



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA
FLOHERRERA S.A, UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.

AUTOR: EDISON MARCELO SALGUERO SALAZAR

TUTOR: ING. MsC. DILON MOYA

AMBATO-ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo Ing. Dilon Moya Medina certifico que el presente trabajo experimental bajo el tema “ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA “LA HERRADURA FLORHERRERA S.A”, UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.”, realizado por el señor Edison Marcelo Salguero Salazar Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi inspección, siendo un trabajo elaborado de manera personal.

Ambato, Enero del 2018

Ing. MSc. Dilon Moya Medina

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Edison Marcelo Salguero Salazar, con CI. 050324294-3 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que los criterios y el contenido del trabajo experimental con el tema “ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA “LA HERRADURA FLORHERRERA S.A”, UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.”, es de mi completa autoría.

Ambato, Enero del 2018

Edison Marcelo Salguero Salazar

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 éste Trabajo de Titulación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Enero del 2018

Edison Marcelo Salguero Salazar

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de calificación de grado aprueban el Trabajo Experimental: “ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA “LA HERRADURA FLORHERRERA S.A”, UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.”, del Sr. Edison Marcelo Salguero Salazar, egresado de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil.

Para constancia firman,

Ing. Mg Fabián Morales

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg Diana Coello

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Mi trabajo se lo dedico primeramente a Dios por darme la fuerza y sabiduría durante todos mis años de estudiante. A mis padres que han sido un pilar fundamental en mi vida que con su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional han sabido darme esta oportunidad de llegar a este punto tan importante en mi vida.

A mis hermanos Lorena y Geovanny por ser una continua ayuda y apoyo para poder superarme en todos estos años con sus palabras de aliento que nunca me dejaron decaer en las adversidades y seguir siempre perseverante en todos los obstáculos que me presente la vida.

A mis amigos que siempre han estado ahí sin esperar nada a cambio compartiendo sus conocimientos, alegrías y tristezas durante estos años que han sido los más gratos en mi vida de estudiante.

Gracias a todos.

Edison Salguero S.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos quienes hicieron posible este momento familia, profesores y alumnos que me apoyaron en este trabajo de titulación. En especial al Ing. Dilon Moya que aportó con su conocimiento para tener un trabajo de calidad.

A la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO** en especial a la **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**, por haberme formado como profesional inculcando ideas, pensamiento y conocimiento que me ayudarán durante toda mi vida profesional.

Edison Salguero S.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1. Tema de trabajo experimental.....	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Ingeniería civil.....	5
2.2.1. Clasificación de sistemas de filtración rápida	5
2.2.2. Tipos de medio filtrante	6
2.2.3. Biofiltración.....	6
2.3. Contaminación hídrica	6
2.3.1. Mecanismos de retención de contaminantes	6
2.3.2. Mecanismo de adsorción	6
2.3.3. Absorción	7
2.3.4. Intercambio iónico.....	7
2.4. Piedra pómez.....	8
2.5. Aguas residuales	8
2.5.1. Aguas residuales industriales.....	8
2.5.2. Aguas residuales de florícolas	9
2.5.3. Proceso de poscosecha.....	9
2.5.4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	9
2.5.5. Demanda química de oxígeno (DQO).....	10
2.5.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	10
2.5.7. Cromo	11

2.6.	Hipótesis	11
2.6.1.	Hipótesis nula.....	11
2.6.2.	Hipótesis alternativa.....	11
2.7.	Señalamiento de variables de la hipótesis	11
2.7.1.	Variable independiente.....	11
2.7.2.	Variable dependiente.....	11
CAPÍTULO III		12
METODOLOGÍA.....		12
3.1.	Tipo de investigación.....	12
3.2.	Población y muestra.....	12
3.3.	Plan de procesamiento y análisis	14
3.5.1.	Ubicación del lugar de estudio	15
3.5.2.	Descripción de la industria	16
3.5.3.	Funcionamiento de la industria.....	17
3.5.4.	Dimensiones del contenedor de material filtrante	19
3.5.5.	Elaboración del filtro de piedra pómez.....	21
3.5.6.	Costo del filtro.....	23
3.5.7.	Diseño del filtro	23
3.5.8.	Tiempo de retención hidráulica (TRH)	24
3.5.9.	Cálculo de caudales de la industria.....	25
CAPÍTULO IV		30
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		30
4.1.	Caudales de entrada y salida	30
4.2.	Análisis, interpretación y comparación de resultados	31
4.2.1.	Eficiencia del material.....	32
4.2.2.	Análisis de cromo	34
4.2.3.	Análisis de la demanda química de oxígeno (DQO)	34
4.2.4.	Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	37
2.2.5.	Análisis crítico y personal	39
2.2.5.1.	Análisis crítico	39
2.2.5.2.	Análisis personal.....	39

4.3. Verificación de la hipótesis.....	40
CAPÍTULO V	41
Conclusiones y recomendaciones.....	41
5.1. Conclusiones	41
5.2. Recomendaciones	43
MATERIAL DE REFERENCIA	44
a. Bibliografía:.....	44
b. Anexos.....	49
b.1 Ficha de registro de actividades	49
b.2 Informes de análisis de laboratorio	50
b.3 Anexo fotográfico	60
b.4 Instalaciones de alcantarillado de la industria florícola	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	10
Tabla 2. Costo del filtro	23
Tabla 3. Caudal de entrada de poscosecha de la industria florícola “La Herradura ”	30
Tabla 4. Caudal de salida de poscosecha de la industria florícola “La Herradura”	31
Tabla 5. Resultados de las muestras de laboratorio	32
Tabla 6. Resultados de las muestras de laboratorio	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Piedra pómez.....	8
Figura 2. Piedra pómez utilizada.....	14
Figura 3. Ubicación de la Industria	16
Figura 4. Implantación del sistema de recolección de agua	16
Figura 5. Diseño del área de poscosecha de la florícola “La Herradura”	17
Figura 6. Tanque reservorio	18
Figura 7. Área de poscosecha.....	18
Figura 8. Sistema de tratamiento de florícola.....	19
Figura 9. Contenedor plástico.....	20
Figura 10. Vistas contenedor plástico	21
Figura 11. Filtro en estudio	22
Figura 12. Esquema tubería PVC	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamiento de cromo en el agua residual industrial durante el proceso de filtración	34
Gráfico 2. Comportamiento del (DQO) del agua residual industrial durante el proceso de filtración	35
Gráfico 3. Resultados de eficiencia de la piedra pómez para DQO	35
Gráfico 4. Comportamiento del (DBO) del agua residual industrial durante el proceso de filtración	37
Gráfico 5. Resultados de eficiencia de la piedra pómez para DBO.....	38

TEMA: ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA “LA HERRADURA FLORHERRERA S.A”, UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.

RESUMEN EJECUTIVO

Se analiza la eficiencia de la piedra pómez como material filtrante de aguas residuales de la industria florícola específicamente recolectadas en el área de poscosecha, para reducir parámetros contaminantes como el DQO, DBO₅ y cromo en un periodo de tratamiento de 90 días. Con este fin se desarrolló un modelo de filtro el cual es abastecido por un caudal constante de 0.105 lt / min cada día laborable.

Se determinó de los caudales de entrada y de salida de agua residual. Los caudales generados en la industria florícola “La Herradura” son 0.5 lt/seg de entrada y 0.489 lt/seg de salida

Los análisis se realizaron cada 10 días para determinar los niveles de contaminación del agua residual, la disminución de los parámetros contaminantes que se tomaron como referencia es la muestra 1 que corresponde al agua sin filtrar obteniendo resultados de cromo (0.003mg/l), DQO (875 mg/l) y DBO₅ (420 mg/l). La muestra 2 corresponde al agua filtrada del día 10, en donde se obtuvieron los mejores resultados para cromo (0.003 mg/l), DQO (160 mg/l) y cromo (76 mg/l).

Al comparar los resultados de las muestras de agua cruda y agua filtrada, se determinó la eficiencia de la piedra pómez en la remoción de los parámetros, con altos porcentajes de eficiencia de hasta DQO (81.7%) y DBO₅ (81.9%). En el caso del cromo se determinó que este parámetro no presenta gran influencia contaminante.

THEME: PUMICE STONE ANALYSIS AS A FILTER IN THE WASTEWATER TREATMENT FROM THE FLORIC INDUSTRY "LA HERRADURA FLORHERRERA S.A", LOCATED IN THE SALCEDO CITY.

EXECUTIVE SUMMARY

The experimental project which analyzes the efficiency of pumice as filtering material of wastewater from the floriculture industry specifically collected in the post-harvest area, aims to reduce contaminating parameters such as COD, BOD5 and chromium in a 90-day treatment period . For this purpose, a model of 0.105 l / min can be obtained each working day.

For this study it was necessaryG to understand the different processes that are carried out in the industry as well as their infrastructure, this data facilitated the determination of the results of entry and exit of generated wastewater. The flows generated are 0.5 lt / sec input and 0.489 lt / sec output

The analyzes were taken every 10 days to determine the levels of contamination of the samples, the decrease of the contaminant parameters that took as reference the sample 1 that corresponds to the water without obtaining results of chromium (0.003 mg / l), COD (875 mg / l) and BOD5 (420 mg / l). Sample 2 corresponds to filtered water on day 10, where the best results were obtained for chromium (0.003 mg / l), COD (160 mg / l) and c (76 mg / l).

When comparing the results of the samples of water and filtered water, the efficiency of the stone in the elimination of the parameters was determined, with high percentages of efficiency of up to COD (81.7%) and BOD5 (81.9%). In the case of chromium, it was determined that this parameter does not present a great contaminating influence.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Tema de trabajo experimental

Análisis de piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola “La Herradura Florherrera s.a”, ubicada en el cantón Salcedo.

1.2. Antecedentes

La problemática de las aguas residuales ya ha sido un tema de preocupación para las diferentes industrias, por lo que la investigación enfocada en la remediación ambiental ya ha venido desarrollándose dando resultados favorables en la remoción de contaminantes mediante el uso de geomateriales.

Según F. Martínez y sus colegas [1] afirman que las aguas residuales generadas por las industrias son el resultado de diferentes procesos que se llevan a cabo para alcanzar una producción, los procesos a su vez generan una elevada concentración de contaminantes, los cuales deben ser tratados antes de llegar a un cuerpo de agua, esto se alcanza mediante un pretratamiento que ayuda al acondicionamiento de las aguas [2]-[3]. La industria florícola ecuatoriana es conocida por la excelente calidad de sus productos, esto la ha llevado a mercados internacionales, afianzándola como uno de los productos de exportación principales del país y la región [4], en el Ecuador esta industria está concentrada en la región sierra [5]. La producción de rosas de exportación cuenta con un área de poscosecha destinada al proceso productivo en donde se le da un trato a la flor previo a su transporte y distribución [6], en esta área la flor es colocada en soluciones hidratantes y preservantes [7]; las aguas residuales de esta industria se generan precisamente en este proceso dado que las soluciones requieren diferentes compuestos químicos implicando una eminente contaminación ambiental si estos desechos no son tratados previamente [8].

Para D. Cifci y S. Meric [9] la piedra pómez en los años recientes ha sido usada para el tratamiento de agua como medio filtrante al ser un geomaterial que presenta características absorbentes además de un alto contenido de sílice que lo hace poseedor

de una carga negativa en la superficie del material. Según E. Llerena y D. Villacrés [10] la piedra pómez encontrada en el sector de Latacunga y Salcedo presenta coloración gris, alta viscosidad, densidad que varía de 0.4 a 0.9 gcm⁻³, pH 7.3, porcentaje de humedad de 3.4% y está constituido principalmente de trióxido de sílice en un 71% y trióxido de aluminio en un 12.8%.

La remoción de contaminantes mediante la utilización de piedra pómez tiene varios antecedentes, según M. Sepehr y sus colegas [11] indican que la producción de aguas residuales de diferentes industrias con metales pesados como el cromo (III) o el cromo (IV) generan un alto impacto ambiental, como es el caso de las industrias agrícolas donde el uso de fungicidas que están compuestos de este metal [12] causan un especial dañando la salud de las personas, produciendo efectos cancerígenos y tóxicos [11]-[13]. Se ha investigado el uso de la piedra pómez como geomaterial ya que por sus características porosas, de absorción y de bajo costo la hacen eficiente para eliminar los metales pesados y compuestos orgánicos[10]-[14]- [15]. Se presentan resultados de experimentos utilizando piedra pómez natural y piedra pómez modificada con MgCl₂, ambos para absorber el ion cromo, la absorción de cromo para la piedra pómez natural es de 87.72 mg/g y para la piedra pómez modificada 105.43 mg/g. Así también se encontró que el rendimiento de regeneración del material es de 94.3% para la piedra pómez natural y 91.3% para la piedra pómez modificada. [15]

Así también en un estudio realizado por D. Carrera y E. Mayorga [10] ,los reactores biológicos usados en el tratamiento de aguas residuales usan un sistema de filtración en este caso tomando en cuenta la cascarilla de arroz y la piedra pómez como material poroso para la retención de sólidos[16], siendo este último además un excelente reductor de DQO para aguas residuales. El diseño del reactor se basa en un sistema anaeróbico de filtración rápida, donde se permite la aplicación de materiales resistentes a la descomposición. Los resultados obtenidos se dieron en dos fases, la primera se dio con una proporción en el reactor de 50% con piedra pómez y 50% de cascarilla de arroz, la segunda con un 75% de piedra pómez y 25% de cascarilla de arroz, dando una remoción de DQO en un rango de 20% a 40% en la primera fase y

de 26% a 51% en la segunda. Concluyendo que el sistema permite una remoción de DQO efectiva, eficiente y de bajo costo.

1.3. Justificación

A nivel mundial la contaminación ambiental es un tema delicado que afecta principalmente a la salud y bienestar de las personas, un aspecto importante a resaltar es que las múltiples actividades humanas son las generadoras de este problema. Hay que tomar en cuenta que las personas más cercanas a estos focos de contaminación son las más afectadas en su salud, en el campo cerca de nuestro lugar de estudio las personas están expuestas a una variedad de productos químicos que se conducen por las aguas residuales de las industrias agrícolas aledañas, en donde el uso de pesticidas y fungicidas es cada vez más común [17]- [18], es aquí donde el uso de métodos como el filtrado de aguas residuales viene a ser una alternativa para contrarrestar este problema.

El uso de biofiltros de diferentes materiales para tratar las aguas residuales de industrias en los últimos tiempos ha venido desarrollándose[19]. En este caso hemos escogido el uso de piedra pómez como material filtrante ya que ha venido siendo usado antiguamente y presenta características de porosidad muy altas[16], este material aparte de ser abundante en la zona de la sierra centro presenta un bajo costo haciéndolo un material ideal y de fácil acceso. Por esta razón es indispensable su estudio para poder determinar si es capaz de remover contaminantes presentes en la industria agrícola.

En nuestro caso la industria florícola “La Herradura” es una generadora de aguas residuales, partiendo de esto es importante crear un sistema de tratamiento que minimice el índice de afectación, esta iniciativa buscar estudiar a fondo la piedra pómez como reductora de parámetros contaminantes básicos en este caso cromo, demanda bioquímica de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

También hay que tomar en cuenta que en el país el cuidado del medio ambiente ha ido tomado mayor importancia la Norma Técnica de Calidad Ambiental y el Ministerio del Ambiente controlan las diferentes industrias obligándolas a cumplir

procesos de remediación evitando así que se viertan sus desechos directamente a efluentes o al mismo suelo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola LA HERRADURA FLOHERRER S.A, ubicada en el cantón Salcedo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Conocer la infraestructura y funcionamiento de la industria florícola “LA HERRADURA FLOHERRER S.A.”
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la industria florícola “LA HERRADURA FLOHERRER S.A.”
- Monitorear las características de biodegradabilidad DBO₅, DQO y Cromo de las cargas residuales provenientes de la industria florícola, en su origen luego del proceso de filtración.
- Determinar si la piedra pómez puede ser utilizado como material filtrante en el pretratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Ingeniería civil

La ingeniería civil es una ciencia especializada en el diseño y construcción de carreteras, puentes, edificios, canales y otras estructuras. Es la más antigua especialidad de ingeniería, se podría decir que sus principios datan desde la construcción de las pirámides en Egipto, esta carrera abarca varias subespecialidades como ingeniería ambiental, ingeniería geotécnica, ingeniería estructural, ingeniería de transporte, ingeniería urbana, construcción y recursos hídricos [20].

2.1.1. Ingeniería hidráulica

Es una rama de la ingeniería civil enfocada en el agua en movimiento y sus interacciones con el medio ambiente que lo rodea. El término “hidráulica” está relacionado con la aplicación de los principios de la mecánica de fluidos a las estructuras de ingeniería de agua, instalaciones de ingeniería civil y ambiental [21].

2.2. Filtración

La filtración es la acción de pasar líquido por un filtro o medio poroso, esta acción tiene la cualidad de separar diversos agentes patógenos presentes en las aguas contaminadas que pueden ser perjudiciales para la salud y además mejora la apariencia del agua [22].

2.2.1. Clasificación de sistemas de filtración rápida

Existen tres tipos de filtración que se caracterizan por su turbidez, la primera es la filtración convencional que presenta una turbidez alta o variable, en esta intervienen procesos de coagulación, floculación y sedimentación, la segunda es filtración directa con una turbidez menor a 15 NTU e intervienen procesos de coagulación y floculación, la tercera es la filtración en línea para valores de turbidez menores a 10 NTU, en esta intervienen procesos de coagulación y por último la filtración en dos

etapas usadas principalmente para plantas de tratamiento, soporta una turbidez menor a 100 NTU. Intervienen procesos de: coagulación, desbaste y filtración [23] .

2.2.2. Tipos de medio filtrante

Existen dos tipos, los medios minerales en los que se utiliza materiales como: la arena, antracita, carbón activado, calcita, grava y roca de escoria volcánica y los medios sintéticos que se los conoce como de tasa alta por su alto soporte de carga orgánica, alta porosidad y peso bajo [19].

2.2.3. Biofiltración

La biofiltración consiste en un sistema de purificación encargado de la separación de partículas y microorganismos mediante medios porosos o granulares dejando de lado la utilización de procesos fisicoquímicos. Los medios porosos y granulares purifican los líquidos en una sola operación ya que generan procesos físicos y bio-químicos, mejorando notablemente la calidad del agua tratada [22].

2.3. Contaminación hídrica

La contaminación hídrica se en los casos donde el agua directamente causa daños al medio ambiente y a la salud de los seres humanos y se da de forma indirecta cuando ya no puede ser destinada para usos específicos. Los principales indicadores de contaminación son los SST (sólidos suspendidos totales), DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno) y DQO (demanda química de oxígeno) [24].

2.3.1. Mecanismos de retención de contaminantes

Los líquidos contaminados en su proceso de purificación recorren el medio filtrante, en esta etapa el material retiene los contaminantes por los mecanismos de adsorción, absorción e intercambio iónico[25].

2.3.2. Mecanismo de adsorción

La adsorción es un proceso en la que sustancias presentes en un medio líquido son acumuladas en una base sólida, durante la adsorción el componente a ser adsorbido

es conducido por los poros del sólido que se lo denomina adsorbente. Existen dos tipos de adsorción:

Adsorción física es un proceso rápido que es similar a la condensación de vapor o precipitación líquida. El contaminante soluble se incorpora a una fina capa de moléculas presentes en la parte superficial de un sólido en respuesta a una reducción de la solución.

Adsorción química es un proceso en donde se produce una reacción química que envuelve la transferencia de electrones entre el adsorbente y el contaminante soluble, además puede producir un enlace químico en la parte superficial. Este contaminante soluble es permanente en el material [23].

2.3.3. Absorción

La absorción consta de un proceso físico químico de transferencia de uno o más componentes como átomos, iones o moléculas, este proceso produce una transferencia de volúmenes de una fase a otra[26].

2.3.4. Intercambio iónico

Este proceso se trata de un intercambio de un ion de la fase acuosa por uno de la fase sólida. La fase sólida se trata de un material que no se puede disolver, puede estar constituido de minerales así como de un material sintético, en el proceso de intercambio el sólido se encuentra con grupos funcionales cargados que se encuentran en la parte exterior e interior a estos grupos se los asocia iones de carga contraria también llamados contraiones. Los contraiones se encuentran unidos por atracción electrostática y dependiendo de la fase sólida, estos contraiones pueden estar cargados positiva o negativamente dependiendo el caso [23].

2.4. Piedra pómez

La piedra pómez es un material de origen volcánico el cual presenta un alto grado de porosidad como se puede ver en la Figura 1, además está constituido principalmente de sílice y alúmina [27].



Figura 1. Piedra pómez
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

Este material es considerado como un súper absorbente por sus características antes mencionadas, la piedra pómez se forma en el momento de una erupción volcánica cuando la lava que está constituida por altos niveles de agua y gases se enfría de manera acelerada [28]. Este material presenta propiedades fisicoquímicas que lo hace excelente para ser utilizado como biofiltro además de poseer buenas características de resistencia [29].

2.5. Aguas residuales

Aguas residuales engloba a todas aquellas que sus características naturales se han visto modificadas, es decir el contenido de este tipo de aguas presenta materiales suspendido y componentes disueltos que pueden ser de procedencia orgánica e inorgánica [30].

2.5.1. Aguas residuales industriales

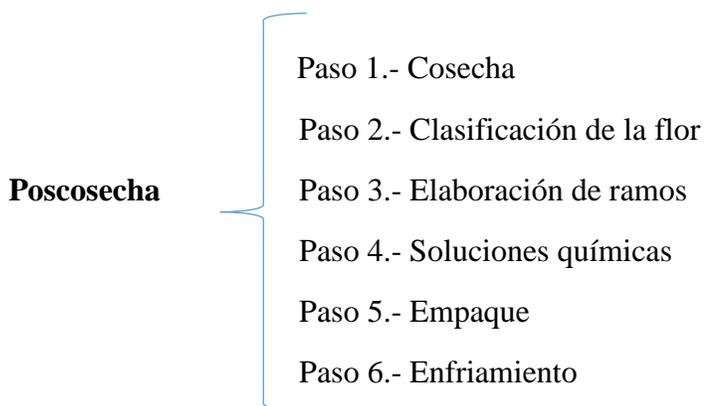
Son causadas netamente por la actividad humana derivan de procesos productivos que incluyen industrias mineras, agrícolas, energética, entre otras [31].

2.5.2. Aguas residuales de florícolas

En la industria florícola es indispensable el uso de grandes cantidades de agua para el uso de plaguicidas, fumigación, lavado de herramientas y riego de las flores. Mayormente los contaminantes como plaguicidas son de origen químico y están compuestos por hidrocarburos aromáticos, denominados así por su lenta capacidad de degradación [32].

2.5.3. Proceso de poscosecha

En este proceso se trata de maximizar la vida de la flor, pero también es un proceso en el cual se genera gran cantidad de aguas residuales. A continuación se indican los pasos que se siguen en este proceso: [33]



2.5.4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Los parámetros que se analiza ver Tabla 1, de toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor son DQO, DBO₅ y en el caso de la industria florícola el cromo, se deberá cumplir con los límites indicados en la norma por La Autoridad Ambiental Nacional en el Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) [34].

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	DBO ₅	mg/l	100

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente.- Tabla 10. Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente, página 25

2.5.5. Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno determina el contenido requerido de oxígeno en el agua que permitirá oxidar la materia orgánica, esto permite determinar el contenido de materia orgánica en aguas residuales [35]. Este a diferencia de la demanda química de oxígeno no necesita introducir bacterias o microorganismos [36].

En el laboratorio para la obtención de resultados la muestra se somete a una oxidación de la materia orgánica mediante la colocación de un oxidante fuerte como es el dicromato, el Cr⁺⁶ se reduce a Cr⁺³, esto permite cuantificar la materia orgánica mediante el método colorimétrico el cual se encarga de medir la absorbancia del Cr⁺³ [37].

2.5.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Este parámetro determina la cantidad de oxígeno indispensable para degradar la materia orgánica presente por acción bacteriológica por medio de un población microbiana heterogénea [38]. Se lo determina mediante la disolución de una muestra de agua a la que se le incorpora microorganismos. Se mide el oxígeno disuelto presente y se incuba la muestra por 5 días a una temperatura de 20°C [39].

2.5.7. Cromo

El cromo es un metal muy utilizado en industrias, en este caso es un metal ampliamente usado en fungicidas. Este metal está presente en diferentes estados de oxidación de cerivalente a hexavalente, los estados de valencia III y valencia VI son considerados tóxicos ya que presentan propiedades mutagénicas y carcinogénicas [40].

Para determinar la cantidad de cromo presente en una muestra se usa un método en donde el Cr^{+6} reacciona con la difenilcarbazida, esto da un color rojo violeta, la cantidad se determina espectrofotométricamente en donde la cantidad de color es directamente proporcional a la cantidad de cromo[41].

2.6. Hipótesis

2.6.1. Hipótesis nula

Ho: La utilización de piedra pómez como filtro para el tratamiento de aguas residuales de la industria florícola reducirá a los límites permisibles de contaminantes.

2.6.2. Hipótesis alternativa

Hi: La utilización de piedra pómez como filtro para el tratamiento de aguas residuales de la industria florícola no reducirá a los límites permisibles de contaminantes.

2.7. Señalamiento de variables de la hipótesis

2.7.1. Variable independiente

Aplicación de la piedra pómez como filtro para el tratamiento de aguas residuales.

2.7.2. Variable dependiente

Disminuir los valores de DQO, DBO_5 y Cromo de la industria florícola “FLORHERRERA S.A.” a cantidades permitidas para descargarlas a un cuerpo de agua.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El trabajo experimental realizado en el Área de Hidráulica de la Carrera de Ingeniería Civil, se la realizó bajo la modalidad de investigación descriptiva, exploratoria y de laboratorio.

La investigación se la realizó de forma descriptiva ya que se pudo visualizar el modo de operación del filtro y además se pudo explicar los cambios que surgieron con el pasar del tiempo mediante resultados obtenidos a partir de muestras tomadas luego del paso del líquido por el sistema.

La investigación es exploratoria puesto que se entendió el funcionamiento de la industria florícola “La Herradura” y el estado de las aguas residuales producidas por los diferentes contaminantes usados en los procesos que se somete la flor. Así también la puesta en marcha de un sistema de biofiltración al que se lo tendrá trabajando continuamente por 90 días.

Además la investigación es de laboratorio ya que los análisis del líquido resultante del proceso de filtración se los realizará en el laboratorio “Total Chemistry” cada 10 días, en donde se tendrá resultados y de ese modo determinar su eficiencia de la piedra pómez como material filtrantes se tomarán en cuenta los parámetros de DBO_5 , DQO y Cromo hexavalente.

3.2. Población y muestra

Población

Para este trabajo experimental se comprobará la eficacia del filtro compuesto por piedra pómez como material filtrante para agua residual de la industria florícola La Herradura. Se lo realizó 3 meses en los que se trabajó 64 días, tiempo en el cual se controló el comportamiento, eficacia, vida útil del material y el sistema.

Para determinar la población hay que tomar como referencia el agua residual producida en la industria florícola y que está en función del tiempo.

$$VAR = \frac{X}{T}$$

$$Var = \frac{4.35 \text{ m}^3/\text{día} * 64\text{días}}{3 \text{ meses}}$$

$$Var = 92.8 \text{ m}^3/\text{meses}$$

Var = volumen de agua residual.

x = cantidad de agua residual = 4.35 m³/día

t = tiempo (días) = 3 meses = 64 días

Muestra

Para el proceso de filtración que tendrá una duración de 90 días en los cuales se tomará 55 galones de agua residual para filtrar a diario en las mañanas.

En la industria florícola “La Herradura” cada día laborable se tomó una muestra para que sea utilizada en nuestro sistema de filtración. En este caso la florícola tenía 5 días laborables a la semana.

$$Vmuestra = \frac{x}{t}$$

$$Vmuestra = \frac{55 \frac{\text{gal}}{\text{día}} * 5 \text{ días}}{1 \text{ semana}}$$

$$Vmuestra = 275 \text{ gal} / \text{semana}$$

Vmuestra =volumen de la muestra

x = cantidad de agua residual = 55 galones por día

t = tiempo = 1 semana =5 días

3.3. Plan de procesamiento y análisis

La instalación del filtro de piedra pómez se la realizó en la industria florícola “La Herradura” ubicada en el cantón Salcedo, con el fin de facilitar el abastecimiento de agua residual hacia nuestro sistema de filtración.

El filtro se compone netamente de piedra pómez extraída de minas ubicadas en la provincia de Cotopaxi Cantón Latacunga. El material fue previamente triturado, para su uso los tamaños utilizados varían de 0.10 mm a 0.15 mm, estos tamaños se obtuvieron tamizando el material siendo los que pasan el tamiz 3/8” y los que retienen el tamiz 4”, como se puede observar en la Figura 2. La piedra pómez pasó por un proceso de lavado y secado evitando así que el material más fino que esta adherido tapone nuestro filtro quedando solo las partículas de los tamaños antes mencionados.



Figura 2. Piedra pómez utilizada

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la carrera de Ingeniería Civil

Para la colocación de la piedra pómez en nuestro sistema de filtración se llevó acabo la adquisición de un recipiente plástico transparente de dimensiones (57x42x34) cm, este contenedor es capaz de almacenar 35 litros. Teniendo como referencia la cantidad en volumen que soporta se determinó la cantidad de material a ser utilizado.

Para su funcionamiento la base del recipiente plástico tiene una pendiente del 8 %, para ello se utilizó una estructura de tol que tiene un canal en el medio permitiendo la evacuación del agua ya filtrada.

Para nuestro estudio se contó con un tanque de 55 galones que abastece al filtro durante 24 horas con un caudal constante, el cual se lo debe llenar a diario para su correcto funcionamiento.

Para la recolección de muestras el Instituto Ecuatoriano de Normalización indica el muestreo, manejo y conservación de muestras de agua para el análisis físico químico. [42]

La obtención de los datos se los comparará con los obtenidos en los 90 días de toma de muestras, es decir 9 muestras de agua filtrada y 1 muestra filtrada. Como requisito principal todo recipiente debe contener una tapa, priorizar el uso de recipientes de vidrio color ámbar, la limpieza del recipiente de vidrio se lo debe hacer con agua y detergente y un enjuague de agua destilada para retirar todas las impurezas. Los recipientes deben estar saturados totalmente, el taponamiento se lo tiene que hacer con sumo cuidado evitando la presencia de aire. Las muestras deben ser sometidas en el momento de su transporte a enfriamiento con una temperatura que varía entre 2°C y 5°C y colocarlos en un lugar oscuro. Los recipientes deben colocarse en contenedores que la protejan de la luz y agentes externos por lo que deben ser impermeables.

3.5.1. Ubicación del lugar de estudio

La industria florícola “La Herradura” ver Figura 3, se encuentra localizada en la Provincia de Cotopaxi Cantón Salcedo barrio la Argentina, con una ubicación según las coordenadas Métricas -UTM: altura 2639 msnm, longitud 766255.49 m y latitud 9883786.75 m.



Figura 3. Ubicación de la Industria
 Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
 Fuente: Google Maps

3.5.2. Descripción de la industria

La florícola la Herradura como podemos ver en la Figura 4 cuenta con una extensión de 11 hectáreas que se encuentran destinadas al cultivo de rosas, para el regadío la empresa cuenta con un sistema de bombeo que traslada el líquido desde un ojo de agua a un reservorio con capacidad de 6000 m³, la industria cuenta con áreas de oficina, comedor, cocina, vestidor, baño, bodega, garita, cuarto de bombas, embarque, mecánica y poscosecha.



Figura 4. Implantación del sistema de recolección de agua
 Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
 Fuente: Google Maps

3.5.3. Funcionamiento de la industria

La industria florícola consta de varios procesos de los cuales el que genera las aguas residuales que se desea tratar es en poscosecha, para los detalles de nuestro estudio se toma en cuenta el momento de ingreso y salida del líquido. El área de poscosecha indicada en la Figura 5 cuenta con diferentes sectores como cuartos fríos, bodega y un espacio en el que se trata la rosa con preservante, hidratante y fungicida.

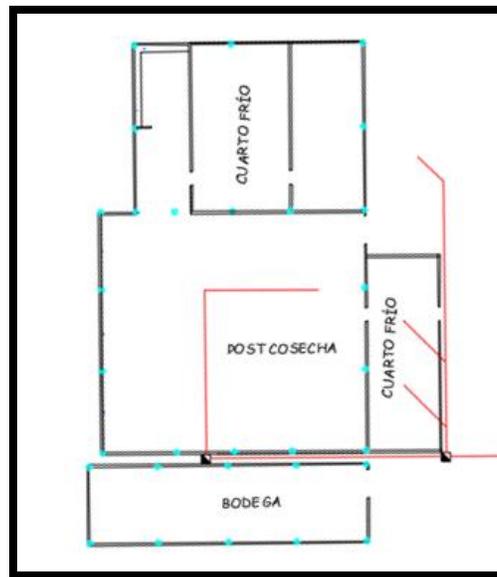


Figura 5. Diseño del área de poscosecha de la florícola "La Herradura"

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Florícola "La Herradura"

La captación de agua que abastece al área de poscosecha, se la hace mediante el bombeo desde un ojo de agua ubicado a 300 m de la propiedad, para luego ser depositada en un tanque con capacidad de 24 m³, este contenedor distribuye el líquido vital hacia los sectores de oficina, comedor, caballerizas y el área de poscosecha. Como se puede observar en la Figura 5 existen mecanismos de bombeo que ayudan a la extracción de agua para las diferentes áreas.



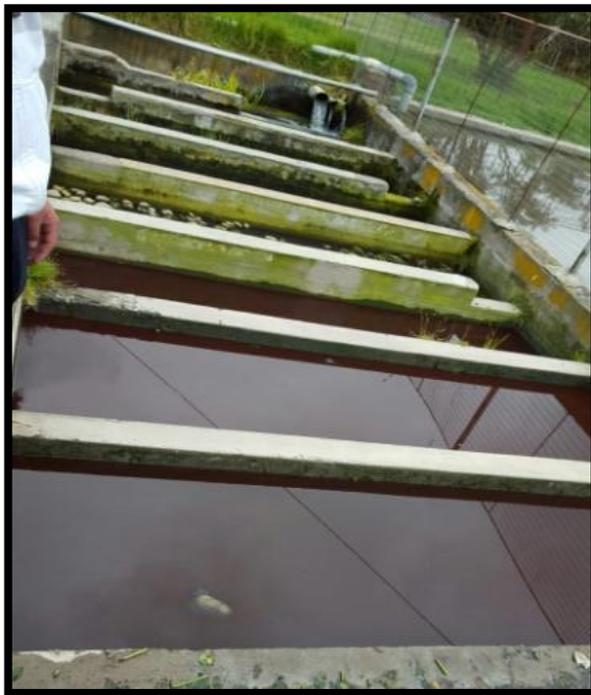
Figura 6. Tanque reservorio
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Florícola “La Herradura”

Como se puede ver en la Figura 6, el área de poscosecha cuenta con un sector de uso de gavetas, en donde se colocarán los preservante, hidratantes y fungicidas necesarios en el tratamiento de la flor previo a su salida al mercado, luego de su tiempo de vida útil estos aditivos químicos se los vierte en el suelo donde un sistema de canaletas recogen el agua residual y lo conducen al sistema de drenaje que cuenta con una tubería de diámetro nominal de 110 mm.



Figura 7. Área de poscosecha
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Florícola “La Herradura”

Los residuos de poscosecha de la industria se los deposita en un sistema de tratamiento Figura 7 que consta de 8 canales destinados al tratamiento de aguas residuales, cada canal tiene una profundidad de 2.2m con un ancho de 0.4m y largo de 3.3m. En cada canal se coloca aproximadamente la mitad de su altura de piedra pómez de diversos tamaños que van entre 5 y 20 centímetros de diámetro, los cuales se los cambia una vez por año. Se pudo observar que este sistema en su estructura se encuentra con un mal funcionamiento, al momento de colocar el material este no se encuentra lavado por este motivo existen taponamientos en los ductos que conectan cada canal por ello el agua residual reboza las paredes del sistema y no se lo trata de manera adecuada.



*Figura 8. Sistema de tratamiento de florícola
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Florícola "La Herradura"*

3.5.4. Dimensiones del contenedor de material filtrante

El volumen del material usado se lo tomo en base a las dimensiones del recipiente plástico el cual posee una capacidad de 35 litros ver Figura 9 y Figura 10, la colocación de la piedra pómez se dio hasta ese punto. Se utilizó este volumen priorizando la fácil construcción y teniendo en cuenta que es una investigación que evalúa al material y su eficiencia.

A continuación se detalla las dimensiones del contenedor plástico transparente usado para la colocación del material filtrante:

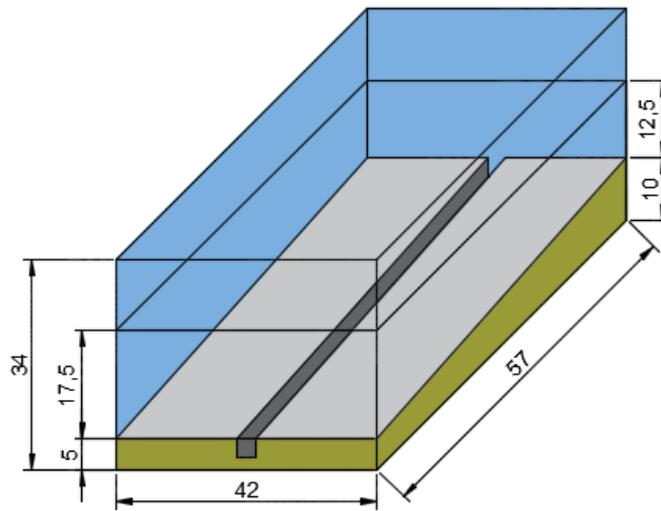


Figura 9. Contenedor plástico
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

Para facilitar el drenaje de agua filtrada la base del contenedor tiene una pendiente del 8%, con lo cual presenta una forma trapezoidal, teniendo en cuenta la figura geométrica que tenemos se procederá al cálculo del volumen:

Cálculo del área del trapecio:

$$A_{\text{Trapezio}} = \text{Base} * \frac{(\text{Altura menor} + \text{Altura mayor})}{2}$$

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

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

Cálculo del volumen del trapecio:

$$V_{\text{Trapezio}} = \text{Área} * \text{Profundidad}$$

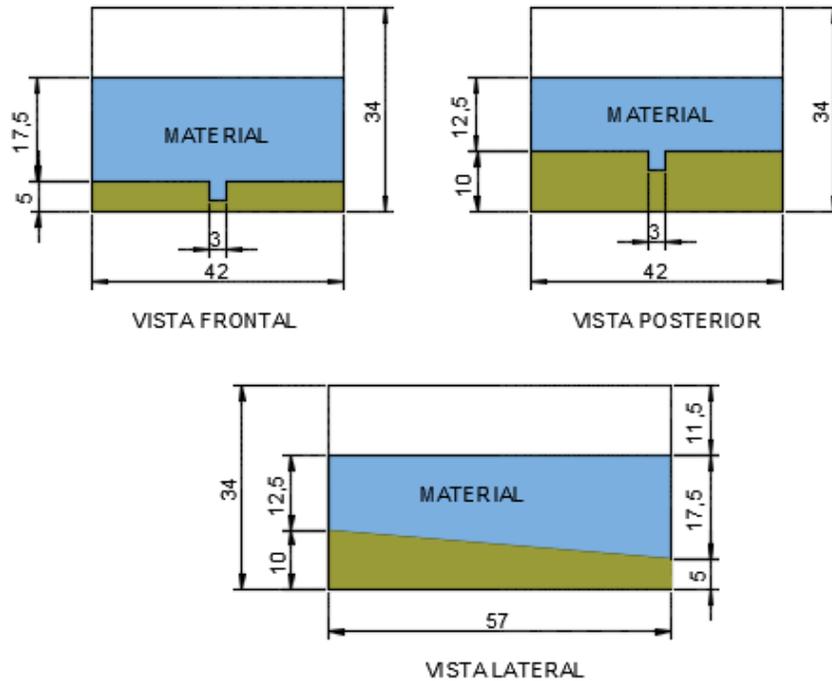
$$V_{\text{Trapezio}} = 855 \text{ cm}^2 * 42 \text{ cm}$$

$$V_{\text{Trapezio}} = 35910 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{Trapezio}} = 35910 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ lt}}{1000\text{cm}^3}$$

$$V_{\text{Trapezio}} = 35,9 \text{ lt}$$

Detalle de dimensiones del contenedor de material filtrante:



*Figura 10. Vistas contenedor plástico
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo*

3.5.5. Elaboración del filtro de piedra pómez

Para la puesta en funcionamiento del filtro que se puede visualizar en la Figura 11, se utilizó la ayuda de un andamio con el fin de tener una altura de caída para el agua residual como se detalla en la Figura 10, esta altura de caída es de 1m, para el abastecimiento de agua hacia el filtro se utilizó un tanque de 55 galones colocado en la parte superior, el mismo que está cubierto por una malla de polietileno que cumple la función de retener los residuos sólidos evitando taponamientos.



Figura 11. Filtro en estudio
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Florícola “La Herradura”

Todas las instalaciones hidráulicas cuentan con una tubería y accesorios de $\frac{1}{2}$ pulgada. En nuestro caso se utilizó tubería de PVC, tapones, uniones, una llave de paso.

El material filtrante está contenido por un recipiente plástico que tiene una capacidad de 35 litros que posee una base construida con lata con una inclinación que facilita el flujo del líquido ya filtrado.

La ubicación del filtro está en base a la facilidad de colocación del agua residual en el tanque, es decir cerca del lugar donde el sistema de tratamiento de la florícola. La distribución del agua residual debe ser tal que abarque toda el área superior del material, para ello se cuenta con una lata perforada que permite un goteo uniforme ya que se debe regular el paso del líquido durante 24 horas y además no dejar el tanque con menos de $\frac{2}{3}$ de su volumen total, esto se logra con un caudal de 0.105 lt/min.

3.5.6. Costo del filtro

Para la puesta en marchas de nuestro sistema de filtración se realizó la compra de los siguientes materiales.

Tabla 2. Costo del filtro

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDADES	VALUR UNITARIO	VALOR TOTAL(DÓLARES)
Piedra pómez	2	Quintal	4	8
Andamio	1	U	40	40
Accesorios Hidráulicos	1	U	20	20
Tanque 55 gal	1	U	22	22
Contenedor Plástico	1	U	18	18
Lata de acero blanco	1	U	15	15
TOTAL				123

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

3.5.7. Diseño del filtro

Volumen tanque

El filtro de piedra pómez está diseñado con un tanque para almacenamiento de 55 galones el cual debe abastecer agua residual durante un día entero 24 horas

$$V_{\text{Tanque}} = 55 \text{ gal}$$

Volumen de consumo

El volumen esperado de consumo durante el día es de 2/3 del total, de esta forma se garantiza que el restante 1/3 cumpla la función de una carga de altura adecuada brindando un correcto funcionamiento.

Volumen consumido por el filtro:

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

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

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

$$V_{Consumo} = 151.2 \text{ lt/día}$$

Caudal de diseño para filtro

El caudal de diseño está en función del volumen de consumo y el tiempo:

$$Q_{Diseño} = \frac{V_{Consumo}}{\text{Tiempo}}$$

Calculo del tiempo de consumo:

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

Calculo de caudal de diseño:

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

$$Q_{Diseño} = 0.105 \text{ lt/min}$$

Con el caudal de diseño aseguramos que el cumplimiento de los 2/3 de agua residual que deben ser consumidos.

3.5.8. Tiempo de retención hidráulica (TRH)

Es el tiempo en que el agua residual permanece dentro del recipiente que contiene la piedra pómez, este tiempo se lo toma desde el ingreso hasta la salida.

Se lo determina en función del volumen del material y caudal de diseño:

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

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

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

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

3.5.9. Cálculo de caudales de la industria

Cálculo de caudal de entrada

Para el cálculo del caudal de entrada de la industria florícola “la Herradura”, se realizó una toma de datos diaria durante una semana en base al número de gavetas utilizadas en poscosecha para hidratación, colocación de preservante y colocación de fungicida.

Caudal de agua hidratante al día:

$$Q_{Hidratante} = \#de \text{ gabetas}/Día * 0.5m^3$$

$$Q_{Hidratante} = 5 * 0.5m^3$$

$$Q_{Hidratante} = 2.5 \text{ m}^3/Día$$

En el siguiente proceso de generación de residuos las rosas son sumergidas en una solución compuesta por fungicidas en tanques de agua plásticos que son llenados con 0.5 m³ tres veces al día.

Caudal de solución compuesta por fungicidas:

$$Q_{S. Fungicida} = \text{Volumne de uso por día} * \# \text{ de reposiciones}$$

$$Q_{S. Fungicida} = 0.5 \text{ m}^3/\text{Día} * 3$$

$$Q_{S. Fungicida} = 1.5 \text{ m}^3 / \text{Día}$$

El almacenamiento previo a la distribución del producto se lo hace en gavetas donde se coloca aproximadamente 5 litros de agua mezclada con una solución preservante y ubicada en cuartos fríos.

Volumen de preservante:

$$V_{Preservante} = \# \text{ total de gavetas} * 5 \text{ lt}$$

$$V_{Preservante} = 350 * 5 \text{ lt}$$

$$V_{Preservante} = 1750 \text{ lt}$$

Caudal de preservante:

$$Q_{Preservante} = \frac{1750 \text{ lt}}{5 \text{ dias}} = 350 \text{ lt}$$

$$Q_{Preservante} = 0.35 \text{ m}^3 / \text{Día}$$

Caudal medio diario:

$$Q_M = \sum \text{Caudales por dia}$$

$$Q_M = Q_{Hidratante} + Q_{S. Fungicida} + Q_{Preservante}$$

$$Q_M = 2.5 \text{ m}^3 / \text{Día} + 1.5 \text{ m}^3 / \text{Día} + 0.35 \text{ m}^3 / \text{Día}$$

$$Q_M = 4.35 \text{ m}^3 / \text{Día}$$

$$Q_M = \frac{4.35 \text{ m}^3}{\text{Día}} * \frac{1 \text{ Día}}{86400 \text{ seg}} * \frac{1000 \text{ lt}}{1 \text{ m}^3} = 0.05 \text{ lt/seg}$$

Con la ayuda de los factores de mayoración calculamos los valores máximos de consumo diario y horario.

Para el consumo máximo diario el coeficiente de mayoración K1 varía entre 130% a 150%. En este caso tomaremos el valor más bajo de 130% ya que el estudio se lo realizó en época de poca producción:

$$Q_{MD} = K1 * Q_M$$

$$Q_{MD} = 1.3 * 0.05 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{MD} = 0.065 \text{ lt / seg}$$

Para el consumo máximo horario el coeficiente de mayoración K2 varía entre 200% a 230%. En este caso tomaremos el valor más bajo de 200% ya que el estudio se lo realizó en época de poca producción:

$$Q_{MD} = K1 * Q_M$$

$$Q_{MD} = 2 * 0.05 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{MD} = 0.1 \text{ lt / seg}$$

Cálculo caudal de salida

Datos:

n = coeficiente de rugosidad del PVC = 0.01

Diámetro nominal = 110 mm = 0.11 m

Diámetro interior = 105.2 mm = 0.1052 m

Longitud de tubería = 140m

Cálculo de pendiente:

$$S = \frac{\text{Distancia vertical}}{\text{distancia horizontal}}$$

$$S = \frac{1.5m}{140m}$$

$$S = 0.011$$

Cálculo del ángulo θ :

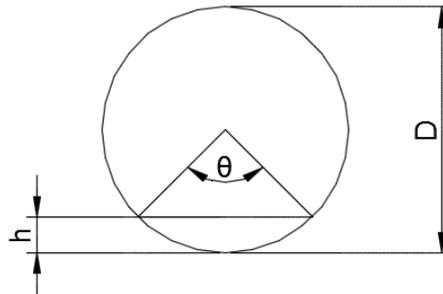


Figura 12. Esquema tubería PVC
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

Tirante hidráulico = $h = 0.01m$

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

$$\theta = 2\arccos\left(1 - \frac{2 * 0.01}{0.1052}\right)$$

$$\theta = 71.9^\circ$$

Cálculo de caudal de salida:

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

$$Q = \frac{0.105^{\frac{8}{3}}}{7257.15 * 0.01 * (2 * \pi * 71.9)^{\frac{2}{3}}} * (2 * \pi * 71.9 - 360 * \sin(71.9))^{\frac{5}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.00014681 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 0.00014681 \frac{m^3}{seg} * \frac{3600 seg}{1 hora} * \frac{8 horas}{1 día} = 4.23 m^3 / Día$$

$$Q = 4.23 \frac{m^3}{Día} * \frac{1Día}{86400} * \frac{1000 lt}{1m^3} = 0.0489 lt / seg$$

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Caudales de entrada y salida

Caudal de entrada

El caudal de entrada que se generan en el proceso de poscosecha de la industria florícola “La Herradura” se lo obtiene por la suma de caudales en los procesos de hidratación, colocación de fungicida y preservante. Los caudales que se generan están representados en la Tabla 3, en esta tabla podemos observar el cálculo de caudales en diferentes periodos de tiempo, para estos datos se tomaron en cuenta 5 días laborables a la semana.

Tabla 3. Caudal de entrada de poscosecha de la industria florícola “La Herradura ”

CAUDALES DE ENTRADA			
CAUDAL HORA	CAUDAL DIARIO	CAUDAL MENSUAL	CAUDAL ANUAL
m ³ /h	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /año
0.5437	4.35	87	1044
lt/h	lt/día	lt/mes	lt/año
543.7	4350	87000	1044000

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

Caudal de salida

De acuerdo a la Tabla 4 se puede observar el caudal de salida que tendrá en los diferentes periodos de tiempo la empresa “La Herradura” en el área de poscosecha, estos datos se obtuvieron tomando en cuenta la pérdida de caudal que se da en procesos de escorrentía previo a ser conducida por la tubería de PVC hacia el sistema de tratamiento. Para el cálculo del caudal de salida usamos la fórmula de Manning.

Tabla 4. Caudal de salida de poscosecha de la industria florícola “La Herradura”

CAUDALES DE SALIDA			
CAUDAL HORA	CAUDAL DIARIO	CAUDAL MENSUAL	CAUDAL ANUAL
m ³ /h	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /año
0.5287	4.23	84.6	1015.2
lt/h	lt/día	lt/mes	lt/año
528.7	4230	84600	1015200

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

4.2. Análisis, interpretación y comparación de resultados

En nuestro estudio se realiza una comparación de los resultados de las muestras que se obtuvieron del agua residual filtrada durante 3 meses, en este tiempo se realizó un muestreo cada 10 días, se hizo una comparación usando los límites máximos de descarga en cuerpos de agua dulce que se muestra en la Tabla 3.

Para la industria florícola “La Herradura” se analizaron los parámetros básicos en el agua residual tratada y filtrada que son (DBO₅, DQO y Cromo). Luego de haber tomado las muestras de agua tratada se empieza la interpretación de datos arrojados por el laboratorio “Total Chemistry” que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de las muestras de laboratorio

RESULTADOS DE LABORATORIO					
MUESTRA	TIEMPO (DÍAS)	UNIDADES	CROMO	DQO	DBO₅
1	1	mg/l	0.003	875	420
2	10	mg/l	0.003	160	76
3	20	mg/l	0.5	175	84
4	30	mg/l	0.1	2850	1398
5	40	mg/l	0.003	903	437
6	50	mg/l	0.003	700	289
7	60	mg/l	0.003	1575	715
8	70	mg/l	0.003	1200	580
9	80	mg/l	0.003	775	320
10	90	mg/l	0.003	433	195

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Laboratorio Total Chemistry

4.2.1. Eficiencia del material

La eficiencia se la determina porcentualmente si el material, es este caso la piedra pómez disminuye o aumenta los niveles de contaminación, para obtenerla se usa la siguiente formula:

$$E = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100$$

E = Eficiencia

Mi = Muestra de agua cruda

Mf = Muestra de agua filtrada

Los porcentajes de eficiencia se los realiza únicamente con los datos arrojados por el agua filtrada, estos valores se muestran en la Tabla 11.

Tabla 6. Resultados de las muestras de laboratorio

EFICIENCIA DEL MATERIAL PARA TRATAR LOS PARÁMETROS (DQO, DBO₅ y Cromo)				
Número de Muestras	Tiempo (Días)	EFICIENCIA DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS		
		Cromo (%)	DQO (%)	DBO₅ (%)
2	10	-	81.7	81.9
3	20	-	80.0	80.0
4	30	-	-225.7	-232.9
5	40	-	-3.2	-4.0
6	50	-	20.0	31.2
7	60	-	-80.0	-70.2
8	70	-	37.1	-38.1
9	80	-	11.4	23.8
10	90	-	50.5	53.6

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

4.2.2. Análisis de cromo

Como muestra la Tabla 10 y Gráfico 1, los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio indican que la presencia de cromo en las aguas residuales de la industria florícola “La Herradura”, es de muy baja influencia contaminante dando el agua cruda resultados menores a 0.003 mg/l, en los 3 meses que duró la experimentación encontramos resultados similares con excepción del día 20 en el cual el análisis de laboratorio arrojó un valor de 0.5 mg/l. Todos los valores de muestra de agua filtrada y cruda se encuentran al límite y por debajo del valor máximo permisible para descargas en cuerpos de agua dulce indicado en el TULSMA que es 0.5 mg/l. La eficiencia en este parámetro no es considerada por su bajo nivel contaminante.

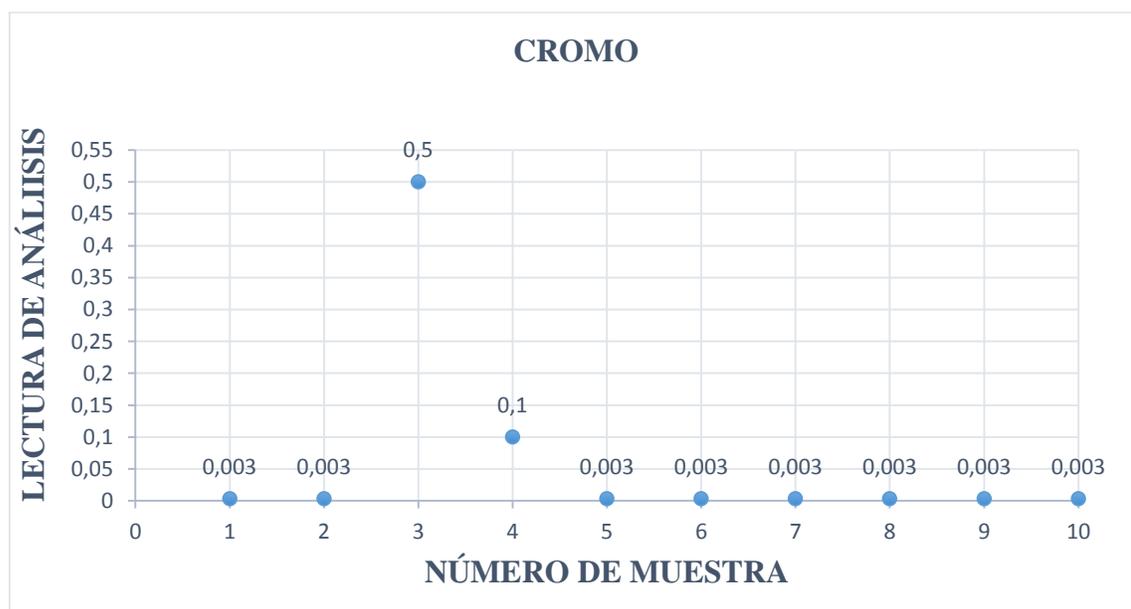


Gráfico 1. Comportamiento de cromo en el agua residual industrial durante el proceso de filtración

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

4.2.3. Análisis de la demanda química de oxígeno (DQO)

Como podemos ver en el Gráfico 2 se tomaron 10 muestras cada 10 días de las cuales la primera corresponde al agua cruda y las 9 restantes de agua filtrada, este estudio se lo realizó durante los 3 meses que duro el proceso de filtración, según los datos obtenidos

por los análisis de laboratorio la demanda química de oxígeno (DQO) varía en relación al resultado de agua cruda teniendo valores superiores e inferiores.

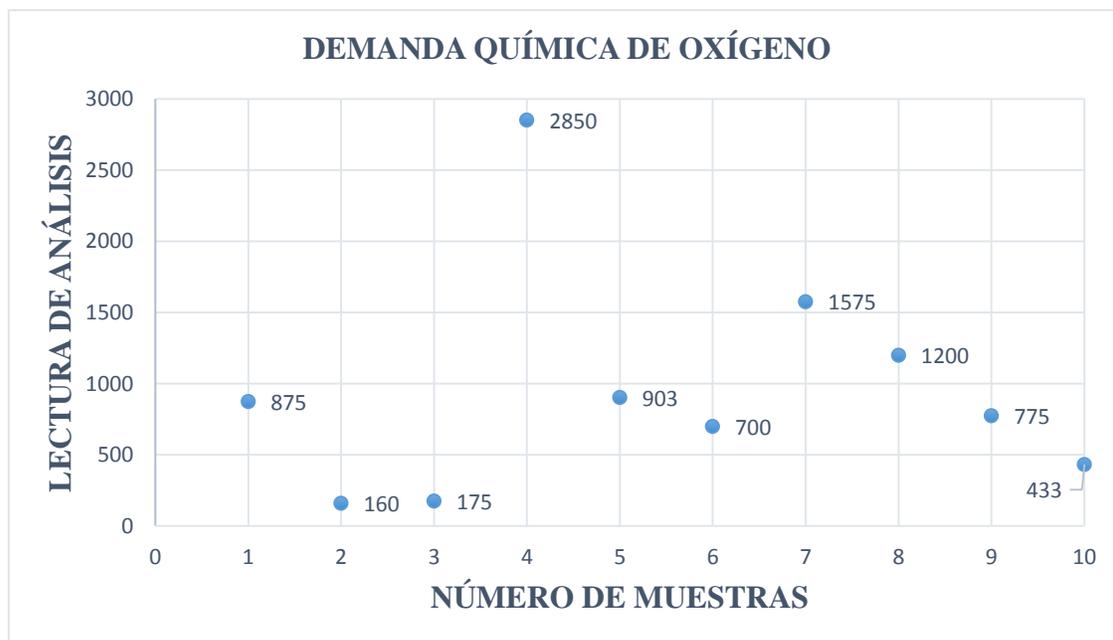


Gráfico 2. Comportamiento del (DQO) del agua residual industrial durante el proceso de filtración
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

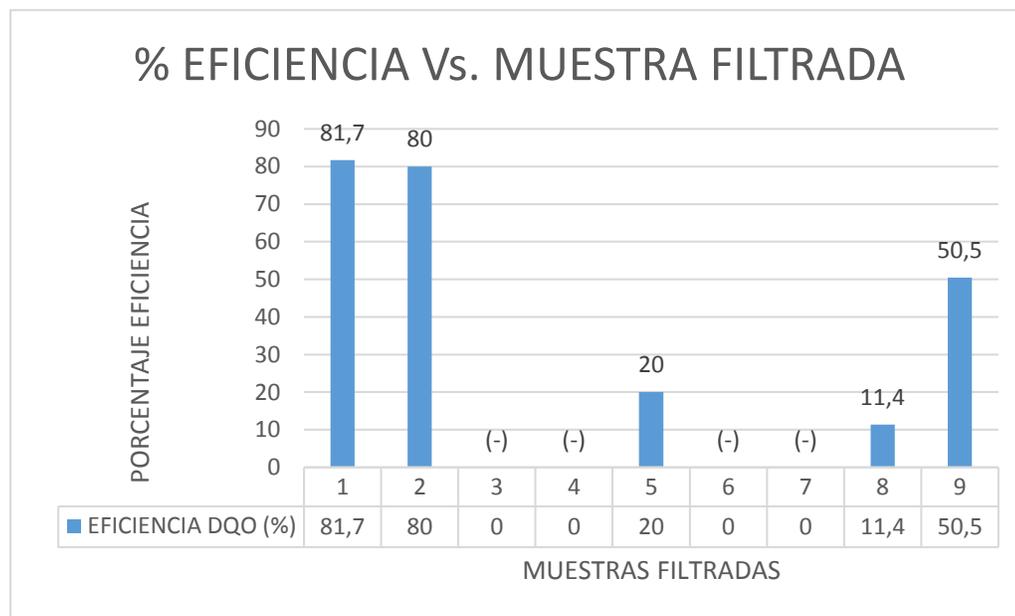


Gráfico 3. Resultados de eficiencia de la piedra pómez para DQO
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

En el Grafico 2 el resultado del análisis de agua cruda indica un valor de 875 mg/l, en las dos siguientes muestras de agua filtrada podemos observar que los niveles de (DQO) disminuyen incluso por debajo del límite permisible de 200 mg/l según el TULSMA llegando hasta su valor más bajo con 160 mg/l, el resultado de la muestra número 3 por el contrario se visualiza un grado de contaminación muy alto llegando a 2850 mg/l indicando que el material llegó a un nivel de acumulación de contaminantes muy alto, para los análisis 5 y 6 se observa una progresiva disminución de contaminantes pero en la muestra número 7 existe otro repunte con 1575 mg/l, se continuó con los análisis y se pudo observar que las 3 muestras restantes la contaminación se redujo progresivamente pero superaron el límite permisible.

En base al Gráfico 3 podremos determinar si nuestro material filtrante tiene una eficiencia en la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) para las aguas residuales de la industria florícola “La Herradura”, haciendo una comparación de los datos entre la primera muestra de agua cruda y las 9 muestras de agua filtrada se obtuvo en porcentaje la eficiencia del material, para nuestra primera muestra la eficiencia llego a un 81.7%, este valor cambio ligeramente en la segunda muestra con 80% dando valores de eficiencia muy buenos.

En la muestra 3 y 4 la eficiencia nos resultó negativa que quiere decir que nuestro filtro estaba añadiendo contaminación haciendo que se genere una acumulación de contaminantes estos resultados nos indican que nuestro material tiene una vida útil de 20 días. En las muestras 5, 8 y 9 la eficiencia resulto positiva con 20%, 11.4% y 50.5% respectivamente, aunque estas muestras dieron valores positivos no llegaron a un porcentaje que cumpla el límite permisible de contaminación.

4.2.4. Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Como podemos ver en el Gráfico 4 se tomaron 10 muestras cada 10 días de las cuales la primera corresponde al agua cruda y las 9 restantes de agua filtrada, este estudio se lo realizó durante los 3 meses que duro el proceso de filtración, según los datos obtenidos por los análisis de laboratorio la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) varía en relación al resultado de agua cruda teniendo valores superiores e inferiores.

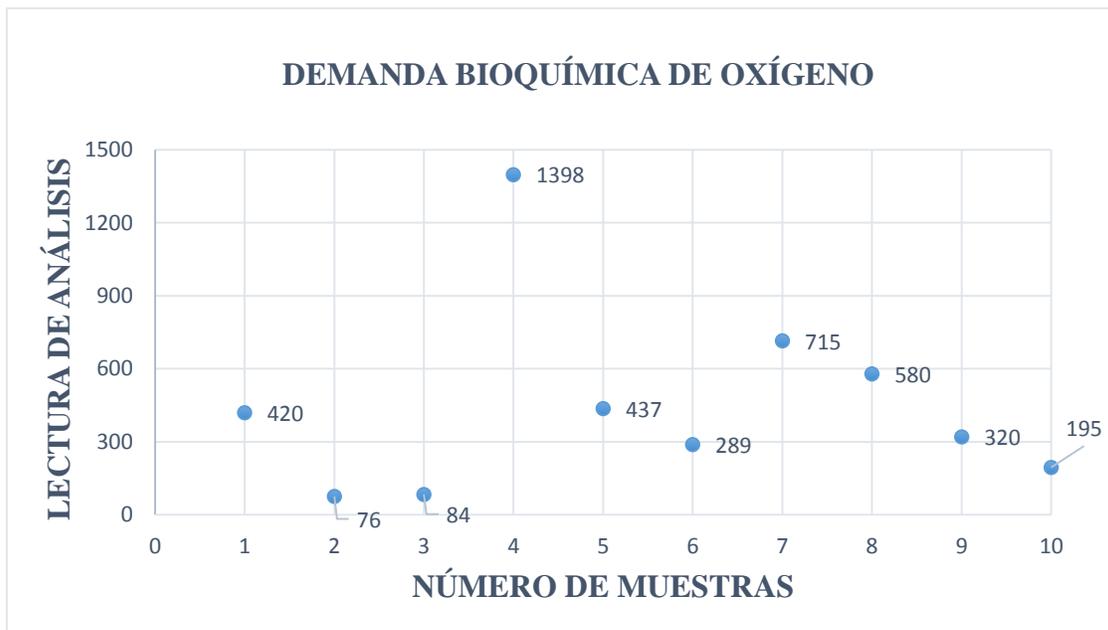


Gráfico 4. Comportamiento del (DBO) del agua residual industrial durante el proceso de filtración

Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo

Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

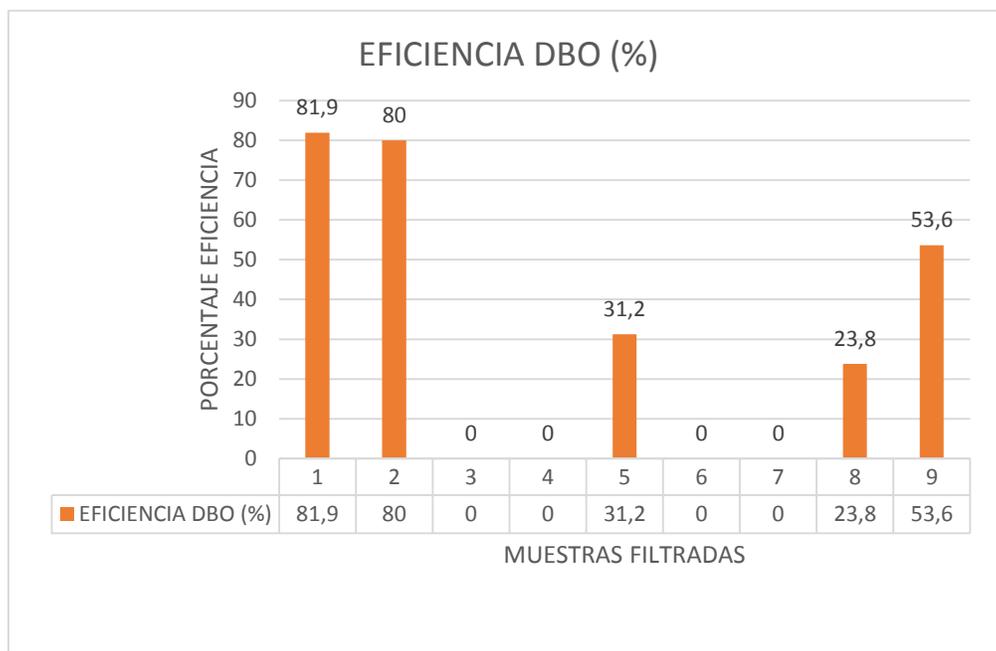


Gráfico 5. Resultados de eficiencia de la piedra pómez para DBO
Elaborado por: Salguero Salazar Edison Marcelo
Fuente: Salguero Salazar Edison Marcelo

En el Gráfico 4 el resultado del análisis de agua cruda indica un valor de 420 mg/l, en las dos siguientes muestras de agua filtrada podemos observar que los niveles de (DBO₅) disminuyen incluso por debajo del límite permisible de 100 mg/l según el TULSMA llegando hasta su valor más bajo con 76 mg/l, el resultado de la muestra número 3 por el contrario se visualiza un grado de contaminación muy alto llegando a 1398 mg/l indicando que el material llegó a un nivel de acumulación de contaminantes muy alto, para los análisis 5 y 6 se observa una progresiva disminución de contaminantes pero en la muestra número 7 existe otro repunte con 715 mg/l, se continuó con los análisis y se pudo observar que las 3 muestras restantes la contaminación se redujo progresivamente pero superaron el límite permisible.

En base al Gráfico 5 podremos determinar si nuestro material filtrante tiene una eficiencia en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) para las aguas residuales de la industria florícola “La Herradura”, haciendo una comparación de los datos entre la primera muestra de agua cruda y las 9 muestras de agua filtrada se obtuvo en porcentaje la eficiencia del material, para nuestra primera muestra la eficiencia llegó a un 81.9%,

este valor cambio ligeramente en la segunda muestra con 80% dando valores de eficiencia muy buenos.

En la muestra 3 y 4 la eficiencia nos resultó negativa que quiere decir que nuestro filtro estaba añadiendo contaminación haciendo que se genere una acumulación de contaminantes estos resultados nos indican que nuestro material tiene una vida útil de 20 días. En las muestras 5, 8 y 9 la eficiencia resulto positiva con 31.2%, 23.8% y 53.6% respectivamente, aunque estas muestras dieron valores positivos no llegaron a un porcentaje que cumpla el límite permisible de contaminación.

2.2.5. Análisis crítico y personal

2.2.5.1. Análisis crítico

La industria florícola genera cantidades considerables de agua residual que necesitan un tratamiento previo a su depósito en algún cuerpo de agua, la filtración de estos residuos ayuda a la mitigación de posibles daños ambientales. Esta investigación aporta datos importantes sobre las características, propiedades así como la capacidad de reducir contaminantes.

El trabajo experimental duró 90 días (3 meses) en los cuales se tomaron muestras cada 10 días, mediante los análisis de las muestras de agua filtrada realizadas en laboratorio, se determinó los parámetros en los que la piedra pómez aporta de manera significativa una reducción de contaminantes arrojando datos que están acorde a los límites permisibles para DQO y DBO₅, además se encontró el tiempo máximo que tiene el material antes de llegar a su saturación es de 20 días, es en este tiempo que la eficiencia del material alcanzó valores superiores al 80% en ambos casos, por esta razón debe realizar el mantenimiento del material usado o reemplazarlo por material nuevo.

2.2.5.2. Análisis personal

La investigación sobre materiales de fácil acceso para el tratamiento de aguas residuales industriales, en especial para industrias que tienen una gran área de impacto como es la industria florícola, impulsan la utilización de sistemas de filtración simples y de bajo costo.

El proyecto de investigación del filtro de piedra pómez que se llevó a cabo en la industria florícola “La Herradura Florherrera s.a”, permitió determinar cuan efectivo es un sistema de filtración compuesto de un solo material.

La piedra pómez por sus características de alta porosidad logra una retención de materia orgánica e inorgánica que pudo ser corroborada por lo análisis en laboratorio en los que se logró disminuir las cantidades de DQO y DBO₅, cumpliendo parámetros establecidos. La utilización de este material dados los resultados aporta una alta efectividad

4.3. Verificación de la hipótesis

Cumplidos los 90 días de utilización del filtro de piedra pómez para tratamiento de aguas residuales se debe realizar la verificación de las hipótesis planteadas.

Los resultados de las muestras de laboratorio indican que la piedra pómez como material filtrante para aguas residuales en la industria florícola “La Herradura” arrojan resultados positivos en donde la vida útil de material se da en los 20 primeros días de funcionamiento del filtro.

El filtro de piedra pómez contribuye a la remoción de DQO en un 81.7% y DBO₅ en un 81.9% en los 10 primeros días de funcionamiento, arrojando valores por debajo de los límites máximos permisibles indicados en el TULSMA.

Por esta razón tomaremos como verdadera la hipótesis nula “Ho” en donde se demuestra que la piedra pómez reducirá los niveles de contaminación de aguas residuales de florícolas.

CAPÍTULO V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Al haber realizado el reconocimiento de cada sección de la industria florícola “la herradura florherrera s.a”, se entendió los diferentes procesos que se realizan a diario específicamente en el área de poscosecha que es donde se genera nuestra agua residual, al observar como es la labor diaria se entendió como es el traslado de los residuos y además la forma de descarga hacia el sistema de tratamiento. La información de los compuestos químicos que se utilizan fue proporcionada por el ingeniero agrónomo encargado de la parte productiva de la industria.
- Se determinó los caudales generados en el área de poscosecha de la industria florícola “la herradura florherrera s.a”, este caudal se generó en una jornada de 8 horas laborables por los procesos de hidratación, adición de fungicidas y preservante, generando un caudal medio diario de entrada de 0.05 lt/seg, este caudal representa una pérdida por infiltración ya que al momento que el agua residual recorre las canaletas esta sufre una pérdida de su caudal generado inicialmente, dando como resultado 0.489 lt/seg como caudal de salida. El agua residual generada constituye un volumen considerable dado que al año se genera 1044000 lt/seg.
- Se determinó que los valores de cromo están por debajo del 0.003 mg/l, este valor se mantuvo constante durante casi todo el proceso, determinando que este parámetro no tiene mucha influencia contaminante en este tipo de industria.
En el parámetro de DQO se determinó un alto grado de remoción por parte de la piedra pómez en las dos primeras muestras ya que el agua cruda generó resultados de 875 mg/l, en contraste del agua filtrada con su mejor valor de 160 mg/l, dando una eficiencia en un 81.7%, esta eficiencia tuvo una duración casi constante con una eficiencia promedio de 80.85% durante los 20 primeros días, posterior a estas fechas fue evidente los descensos de la eficiencia concluyendo la efectividad del filtro ya que los valores arrojados superaban los límites establecidos por el TULSMA de 200 mg/l.

Para el último parámetro DBO₅ los resultados de los análisis de agua cruda dieron un valor de 420mg/l que es un dato que se encuentra por encima de lo permitido por el TULSMA para descarga en cuerpos de agua. Las muestras de agua filtrada en el mejor de los casos generó valores de 76 mg/l que representa una eficiencia del 81.9%, la eficiencia en la segunda muestra filtrada arrojó valores similares con una eficiencia promedio de 80.95%, demostrando una eficiencia del material durante los 20 primeros días, posterior a estas fechas se generó una acumulación de residuos contaminantes en la estructura porosa del material arrojando resultados mayores que los valores mínimos establecidos de 100 mg/l.

- Los datos obtenidos de agua filtrada de la industria florícola “la herradura florherrera s.a” determinaron que el filtro de piedra pómez cumple con los límites permisibles para los parámetros de DQO y DBO₅ indicados por el TULSMA para descargas en cuerpos de agua durante el tiempo de vida útil del material que es 20 días.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda el control diario del caudal que abastece a nuestro filtro, con el fin de mantener un flujo constante y alcanzar un correcto funcionamiento durante las 24 horas del día, además con esto logramos que se proporcione datos reales y concisos en nuestro estudio.
- Al momento de recolectar las muestras se debe tener un equipo de protección precautelando evitar el contacto directo con el agua residual ya que al ser productos químicos se corre el riesgo de tener problemas en nuestra salud.
- Realizar nuestro análisis de muestras en laboratorios que se encuentren acreditados por el Servicio Ecuatoriano de Acreditación (SAE), con el fin de tener datos confiables de nuestras muestras.

MATERIAL DE REFERENCIA

a. Bibliografía:

- [1] F. Martínez, F. Silva y F. Chávez, “Control Inicial en la Descarga de Aguas Residuales Industriales y Comerciales,” *Concienc. y Tecnología*, vol. 39, pp. 43–49, 2010.
- [2] R. Alcalá, J. Ortiz, R. Hernández, J. Panta, M. Reyes y D. Pérez, “Economic Valuation of Water in the Industrial Sector,” *Terra latinoamérica*, 2011.
- [3] P. Torres, C. Cruz y P. Patiño, “Índices De Calidad De Agua En Fuentes Superficiales Utilizadas En La Producción De Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica,” *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 8, no. 15, p. 16, 2009.
- [4] C. Gómez y A. Egas, “Análisis histórico del sector florícola en el Ecuador y estudio del mercado para determinar su situación actual,” 2014.
- [5] M. Moncada, “Flores y flujos de materiales,” *Rev. Iberoam. Econ. Ecológica*, vol. 4, pp. 18–19, 2006.
- [6] G. Yanchaguano, “Creación de un manual de procedimientos para la flor cortada en área de postcosecha, para la empresa florícola san isidro labrador florsani cia. Itda., en la parroquia malchinguí año 2017.,” 2017.
- [7] G. Lazcares, L. Gararza, G. Ponce, J. Pérez, y M. León, “Época de corte y manejo poscosecha de ocho cultivares de rosa de corte,” *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, vol. 3, p. 592, 2011.
- [8] P. López, D. Neisa, C. Bacca, y V. Flóres, “Evaluación de preservantes florales en la poscosecha de tres variedades de clavel estándar,” *Agron. Colomb.*, vol. 26, no. 1, p. 116, 2008.
- [9] J. Rodríguez, “Evaluación de la metodología de tratamiento por adsorción con piedra pómez para un contaminante orgánico emergente en aguas residuales,” *Desalin. Water Treat.*, vol. 57, p. 1, 2017.
- [10] D. Carrera y E. Mayorga, “Diseño de reactores biológicos para tratamiento de aguas

de canales de riego,” *ResearchGate*, pp. 3–4, 2015.

- [11] M. Sepehr, A. Amrane, K. Karimaian, M. Zarrabi y H. 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, pp. 635–647, 2014.
- [12] J. Lacma, J. Iannacone y G. Vera, “Toxicidad del cromo en sedimento usando donax *obesulus reeve* 1854 (pelecypoda: donacidae),” *Ecol. Apl.*, vol. 6, pp. 93–95, 2007.
- [13] Z. Prieto, J. León, C. Quijano, R. Fernández, E. Polo y L. Villegas, “Efecto genotóxico del dicromato de potasio en eritrocitos de sangre periférica de *oreochromis niloticus* (tilapia),” *Med. Exp.*, vol. 25, no. 1, p. 51, 2008.
- [14] D. Çifçi y S. Meriç, “Manganese adsorption by iron impregnated pumice composite,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 522, p. 4, 2017.
- [15] T. Liu, Z. L. Wang y Y. Sun, “Manipulating the morphology of nanoscale zero-valent iron on pumice for removal of heavy metals from wastewater,” *Chem. Eng. J.*, vol. 263, pp. 55–61, 2015.
- [16] J. Walker, S. Chocron, D. Grosch, D. Durda y K. Housen, “Momentum enhancement due to hypervelocity impacts into pumice,” Elsevier B.V., 2017.
- [17] J. Imbaquingo, “Contaminación ambiental en la empresa florícola Rosaprima CIA LTDA , ubicada en el cantón Cayambe y los efectos jurídicos ambientales que ha ocasionado en la salud de las personas en el año 2015 .,” 2016.
- [18] S. Santillán, “Caracterización y diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales de una ‘empresa florícola,’” 2005.
- [19] M. Casas y E. Calderon, “Estrategias para la Evaluar la Sustentabilidad de los Sistemas de Manejo de Recursos Naturales,” *Vid supra*, vol. 6, no. 2, pp. 67–72, 2014.
- [20] E. Gindis y R. Kaebisch, “Spotlight On: Civil Engineering,” pp. 293–295, 2018.
- [21] University of Queensland, “Hydraulic Engineering - School of Civil Engineering -

The University of Queensland, Australia.” [Online]. Available: <http://www.civil.uq.edu.au/hydraulic-engineering>. [Accessed: 04-Mar-2018].

- [22] A. Ruiz, “La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua.,” *Lasallista Investig.*, vol. 1, no. 2, p. 6, 2004.
- [23] J. Crittenden, R. Trussell, D. Hand, K. Howe, G. Tchobanoglous y J. Borchardt, *MWH 's Water Treatment Principles and Design*. 2012.
- [24] F. Martinez, “Los retos de la seguridad hídrica,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. 4, no. 5, pp. 172–173, 2013.
- [25] M. Zúñiga, G. Buelna y G. Chávez, “La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 3, no. 3, pp. 153–161, 2012.
- [26] A. Salazar, “Estudio Y Selección De Material Empaque Estructurado: Metálico, Polimérico O Cerámico, Para Operar Eficientemente Una Columna De Absorción De Gases Contaminantes Provenientes De Hornos Tabiqueros,” 2012.
- [27] Instituto Geológico y Minero de España, “Panorama Minero 2016,” *Rev. EIA*, p. 548, 2016.
- [28] A. Malekian, K. Homonlo, G. Moghanolo y M. Dastoor, “Evaluation of Appropriate Technique To Improve Soil Characteristics and Crop Production,” vol. 2, no. 1, pp. 26–31, 2012.
- [29] E. Jiménez y A. Villegas, “Diseño de un sistema de biofiltración para la remoción de estireno,” *Rev. EIA*, vol. 3, pp. 11–12, 2005.
- [30] J. Silva, P. Torres y C. Madera, “Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura .,” *Agron. Colomb.*, vol. 26, no. 1, pp. 347–359, 2008.
- [31] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), “Fiscalización ambiental en aguas residuales,” *Bibl. Nac. del Perú N° 2014-05991*, p. 42, 2014.
- [32] K. Peñaherrera y R. José, “Diagnóstico Y Evaluación De Los Efluentes Contaminantes

Por Las Florícolas En La Acequia San Juan De La Parroquia Mulalo, Para El Establecimiento De Un Plan De Manejo Ambiental.,” 2011.

- [33] M.Raid, “Poscosecha de las flores cortadas—Manejo y recomendaciones,” *Univ. Calif.*, vol. 1, p. 210, 2009.
- [34] Ministerio del Ambiente, “Anexo 1 Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislacion Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua,” *Norma Calid. Ambient. Y Descarga Efluentes Recur. Agua*, pp. 1–37, 2014.
- [35] F. Boizán, R. Pérez y T. Brown, “Principios para el diseño y aplicación de reactores anaerobios en el tratamiento de aguas residuales industriales,” *Tecnol. Química*, vol. XXVIII, no. 1, p. 6, 2008.
- [36] A. Castillo y A. Rodríguez, “Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación,” *Rev. Biol. Trop.*, vol. 56, no. 4, pp. 1905–1918, 2008.
- [37] C. León, “Estandarización y Validación de una Técnica para Medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno por el Método Respirométrico y la Demanda Química de Oxígeno por el Método Colorimétrico,” *Esc. Tecnol. Química*, p. 26, 2009.
- [38] A. Alvarez, E. Rubiños, F. Reyes y J. Cabañero, “Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac , Hidalgo , México : Diagnóstico y Predicción,” *Bot. Exp.*, vol. 75, p. 13, 2006.
- [39] E. Medina y A. Hinojos, “Tratamiento de aguas residuales mediante irradiación gamma,” *Quivera*, vol. 11, no. 1, pp. 12–21, 2009.
- [40] Y. Pájaro y F. Díaz, “Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón,” *Rev. Colomb. Química*, vol. 41, p. 3, 2012.
- [41] Norma Mexicana, “Análisis de agua.- medición de cromo hexavalente en aguas naturales, salinas, residuales y residuales tratadas- método de prueba (cancela a la

nmx-aa-044-scfi-2001).,” 2014. [Online]. Available:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166148/nmx-aa-044-scfi-2014.pdf>.
[Accessed: 07-Mar-2018].

[42] I. E. de Normalización, “Norma técnica ecuatoriana nte inen 266,” 2013.

b. Anexos

b.1 Ficha de registro de actividades

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
<p>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES</p>		
<p>NOMBRE DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE LA PIEDRA POMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LAS INDUSTRIA FLORÍCOLA HERRADURA FLORHERRERA S.A, UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.</p>		
<p>INVESTIGADOR: Edison Marcelo Salguero Salazar</p>		
<p>TUTOR: Ing Mg. Dilon Moya</p>		
<p>UBICACIÓN DEL PROYECTO: Cantón Salcedo, Barrio Argentina</p>		
<p>FECHA: 15 de junio de 2017</p>	<p>HORA: 9:30 am</p>	
<p>REGISTRO FOTOGRÁFICO:</p>		
		
<p>INSPECCION VISUAL: El agua residual presenta un color gris con alta presencia de espuma en la parte superior. El agua filtrada se encuentra transparente.</p> <p>VERIFICACIÓN DE CAUDAL: Se tiene caudal constante al ingreso como en la salida del filtro 0.105 ml/min</p> <p>FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO: Presenta condensación de agua en base del filtro por debajo de la lata, no presenta filtración de agua residual y el goteo es uniforme.</p> <p>ESTADO DEL MATERIAL: Cada unidad de la piedra pómez no se encuentra humedecida en su totalidad y no presenta cambio de color</p>		
<p>Investigador.</p>	<p>Tutor.</p>	
<p>FIRMA</p>	<p>FIRMA</p>	

b.2 Informes de análisis de laboratorio

- Resultado análisis de agua cruda muestra 1 día 1.

INFORME DE RESULTADOS

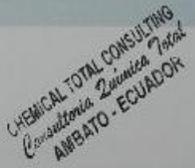


Cliente: Santiago Arias Vaca
No. Contacto: 0983532754
Responsable Muestreo: Santiago Arias Vaca
Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
Fecha y hora de recolección: 07/09/2017 9:am
Muestra Recibida: 07/09/2017
Tipo de muestra: Agua
Análisis Completado: 11/09/2017
No. Reporte TCh: 82,172017

Rotulación cliente	Agua residual AR 9-3 sin filtrar	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	07-sep-17	
pH	7,03	Electroquímico
Conductividad us/cm	519	Electroquímico
DQO mg/l	875	Espectofotométrico
DBO mg/l	420	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrica



Responsable Técnico
Quím. Anita Lucía Velasco



Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

SERVICIO ANALITICOS:

agua, abonos químicos, foliares, alimentos, balanceados, suelos,
 Microbiología, Aguas, suelos, alimentos
 Movilización para toma de muestras

Cel : 098548514

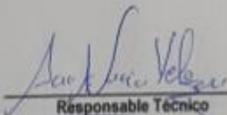
- **Resultado análisis de agua filtrada muestra 2 día 10.**

INFORME DE RESULTADOS



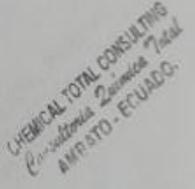
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: 27/06/2017 9:30 am
 Fecha y hora de recolección: 27/06/2017
 Muestra Recibida: Agua
 Tipo de muestra: 27/06/2017
 No. Reporte TCh: 82,22017

Rotulación cliente	# 1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	27-jun-17	
pH	7,3	Electroquímico
Conductividad us/cm	404	Electroquímico
DQO mg/l	160	Espectrofotométrico
DBO mg/l	76	volumétrico
Cromo ppm	<0,003	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quím. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



agua, abonos químicos, fertilizantes, elementos, biorescaldos, suelos,
 Microbiología: Aguas, suelos, alimentos
 Movilización para toma de muestras

SERVICIO ANALITICOS: Tel : 09854588

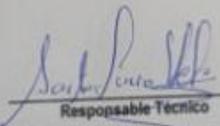
- Resultado análisis de agua filtrada muestra 3 día 20.

INFORME DE RESULTADOS



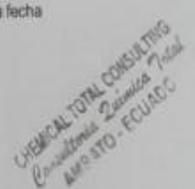
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria floícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 06/07/2017 9:am
 Muestra Recibida: 06/07/2017
 Análisis Completado: 10/07/2017
 No. Reporte TCh: 82,42017

Rotulación cliente	Agua filtrada #2	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	06-jul-17	
pH	7,56	Electroquímico
Conductividad us/cm	440	Electroquímico
DQO mg/l	175	Espectrofotométrico
DBO mg/l	84	volumétrico
Cromo ppm	0,5	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quim. Ana Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



agua, abonos, químicos, fertilizantes, alimentos, baterías, aceites, Monitoreo: Aguas, suelos, alimentos, Mineralización para toma de muestras

SERVICIO ANALITICOS:

Cel : 0985458514

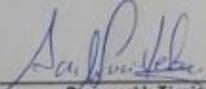
- Resultado análisis de agua filtrada muestra 4 día 30.

INFORME DE RESULTADOS



Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo: Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria florícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 17/07/2017 9:am
 Muestra Recibida: 17/07/2017
 Análisis Completado: 21/07/2017
 No. Reporte TCh: 82,5 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada #3	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	17-jul-17	
pH	7.61	Electroquímico
Conductividad us/cm	388	Electroquímico
DQO mg/l	2650	Espectrofotométrico
DBO mg/l	1396	volumétrico
Cromo ppm	0.1	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



agua, abonos químicos foliares, alimentos, balanceados, sueros,
 Microbiología: Aguas, sueros, alimentos
 Montación para toma de muestras

SERVICIO ANALÍTICOS
Cel: 99846881

- Resultado análisis de agua filtrada muestra 5 día 40.

INFORME DE RESULTADOS



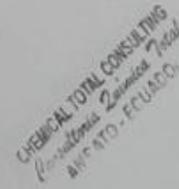
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria florícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 27/07/2017 9:am
 Muestra Recibida: 27/07/2017
 Análisis Completado: 31/07/2017
 No. Reporte TCh: 82,8 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	27-jul-17	
pH	7.52	Electroquímico
Conductividad us/cm	370	Electroquímico
DQO mg/l	903	Espectrofotométrico
DBO mg/l	437	volumétrico
Cromo ppm	<0.003	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quím. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



agua, alimentos químicos, fertilizantes, alimentos, biofertilizantes, suelos,
 Microbiología, Aguas, suelos, alimentos
 Movilización para toma de muestras

SERVICIO ANALITICOS: Cel | 0985488614

- **Resultado análisis de agua filtrada muestra 6 día 50.**

INFORME DE RESULTADOS



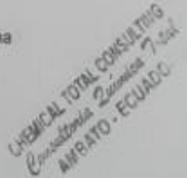
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria florícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 09/08/2017
 Muestra Recibida: 09/08/2017
 Análisis Completado: 14/08/2017
 No. Reporte TCh: 82,10 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada # 5	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	09-ago-17	
pH	7.49	Electroquímico
Conductividad us/cm	375	Electroquímico
DQO mg/l	700	Espectrofotométrico
DBO mg/l	289	volumétrico
Cromo ppm	<0.003	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quim. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



SERVICIO ANALITICOS

agua, abonos químicos, fertilizantes, alimentos, balanzas, suelos,
 Microbiología, Aguas, suelos, alimentos
 Movilización para toma de muestras

Tel : 0984588114

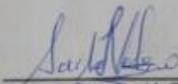
- Resultado análisis de agua filtrada muestra 7 día 60.

INFORME DE RESULTADOS



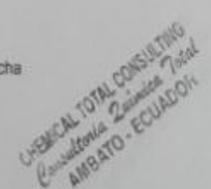
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria florícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 17/08/2017
 Muestra Recibida: 17/08/2017
 Análisis Completado: 21/08/2017
 No. Reporte TCh: 82,12 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada # 6-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	17-ago-17	
pH	7,43	Electroquímico
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	448	Electroquímico
DQO mg/l	1575	Espectrofotométrico
DBO mg/l	715	volumétrico
Cromo ppm	<0,003	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



agua, abonos químicos, fertilizantes, alimentos, balanceadas, suelos,
 Microbiología, Aguas, suelos, alimentos
 Movilización para toma de muestras

SERVICIO ANALITICOS: Cel : 0985483914

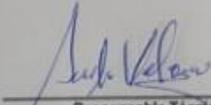
- **Resultado análisis de agua filtrada muestra 8 día 70.**

INFORME DE RESULTADOS



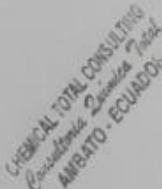
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria florícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 28/08/2017
 Muestra Recibida: 28/08/2017
 Análisis Completado: 01/09/2017
 No. Reporte TCh: 82,14 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada # 7-2	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	28-ago-17	
pH	7,46	Electroquímico
Conductividad us/cm	351	Electroquímico
DQO mg/l	1200	Espectrofotométrico
DBO mg/l	580	volumétrico
Cromo ppm	<0,003	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quím. Anja Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



agua, abonos químicos, fertilizantes, alimentos, balanceados, suelos,
 Microbiología: Aguas, suelos, alimentos
 Movilización para toma de muestras

SERVICIO ANALITICOS: Cel. 0985488514

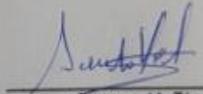
- Resultado análisis de agua filtrada muestra 9 día 80.

INFORME DE RESULTADOS



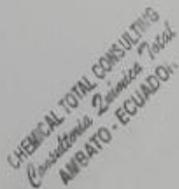
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria florícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 07/09/2017
 Muestra Recibida: 07/09/2017
 Análisis Completado: 11/09/2017
 No. Reporte TCh: 82,15 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada # 8	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	28-ago-17	
pH	7,51	Electroquímico
Conductividad us/cm	530	Electroquímico
DOO mg/l	775	Espectrofotométrico
DBO mg/l	320	volumétrico
Cromo ppm	<0,003	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quím. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha



SERVICIO ANALITICOS:

agua, abonos químicos, fertilizantes, alimentos, balanceados, suelos,
 Microbiología, Aguas, suelos, alimentos
 Mobilización para toma de muestras

Cel : 098456514

- **Resultado análisis de agua filtrada muestra 10 día 90.**

INFORME DE RESULTADOS



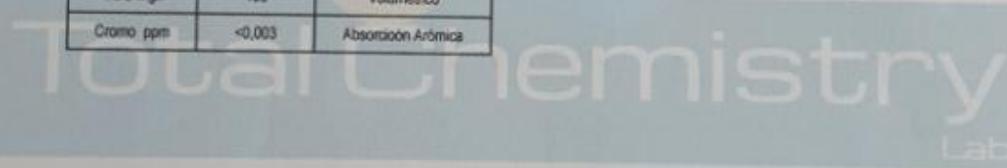
Cliente: Edison Marcelo Salguero
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Edison Marcelo Salguero
 Proyecto: Industria florícola la Herradura
 Fecha y hora de recolección: 18/09/2017
 Muestra Recibida: 07/09/2017
 Análisis Completado: 23/09/2017
 No. Reporte TCh: 82,18 2017

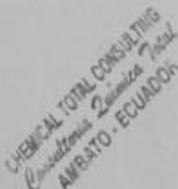
Rotulación cliente	Agua residual # 9	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	18-sep-17	
pH	7,63	Electroquímico
Conductividad us/cm	530	Electroquímico
DQO mg/l	433	Espectrofotométrico
DBO mg/l	195	Volumétrico
Cromo ppm	<0,003	Absorción Atómica



Responsable Técnico
Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis
 Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha





agua, abonos químicos foliares, alimentos, balanceados, sueros
 Microbiología: Aguas, sueros, alimentos
 Movilización para toma de muestras

SERVICIO ANALITICOS: Tel : 0985488514

b.3 Anexo fotográfico



1. Instalaciones de poscosecha de la industria

2. Reconocimiento externo de la industria



3. Granulometría de la piedra pómez

4. Ensayo de densidad



5. Instalación del filtro

6. Medición de caudal



7. Muestra de agua filtrada



8. Colocación de agua residual en tanque

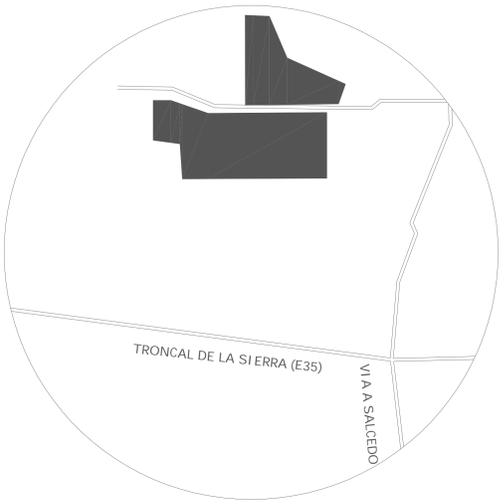
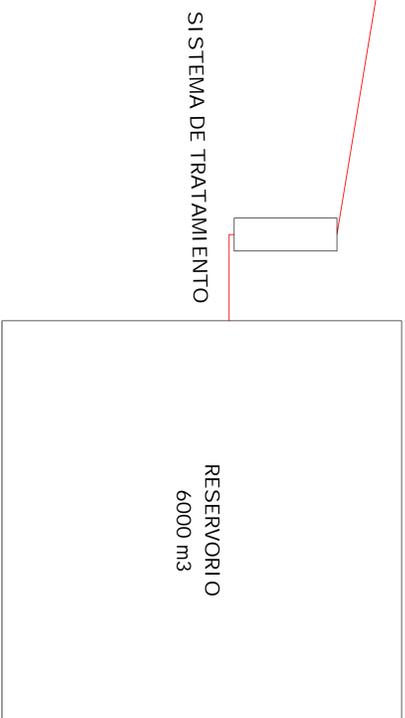
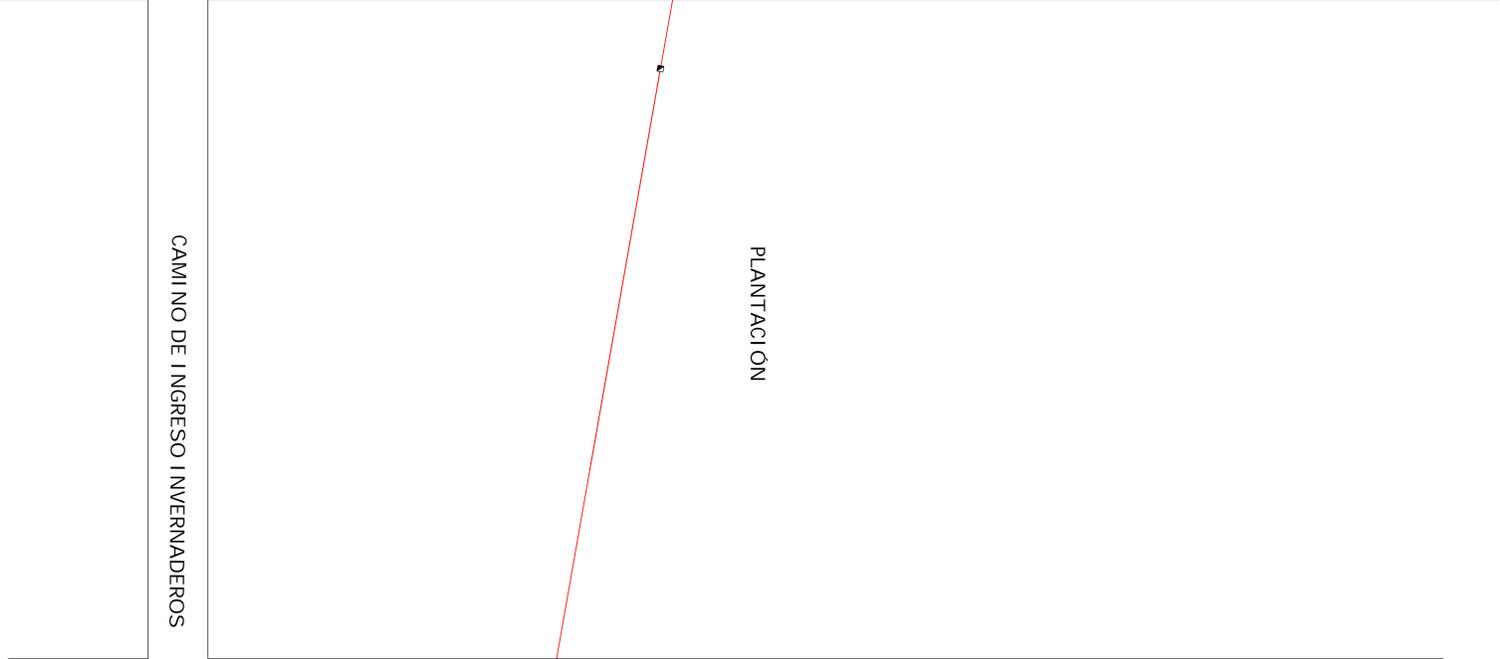
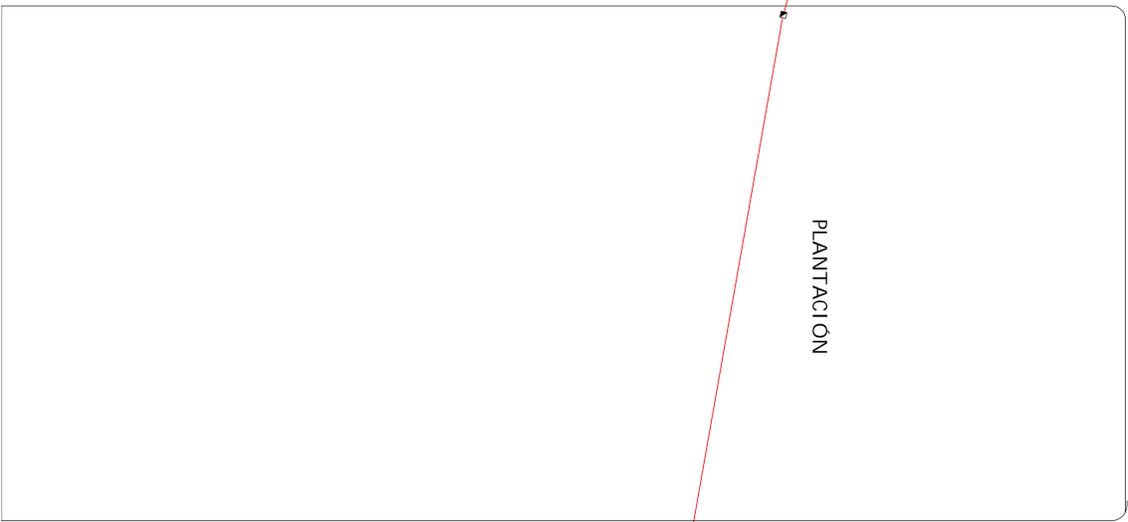
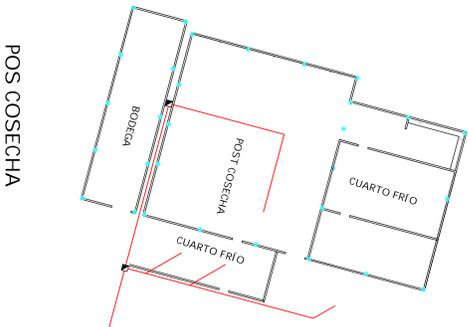
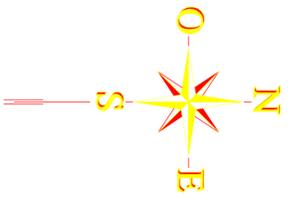


9. Toma de muestra de agua filtrada



10. Transporte de muestras

b.4 Instalaciones de alcantarillado de la industria florícola



UBICACIÓN

INDUSTRIA FLORÍCOLA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FAULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
CONTENIE:	INSTALACIONES HIDROSANTARIAS INDUSTRIA FLORICOLA TLA HERRADORA *
UBICACION:	CANTON SALCEDO, PROVINCIA DE COTACANI
ELABORADOR:	EDISON SALCEDO
ESCALAS:	1:250
LAMINA:	1 DE 1
FECHA:	ENERO 201
DIBUJO:	EDISON SALCEDO

