de la Industria.



Funcionamiento operativo de la Industria. Desengome, Tinturado, Lavado, Centrifugado, Secado de las prendas que los clientes dejan.



Máquinas de enjuague, a cada una de las máquinas se las coloca prendas del mismo color para su respectivo enjuague.



Máquina de Tinturado que se realiza en la Industria.



La industria cuenta con diferentes espacios; como en esta imagen se puede apreciar la recepción de prendas, entrada principal para el cuartó de máquinas.



Cuarto de recepción y entrega de prendas.



La Industria cuenta con un curto de bodega, para almacenar todos los químicos que ocupan en el proceso de lavado y tinturado de jeans.



Químicos almacenados para abastecer a la demanda de prendas que tiene la Industria.



Curto de Tintes que tiene la Industria para complacer con gustos de cada cliente.



Prendas listas para ser entregadas a sus dueños, después de todo el proceso operativo.



Canal donde se acumula toda clase de pelusas que genera durante el proceso del lavado y tinturado de prendas.



Canal por donde sale el efluente que vierte la industria.



Planta de Tratamiento con la que cuenta la Industria, y es de ese lugar en donde se tomó la muestra para analizar el agua cruda.



Contenedor del material filtrante para que abastezca los 35 litros de la piedra Pómez.



EL material filtrante piedra Pómez, colocado en el contenedor, listo para dar inicio el proceso de filtrado.



Filtro artesanal instalado sobre una estructura metálica de 1,70 m, listo para tartar el efluente de la Industria.



Material filtrante piedra Pómez, antes de ser usada y después de ser usada; como se puede observar en la imagen la piedra Pómez usada tiene un color negro intenso.



	<p>El material filtrante piedra Pómez usada, es colocada en el horno a 40°C por 24 horas, para el secado del mismo.</p>
 <p>La Dra. Diana Coello colocando la piedra Pómez usada y sin usar en el Microscopio TESCAN VEGA3.</p>	 <p>La muestra de piedra pomez usada y sin usar listas para poder ver la caracteizacion que tienen, por medio del Microscopio TESCAN VEGA3.</p>

2.2 Peso Específico del material piedra Pómez

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
<p>Muestra N°</p>		<p>1</p>

Canastilla N°	MUESTRA
Temperatura de agua y suelo en °C	17°
Peso canastilla vacía (Aire)	1226
Peso canastilla más suelo S.S.S. (Aire)	3029
Peso suelo S.S.S. (Aire) B	1803
Peso canastilla sumergida (Agua)	1081
Peso canastilla más suelo S.S.S. sumergidos (Agua)	1246
Peso suelo S.S.S. sumergido (Agua) C	165
Peso canastilla (Aire)	1226
Peso canastilla más suelo seco	3226
Peso suelo seco: A	2000
Densidad Aparente de los Sólidos	1,22
Factor de corrección por temperatura: K	0,9988
Gravedad Específica: Gs	1,09

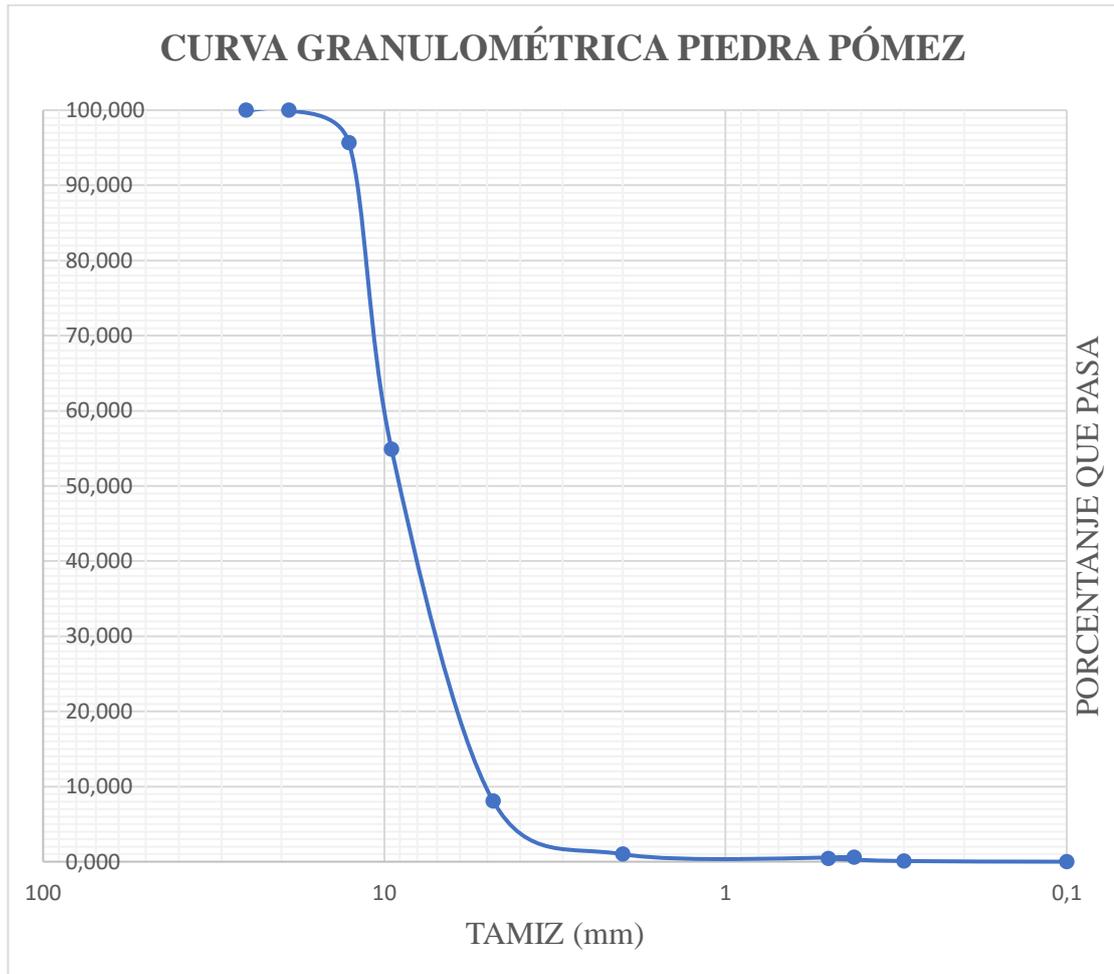
2.3 Granulometría del material piedra Pómez

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
1 ”	0	0,00	100,00
3/4”	0	0,00	100,00
1/2”	430	4,32	95,68

3/8"	4489	45,10	54,90
#4	9149	91,91	8,09
Pasa Tamiz #4	807	8,11	-----
#10	706	7,09	1,00
#40	746	7,49	0,59
#50	762	7,66	0,43
#100	796	8,00	0,091
#200	805	8,09	0,001
Pasa Tamiz #200	805,1	8,09	-----
Total	9954,1		
Peso del cuarteo	555		
Tamaño nominal máximo	1/2" = 12,7 mm		
Diámetro Efectivo	5 mm		
Diámetro Equiparable	7 mm		
Diámetro Dimensional	10 mm		
Coefficiente de Uniformidad	2		
Coefficiente de Curvatura	2,45		

TAMIZ	TAMIZ(mm)	PORCENTAJE QUE PASA
1 "	25,4	100,000
3/4"	19,05	100,000
1/2"	12,7	95,680
3/8"	9,525	54,900
#4	4,8	8,090
#10	2	1,000
#40	0,42	0,590

#50	0,5	0,430
#100	0,3	0,091
#200	0,1	0,001



2.4 Informes de Resultados de los Análisis de los Parámetros correspondientes del agua cruda y filtrada de la Industria, otorgados por el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME Nº** 094-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **Nº SE:** 094-17

DIRECCIÓN: Ambato

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 - 06 -17

TELÉFONO: 0979060594

FECHA DE INFORME: 04 - 07 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN:

MA - 229-17 Muestra cruda Agua
 MA - 230-17 Muestra tratada 10 días Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 229-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	703	N/A	27 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1338	N/A	27 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	675	N/A	27 - 06 -17

MA - 230-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	370	N/A	27 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	354	N/A	27 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	170	N/A	27 - 06 -17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 107-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME N°** 107- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 107-17
DIRECCIÓN: Ambato
TELÉFONO: 0979060594 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 07 - 07 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo **FECHA DE INFORME:** 14 - 07- 17
IDENTIFICACIÓN: **TIPO DE MUESTRA:**
MA - 249-17 Muestra tratada 20 días Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 249-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	366	N/A	07 - 07 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	336	N/A	07 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	158	N/A	07 - 07 -17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 128-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME N°** 128- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 128-17

DIRECCIÓN: Ambato

FECHA DE RECEPCIÓN: 18 - 07 -17

TELÉFONO: 0979060594

FECHA DE INFORME: 25 - 07 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN:

MA - 273-17

Muestra tratada 30 días

Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 273-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	350	N/A	18 - 07 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	215	N/A	18 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	103	N/A	18 - 07 -17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 146-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME N°** 146- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 146-17

DIRECCIÓN: Ambato

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 - 07 -17

TELÉFONO: 0979060594

FECHA DE INFORME: 04 - 08 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN:

MA - 292-17

Muestra tratada 40 días

Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 292-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	210	N/A	28 - 07 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	< 1	N/A	28 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	< 1	N/A	28 - 07 -17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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

Página 1 de 1

FMC2101-01

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 171-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME N°** 171- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 171-17

DIRECCIÓN: Ambato

FECHA DE RECEPCIÓN: 08 - 08 -17

TELÉFONO: 0979060594

FECHA DE INFORME: 15 - 08 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN:

MA - 303-17

Muestra tratada 50 días

Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 303-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	242	N/A	08 - 08 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	171	N/A	08 - 08 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	82	N/A	08 - 08 -17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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



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

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

Página 1 de 1

FMC2101-01

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 193-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME N°** 193-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 193-17
DIRECCIÓN: Ambato
TELÉFONO: 0979060594 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 18-08-17
FECHA DE INFORME: 25-08-17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 329-17 Muestra tratada 60 días Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 329-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	128	N/A	18-08-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	106	N/A	18-08-17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	53	N/A	18-08-17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 208-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME Nº** 208-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **Nº SE:** 208-17
DIRECCIÓN: Ambato
TELÉFONO: 0979060594 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 29-08-17
FECHA DE INFORME: 05-09-17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 349-17 Muestra tratada 70 días Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 349-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	93	N/A	29-08-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	61	N/A	29-08-17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	23	N/A	29-08-17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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

Página 1 de 1

FMC2101-01

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 221-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME N°** 221- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 221-17
DIRECCIÓN: Ambato
TELÉFONO: 0979060594 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 08 - 09 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo **FECHA DE INFORME:** 15 - 09 -17
IDENTIFICACIÓN: **TIPO DE MUESTRA:**
MA - 364-17 Muestra tratada 80 días Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 364-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	88	N/A	08 - 09 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	56	N/A	08- 09 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	29	N/A	08 - 09 -17

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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

Página 1 de 1

FMC2101-01

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 225-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Giovanni Sánchez **INFORME N°** 225-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 225-17
DIRECCIÓN: Ambato
TELÉFONO: 0979060594 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 19-09-17
FECHA DE INFORME: 26-09-17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora y tinturadora de jeans, Pelileo **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN:
MA - 368-17 Muestra tratada 90 días Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 368-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color real	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	97	N/A	19-09-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	64	N/A	19-09-17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	35	N/A	19-09-17

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

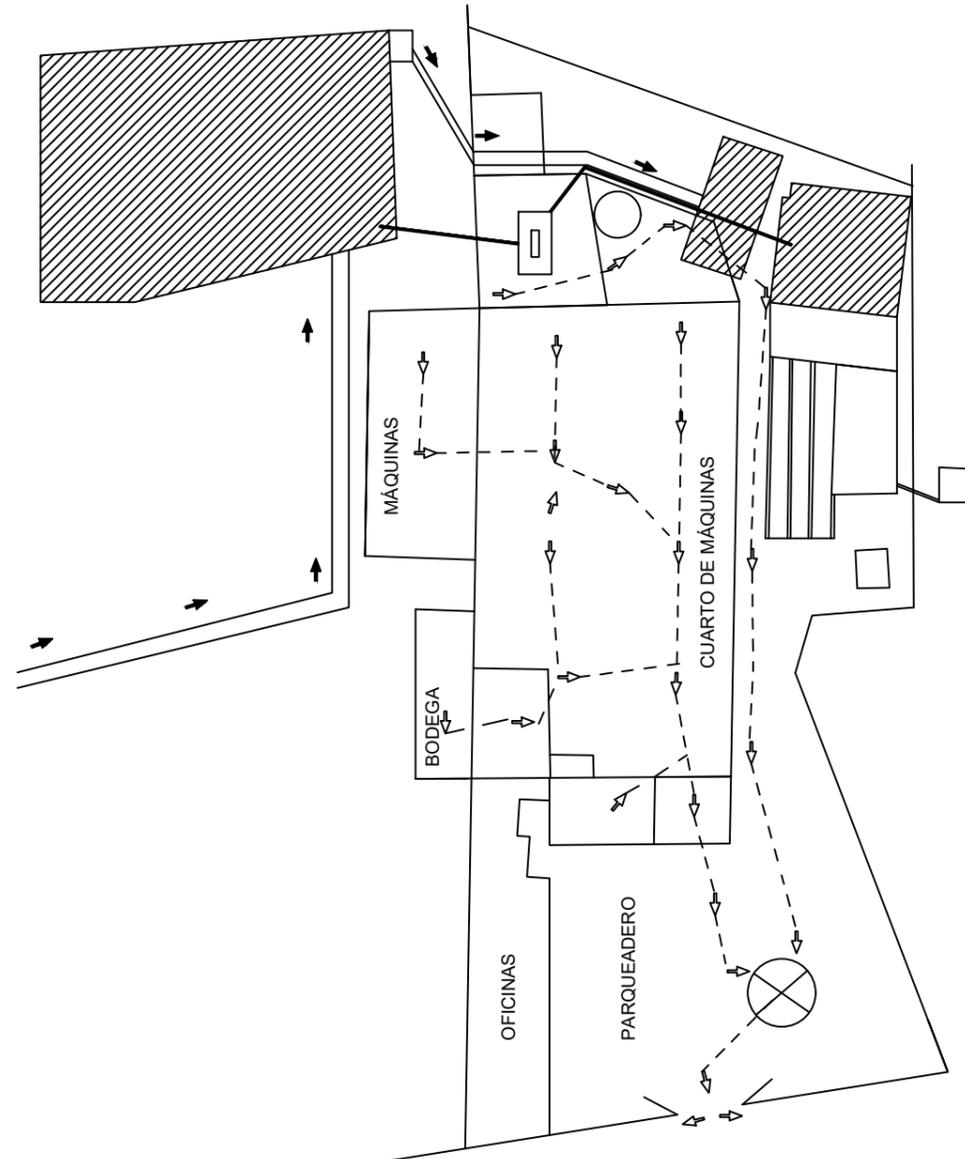
RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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


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

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

TEMA: PLANIMETRIA DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS "DAYANTEX".



PLANTA CLAVE:



INDUSTRIA EN ESTUDIO



SIMBOLOGÍA:

Simbología	
	Descarga interna del efluente de la industria
	Abastecimiento de agua de regadío para el sistema operativo de la industria
	Dirección de descarga
	Tanques de reserva

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CONTIENE: Diagrama de Flujo de agua de ingreso y descarga de la industria.

DIBUJO: Sánchez Ortiz Giovanni Santiago	TEMA: ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS "DAYANTEX". UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR.	ESCALA: SN
		FECHA: Ambato, noviembre 2017
		HOJA No: N° 1

EGRESADO:
Sánchez Ortiz, Giovanni Santiago.

TUTOR:
Ing. Mg. Fábion Morales Fiallos