



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 LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA
HERRADURA FLOHERRER S.A. UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.

AUTOR: ARIAS VACA JORGE SANTIAGO

TUTOR: ING.MG. FABIÁN MORALES FIALLOS

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos certifico que el presente Informe Final del Trabajo Experimental **“ANÁLISIS DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A. UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”** realizado por el Sr. Jorge Santiago Arias Vaca, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en la 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.

Ambato, octubre del 2017

Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Jorge Santiago Arias Vaca, con CI. 050339245-8, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, certifico que el contenido y criterios expresados en el trabajo experimental: **“ANÁLISIS DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A. UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”**, son de mi completa autoría, a excepción de las citas bibliográficas.

Ambato, octubre del 2017

Jorge Santiago Arias Vaca

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 líneas patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo Experimental 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, octubre del 2017

AUTOR

Jorge Santiago Arias Vaca

CI: 050339245-8

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ANÁLISIS DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A. UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”**, del Sr. Jorge Santiago Arias Vaca Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, 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:

Ing. Mg. Eduardo Paredes

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Lenin Maldonado

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios porque gracias a él todo es posible, por haberme permitido atravesar cada momento de prueba y así haber logrado culminar de la mejor manera esta etapa tan bonita de la vida.

A mi amada esposa Verito, quien ha sido mi compañía y apoyo, mi amiga y confidente, el amor de mi vida, con quien hemos luchado para ir consiguiendo juntos nuestros objetivos y metas.

A mi mami Miche, quien es mi gran ejemplo de lucha y amor, siempre con su hermosa sonrisa motivándome inmensamente para seguir adelante, llenándome siempre de su gran amor de madre.

A mi papi Jorge, por todo su apoyo incondicional para seguir adelante, por su guía y consejos, por ser un buen padre de familia, por ser un ejemplo de lucha y perseverancia.

A mi hermano Esteban, por todas sus locuras que siempre me llenan de alegría el corazón, por sus palabras de impulso para seguir luchando.

A mi abuelita Ñatita, por ser como una segunda madre, por el apoyo, consejo y amor que siempre nos brinda.

A mi abuelito Telmito que en paz descanse, por habernos enseñado que la vida se hizo para ser feliz.

A todos mis familiares y amigos que han sido copartícipes de tan hermoso camino que es la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y la oportunidad de vivir cada segundo de tan hermoso camino, por las enseñanzas recibidas, por las pruebas que me han enseñado a confiar en él y seguir adelante.

A mis padres, por ser un ejemplo de lucha y perseverancia, por el apoyo incondicional que me han dado, por estar siempre ahí para brindarme su apoyo en todos los sentidos, por el amor y motivación que siempre me dan.

A mi amada esposa, por ser mi compañera de vida, por estar siempre apoyándome en todo lo que juntos planeamos, por todo el amor que día a día me entrega, por ser mi confidente y mi amor incondicional en todo momento.

A mi hermano, por su gran apoyo y cariño, por todas las cosas hermosas que aporta a la familia, con sus locuras, su espíritu juvenil y el estar siempre brindando lo mejor de él.

A mis abuelitos, que han sido un gran apoyo en todas las etapas de mi vida, quienes me han brindado tanto amor y protección, por estar siempre pendientes de mi como unos segundos padres.

A todos mis familiares y amigos, por ser parte de cada paso que se emprende día a día, por el apoyo y amor recibido, por ser parte de todas las etapas de mi vida.

A mi tutor, Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos, por su paciencia y guía en el presente proyecto, por su disponibilidad de tiempo y amable atención.

A todos quienes conforman la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por haberme permitido aprender tanto, siempre gracias.

A todos quienes conforman la Industria Florícola La Herradura, por haberme permitido realizar el presente proyecto en sus instalaciones, y por la amable atención.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A) PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
EXECUTIVE SUMMARY.....	XV
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1

B) TEXTO

1.1 TEMA:	1
1.2 ANTECEDENTES:.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN:	4
1.4. OBJETIVOS:	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL:	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	6
CAPÍTULO II	7

FUNDAMENTACIÓN	7
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1.1. EL AGUA.....	7
2.1.2. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	8
CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGENTES EMERGENTES.	9
2.1.3. INDUSTRIAS FLORÍCOLAS.....	9
2.1.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	10
A) TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ELIMINACIÓN DE MATERIA EN SUSPENSIÓN, TRATAMIENTO PRIMARIO.....	11
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE FILTRACIÓN	13
MÉTODOS DE CONTROL DE FLUJO	14
VARIABLES DEL PROCESO DE FILTRACIÓN	14
MECANISMOS RESPONSABLES DE LA FILTRACIÓN	15
2.2. HIPÓTESIS	19
2.2.1. HIPÓTESIS NULA.....	19
2.2.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA	19
2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	19
2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	19
2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	19
CAPÍTULO III	20
METODOLOGÍA	20
3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	21
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	23
3.3.1. Variable Independiente.....	23
3.3.2. Variable Dependiente	24
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	25

3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	26
3.5.1. Plan de Procesamiento de la Información	26
REFERENCIAS PARA EL MODELO DE FILTRO	30
PROCESO CONSTRUCTIVO DEL FILTRO	34
A) LUGAR DE IMPLANTACIÓN DEL FILTRO DE GRAVA	34
B) MATERIALES UTILIZADOS	34
C) CARACTERÍSTICAS DE LA GRAVA	34
D) FABRICACIÓN DEL FILTRO	35
PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	40
3.5.2. Plan de Análisis	40
CAPÍTULO IV	41
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	41
4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS	41
4.1.1. TABULACIÓN DE RESULTADOS	41
4.1.2. GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS	43
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	46
4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	52
CAPÍTULO V	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1. CONCLUSIONES	53
5.2. RECOMENDACIONES	54
C.- MATERIALES DE REFERENCIA.....	55
1.- BIBLIOGRAFÍA:	55
2.- ANEXOS	60
2.1. Fotografías del desarrollo del presente proyecto experimental.....	60
2.2. Planos Arquitectónicos de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.	64
2.2.1. DISTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA.....	64

2.2.2. COMEDOR	64
2.2.3. BAÑOS.....	64
2.2.4. POST-COSECHA	64
2.2.5. DEPÓSITO DE AGUAS RESIDUALES	64
2.3. Resultados de los análisis físico-químicos del presente proyecto experimental ...	65
2.4. Granulometría de la Grava	75
2.5. Densidad de la Grava	76
2.6. Anexo: Parámetros de Funcionamiento del Filtro	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Usos del Agua	7
Tabla 2. Límites de descarga al sistema de alcantarillado. (Fragmento de la tabla).	11
Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua de dulce. (Fragmento de la tabla).	11
Tabla 4. Parámetros De Monitoreo De Las Descargas Industriales Continuación 2 (Fragmento De La Tabla).	11
Tabla 5. . Principales Variables Que Intervienen En El Diseño De Filtros De Medio Granular.....	14
Tabla 6. Mecanismos Actuantes En El Seno De Un Filtro De Medio Granular, Que Contribuyen A La Eliminación De La Materia En Suspensión	17
Tabla 7. Muestreo Aleatorio Estratificado para el filtro de grava.....	22
Tabla 8. Operacionalización de la Variable Independiente	23
Tabla 9. Operacionalización de la Variable Dependiente	24
Tabla 10. Recolección de Información	25
Tabla 11. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post-tratamiento de efluentes de reactores anaerobios	31
Tabla 12. Resumen de Caudales de la sección de Post-cosecha de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.....	41
Tabla 13. Parámetro de DQO durante el proceso de filtración en grava por 90 días.....	41
Tabla 14. Parámetro de DBO5 durante el proceso de filtración en grava por 90 días.	42
Tabla 15. Parámetro de Cromo durante el proceso de filtración en grava por 90 días. ...	42

Tabla 16. Eficiencia en la remoción de DQO	46
Tabla 17. Eficiencia en la remoción de DBO5.....	47
Tabla 18. Eficiencia en la remoción de Cromo	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Producción de Flores.....	10
Gráfico 2. Parámetro de DQO durante el proceso de filtración en grava por 90 días.	43
Gráfico 3. Parámetro de DBO5 durante el proceso de filtración en grava por 90 días. ...	44
Gráfico 4. Parámetro de Cromo durante el proceso de filtración en grava por 90 días. ..	45
Gráfico 5. Eficiencia en la remoción de DQO durante el proceso de filtración de los 90 días de funcionamiento del filtro de grava.	48
Gráfico 6. Eficiencia en la remoción de DBO5 durante el proceso de filtración de los 90 días de funcionamiento del filtro de grava.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vías de movimiento de los plaguicidas	8
Figura 2. Mecanismos De Eliminación De Partículas En El Filtro	15
Figura 3. Diferentes Mecanismos Que Producen Transporte De Las Partículas Hasta Los Granos De Un Medio Filtrante.....	16
Figura 4. Esquema del Funcionamiento del Filtro de Grava, Vista Frontal.....	26
Figura 5. Plano de detalle del Filtro de Grava, Vista Frontal.....	29
Figura 6. Medidas referenciales del filtro	32
Figura 7. Ubicación de la Florícola La Herradura	34

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Estructura Metálica	35
Fotografía 2. Salida de agua	35
Fotografía 3. Flauta de distribución	36
Fotografía 4. Lata de tol	36
Fotografía 5. Malla para lata de tol	37
Fotografía 6. Colocación de 35 Litros de agua en el recipiente	37
Fotografía 7. Colocación de la grava y de la lata de distribución	38
Fotografía 8. Limpieza del terreno para el filtro	38
Fotografía 9. Colocación del filtro de grava	39

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “Análisis de la grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola La Herradura Floherrer S.A. ubicada en el cantón Salcedo.”

AUTOR: Jorge Santiago Arias Vaca

TUTOR: Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

El presente proyecto experimental se realizó en la industria florícola La Herradura Floherrer S.A. ubicada en el cantón Salcedo, con la finalidad de evaluar la eficiencia de la grava en el tratamiento de las aguas residuales de la industria. El tiempo de experimentación fue durante 90 días, donde se determinó el caudal diario de agua residual de la industria de 4500 lt/día; y al evaluar el agua residual sin filtrar se obtuvo los siguientes resultados: 875 mg/l de DQO, 420 mg/l de DBO₅ y 0.003 mg/l de cromo.

El funcionamiento del filtro de grava fue constante, mediante la calibración del caudal de agua residual que ingresaba al filtro de 0.105 lt/min, durante los 90 días de evaluación, en los cuales se tomó muestras de agua residual filtrada cada 10 días para determinar la capacidad filtrante que el material estaba aportado, y saber así cuando el material había dejado de depurar el agua residual.

Después de haber filtrado el agua residual de la industria florícola por 90 días, evaluando los resultados se obtuvo las eficiencias máximas de remoción del material filtrante: 87.43% en la remoción de DQO, 88.47% en la remoción de DBO₅ y se determinó que la presencia de cromo en el agua residual de la industria era mínimo. A través de los resultados obtenidos se pudo determinar el tiempo óptimo de vida útil del material filtrante, siendo así que durante los primeros 30 días de funcionamiento el agua filtrada cumple con los valores permitidos en el acuerdo Ministerial N. 028 del 2015, de manera que se puede utilizar la grava como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria florícola durante un período de tiempo de 30 días, después de los cuales el material filtrante (grava) debe ser reemplazado por uno nuevo, previamente lavado, para eliminar las partículas de material granular de menor tamaño.

EXECUTIVE SUMMARY

THEME: "Analysis of gravel as a filter in the treatment of wastewater from the floriculture industry La Herradura Floherrer S.A. located in the Salcedo canton. "

AUTHOR: Jorge Santiago Arias Vaca

TUTOR: Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

The present experimental project was carried out in the flower industry La Herradura Floherrer S.A. located in the canton of Salcedo, in order to assess the efficiency of the gravel in the treatment of industrial wastewater, the experimental time was 90 days, where the daily flow of waste water from the industry of 4500 was determined lt / day, when evaluating the unfiltered residual water, the following results were obtained: 875 mg / l of COD, 420 mg / l of BOD5 and 0.003 mg / l of chromium.

The operation of the gravel filter was constant, by means of the calibration of the residual water flow that entered the filter of 0.105 lt / min, during the 90 days of evaluation, in which samples of filtered residual water were taken every 10 days to determine the filtering capacity that the material was provided, and knowing well when the material had stopped purifying the wastewater.

After filtering the residual water of the floriculture industry for 90 days, evaluating the results, the maximum efficiencies of removal of the filtering material were obtained: 87.43% in the removal of COD, 88.47% in the removal of BOD5 and it was determined that the presence Chromium in the wastewater industry was minimal. Through the results obtained it was possible to determine the optimum time of useful life of the filtering material, being that during the first 30 days of operation the filtered water complies with the values allowed in the regulations, so that the gravel can be used as filtering material in the treatment of wastewater from a floriculture industry for a period of 30 days, after which the filtering material (gravel) must be replaced by a new one, previously washed, to remove particles of granular material from smaller size.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA:

ANÁLISIS DE LA GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A. UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO.

1.2 ANTECEDENTES:

El recurso agua es de crucial importancia para la vida en general en todos los ámbitos, razón por la cual se ha buscado su preservación y conservación, a lo largo de la historia se han realizado investigaciones sobre cómo tener agua de notable calidad para el consumo y para diversas actividades, a partir de dichas búsquedas e investigaciones se pudo obtener información que sirvió de base para el presente trabajo experimental.

El agua contaminada por usos doméstico, industrial o agrícola, también llamada como agua residual se ha incrementado paralelamente con el crecimiento y desarrollo poblacional e industrial, por lo que el aumento en la producción de aguas residuales ha obligado a la ingeniería a buscar, encontrar y aplicar alternativas, soluciones de tratamiento de depuración eficientes, autónomas y económicamente viables. Entre las soluciones más atractivas y posibles se encuentran los tratamientos que emulan los fenómenos naturales. [1] Dichos sistemas se denominan tratamientos naturales de aguas residuales y cada día es más usual el uso de lagunajes, de sistemas de infiltración, de humedales artificiales de toda la variedad de sistemas, debido a que generan efluentes de alta calidad, al mismo tiempo que presentan menores costos de inversión, operación y mantenimiento.

De igual manera los procesos industriales dañan al medio ambiente, por la elevada cantidad de agua residual generada, dicha agua residual varía sus características contaminantes según varios factores como lo son: [2] el tipo de proceso industrial, el volumen de agua utilizada, el tiempo que el agua pasa a través del proceso, el nivel de contaminación entre otros.

Uno de los métodos, sistemas más eficientes de purificación de agua es la filtración, se utilizaba desde hace mucho tiempo atrás para obtener agua clara para el consumo, mediante un agujero realizado en la arena de la orilla de ríos para que el agua pase por el sustrato eliminando así partículas de impurezas. [2] Un ejemplo es el filtro de arena, grava, carbón vegetal, escamas de pescado, y materiales pétreos eliminó el azul de metileno que había en el efluente de prueba, en el agua se eliminó satisfactoriamente el color, olor, y se determinó que puede ser reutilizada en tareas secundarias dicha agua.

También las industrias florícolas a nivel de Latinoamérica producen aguas residuales durante la elaboración de sus productos, la utilización de humedales con estratos de grava y la interacción con microorganismos favorecen en la reducción de agentes contaminantes en el agua, [3] un factor de contaminación a tomar en cuenta es la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que manifestó una disminución de 4.1%, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) también se evaluó, generando una eficiencia del 7.1%. Mediante el proceso de filtración combinado entre el humedal y los estratos de grava se logró la reducción de los parámetros previamente indicados.

El proceso de filtración se produce al pasar un líquido a través de un medio poroso, funcionando como una red que retiene a los diversos elementos contaminantes del agua, la biofiltración a través de un sistema horizontal de 4 cámaras filtrantes intercomunicadas que contienen materiales como sustratos granulares y materiales absorbentes. Para dicho filtro se utilizó arena, grava, carbón vegetal, escamas de pescado, y materiales pétreos. [2] Cada material posee diversas características específicas que ayudan en el tratamiento o depuración de las aguas residuales industriales. Al tratar el agua residual obtenida en los procesos industriales se reduce su porcentaje de contaminación, permitiendo así su reutilización. El costo es un factor de importancia debido a que son materiales accesibles, se pueden implementar filtros en el mayor número de industrias posibles.

Como en el siguiente ejemplo en el que se evaluó el desempeño de un filtro de grava de flujo ascendente en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la producción de tilapia roja [4], se determinó que el agua que había sido tratada reducía sus índices de coeficientes contaminantes de una manera elevada, el valor de la Demanda Bioquímica

de Oxígeno se redujo en un 21%, la Demanda Química de Oxígeno se redujo en un 25%, y además se determinó que la velocidad de filtración a la que funcionaba el filtro, fue de 0.6 m/h.

La utilización de materiales granulares mejora el proceso de depuración del agua residual, el biofiltro a base de hojas de café, arena, grava y antracita reduce la contaminación del agua producida en la industria del cuero, a través de la utilización de partículas de diversos tamaños: hoja de café 0.0083 pulgadas, grava 0.1310 pulgadas, arena de 0.0331 pulgadas y antracita de 0.0331 pulgadas, [5] como se puede apreciar el tamaño de las partículas de grava es mayor a 2 mm, lo que produce que el tiempo de retención del agua residual sea de mayor valor, en el caso de este experimento se utilizó una cantidad de 80 ml de volumen de solución de cromo hexavalente.

Las alturas de los lechos filtrantes fueron cambiando en función de los resultados que se iban obteniendo durante la investigación, el filtro fue elaborado en forma de cilindro, colocando los diversos materiales filtrantes en varias capas, se realizó varias combinaciones en la colocación de los materiales filtrantes como, por ejemplo: grava, arena, grava, para evaluar cuál de las combinaciones era la más adecuada, siendo así la combinación y las medidas más óptimas y adecuadas para la filtración de la solución de cromo hexavalente: grava 12 mm, hoja de café 78 mm, arena 18 mm, hoja de café 51 mm y antracita 36 mm, las capas filtrantes presentaron eficiencia de adsorción del agua residual de prueba. [5] La aplicación de biofiltros si favorece en la reducción de la cantidad de contaminación del Cromo (VI) de soluciones acuosas a flujo continuo.

También es de carácter importantísimo en el tratamiento de aguas residuales tener un adecuado tratamiento primario, como los biofiltros con sistemas de recirculación de agua que eliminan partículas contaminantes, [6] la utilización de estratos filtrantes para reducir la contaminación en el agua de producción de trucha arcoíris ha generado una remoción de 71.43% de amonio, 33.4% de nitritos, 66.51% de DQO y 88.33% de Sólidos suspendidos totales (SST), mediante un filtro percolador y material granular fino se consiguió eliminar también una cantidad considerable de nitrógeno amoniacal.

De igual manera la aplicación de estratos de grava combinados con humedales a base de plantas producen un efecto depurativo en el agua residual, en los llamados humedales de flujo subsuperficial donde el agua circula a través de las raíces de la planta utilizada y a través de la grava, el agua se filtra por las características de porosidad de la grava y por la acción tipo malla que forman las raíces de la planta del humedal, [7] el sistema de depuración ayuda a reducir los valores de DBO₅, pero con el transcurso del tiempo la eficacia bajó debido a la acumulación de material fino en la grava y en las raíces produciendo así un taponamiento de los elementos filtrantes-depurativos del sistema de humedales.

Al evaluar un humedal con grava para la degradación del clorotalonilo (CLT) mediante el esquema de flujo subsuperficial horizontal que se utiliza para el tratamiento de aguas residuales agrícolas, se estimó el efecto del plaguicida (CLT) en la dinámica de crecimiento de la comunidad de heterótrofos totales y la población de *Pseudomonas* spp. [8] Mediante la adición de carbono orgánico disuelto de 20 y 100 mg/L fueron llevados a experimentación en una solución de agua residual sintética. Se llegó a determinar que al utilizar una biopelícula de humedal de forma aislada se logra degradar el Clorotalonilo considerablemente, entonces se corroboró que a partir del principio de humedales más grava se consigue reducir el efecto perjudicial de este plaguicida.

1.3. JUSTIFICACIÓN:

Lastimosamente el agua contaminada en el mundo es causante de millones de muertes de niños, producto de enfermedades causadas por microorganismos que se transmiten en el agua. El agua se contamina por actividades humanas como lo son la gran variedad de procesos industriales y agrícolas, [9] en los cuales se utilizan productos químicos como pesticidas que son perjudiciales para la salud, razón por lo que es de suma importancia crear formas de contrarrestar este efecto perjudicial, una de las mejores soluciones y de menor costo, es la implementación de filtros con materiales de fácil acceso como la grava.

Utilizar filtros de grava ayuda en el tratamiento de aguas residuales, reduce la contaminación ambiental, el costo es un factor importante ya que al obtener el material filtrante (grava) en toda la zona de la Sierra ecuatoriana y a un precio bastante bueno nos

da la factibilidad de implementar filtros en las diversas industrias,[4] mejorando así la calidad del agua que se evacuará, por lo que es necesario experimentar acerca de cuál será el espesor óptimo de la capa de grava para filtrado y todos los factores que ayuden a que el filtro genere un proceso de tratamiento adecuado.

La biofiltración es un método de gran ayuda en la purificación del agua, mediante el cual se puede ayudar a reducir la contaminación, [2] a nivel general el recurso hídrico se encuentra bajo una creciente presión. El crecimiento demográfico, la urbanización y el crecimiento en el consumo de agua en los hogares, la agricultura y la industria, han logrado una mayor utilización del agua. Éste desarrollo conduce a la escasez del recurso hídrico, generando así un conflicto para la vida en general, [10] pensar en las futuras generaciones y como la carencia del agua podría perjudicarles. Por tal motivo, es de fundamental importancia investigar sobre como depurar el agua contaminada de todo tipo, con principios básicos como la filtración.

Implementar procesos de filtración para reducir el índice de enfermedades en el Ecuador es una inversión que económicamente ayuda al desarrollo, [11] debido a que es más eficiente reducir el problema de la contaminación en lugar de curar las enfermedades que ésta produce, mediante la utilización de sistemas de filtración que permitan reducir el efecto contaminante que los procesos industriales generan.

El tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola La Herradura Floherrer S.A. ayudará al medio ambiente [4] y será una iniciativa conservacionista, impulsando así una opción para las demás florícolas a nivel nacional, colocar filtros a base de grava como tratamiento primario de aguas residuales ayuda a reducir los valores de agentes contaminantes como: DBO₅, DQO y el Cromo presente en los pesticidas como es el caso del Hipoclorito de calcio (HTH), este elemento contaminante está presente en los pesticidas [12], [13] es un buen primer paso para la conservación y tratamiento del recurso hídrico empleado en el proceso industrial de producción de flores.

1.4. OBJETIVOS:

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Analizar la grava 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 básico de la industria florícola la Herradura Floherrer S.A, ubicada en el cantón Salcedo.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la industria florícola la Herradura Floherrer S.A, ubicada en el cantón Salcedo.
- Monitorear las características de biodegradabilidad DBO₅, DQO y Pesticidas de las aguas residuales provenientes de la industria florícola, en su origen y luego del proceso de filtración.
- Determinar si la grava puede ser utilizado como material filtrante en el pretratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola.

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. EL AGUA

El agua es esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades. Posee propiedades únicas. Es necesario una correcta evaluación de sus características químicas para así obtener conclusiones claras acerca de sus propiedades. [14] Es uno de los elementos más abundantes en el planeta, cubre más del 70% de la superficie terrestre. El agua es empleada para diversas actividades que la contaminan como se ve en la tabla 1.

Tabla 1. Usos del Agua

Demanda de agua= Usos naturales+Usos antrópicos	
<u>Usos naturales</u>	<u>Usos antrópicos</u>
Mantenimiento de los:	Aprovisionamiento
Ríos	doméstico
Plantas	recreación
Ecosistemas	agricultura, ganadería
Transporte de	minería, industria
Sedimentos	energía hidroeléctrica
Reservas naturales	paisajismo

Fuente: A. Fernández, “Water , an essential resource,” *Quim. Viva*, vol. 11, pp. 147–170, 2012.

La conservación del agua es una prioridad, todas las sociedades se plantean como retos medioambientales la preservación de tan valioso recurso. Es un recurso de vital importancia para el ser humano, necesaria para el consumo diario. [15] Pero desafortunadamente las mismas actividades humanas que contribuyen al desarrollo económico y social, son las que contaminan y degradan el agua.

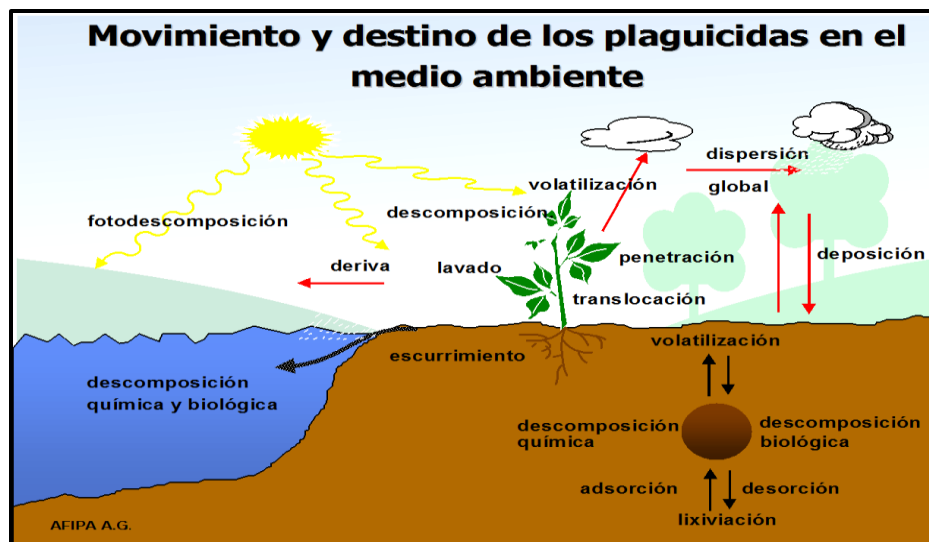
La calidad del agua está definida en función de los elementos que contiene. [14] Para lo que es necesario conocer algunos parámetros físicos, químicos y biológicos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO), se utilizan para medir el grado de contaminación.

2.1.2. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Se conoce como agua al compuesto químico H_2O . [16] Entonces la introducción por parte del hombre de elementos abióticos o bióticos que causen efectos dañinos en el agua es contaminación. Un contaminante son los plaguicidas. La contaminación del recurso hídrico también es procedente de la utilización de abonos para nutrir el suelo, como es el caso del purín de vacuno, cuya aplicación conlleva riesgos de contaminación de grandes cantidades de agua. [17] El purín está hecho a base de heces y orina de vacuno.

Durante las últimas décadas han sucedido diversos cambios en cuanto a la utilización de productos químicos que sean más amigables con el ambiente. [16] Los pesticidas organofosforados, junto a los carbamatos y los piretroides, reemplazaron gran parte de los plaguicidas muy persistentes como es el caso del DDT y el dieldrin. La utilización de plaguicidas tiene también un efecto en los lugares donde el agua contaminada de dichos compuestos llega [18], algunos animales también se ven afectados. El movimiento y destino de los plaguicidas se ve en la figura 1.

Figura 1. Vías de movimiento de los plaguicidas



Fuente: P. Henriquez, "Evaluación del riesgo ambiental a la liberación de plaguicidas."

También se producen agentes contaminantes en las actividades mineras, industriales y urbanas, la utilización de productos químicos en los procesos industriales y también la

presencia de metales pesados. [19] Por lo que es necesario evaluar la calidad del agua mediante procesos físico-químicos.

A. CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGENTES EMERGENTES.

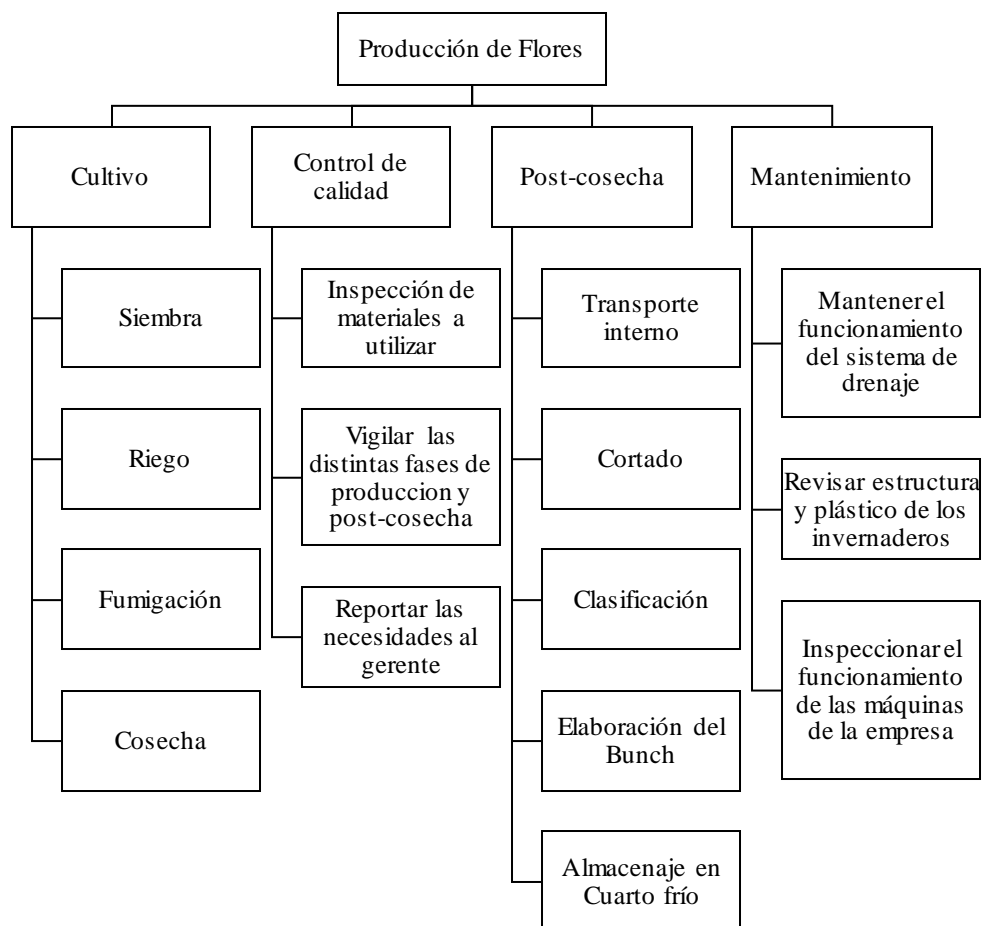
La contaminación de las aguas representa un problema prioritario.[20] La presencia de compuestos denominados “contaminantes emergentes”, cuyo efecto en el medio ambiente ha comenzado a producir inquietud, entre estos elementos emergentes tenemos los pesticidas. Uno de los elementos del cual se tiene mayor información son los metabolitos, son productos de degradación, que pueden ser muy tóxicos. [21] En estudios realizados por el Reino Unido se determinó la presencia de metabolitos en plaguicidas como: DDT, heptacloro y atrazina.

2.1.3. INDUSTRIAS FLORÍCOLAS

La industria florícola inició su auge a finales del siglo XIX, abarca la producción y cultivo de flores de diversos tipos.[22] En la actualidad las flores ecuatorianas son consideradas como las mejores del mundo por su calidad y belleza inigualables. El factor climático influye directamente en el desarrollo de las plantas en todas sus variedades, por lo que climas demasiado fríos como las heladas son perjudiciales en la producción agrícola [23], debido a esto se debe realizar una protección para las flores de los climas demasiado fuertes, un método muy eficiente es la utilización de invernaderos.

En lo referente a tecnología de producción de flores, las agriculturas alternativas surgen a partir de la conservación de la salud y del medio ambiente, generando así procesos más amigables con el ambiente. [24] La agricultura orgánica es un sistema alternativo al convencional o moderno. En lo que respecta a producción, el esquema de la mayoría de las industrias florícolas consiste en: Investigar la variedad de rosas a cultivar, [25] Estar en contacto con el personal de ventas y mantener informes sobre como avanza la producción, a continuación en el gráfico 1 tenemos la distribución de las etapas de la producción florícola.

Gráfico 1. Producción de Flores



Fuente: M. Singaicho, “ELABORACIÓN DEL MANUAL ORGÁNICO FUNCIONAL DE LA EMPRESA FLORÍCOLA ‘ SAN BEL FLOWERS ,’” 2006.

2.1.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales consta de diversos procesos, en función del tipo de agua residual, [26] entre las cuales tenemos: Aguas residuales domésticas, industriales y urbanas.

El tratamiento que se le aplique al efluente debe garantizar que el agua cumpla con los parámetros de calidad establecidos en la ley, [27] Acuerdo Ministerial N. 028, como se indica en las tablas 2 y 3, y los parámetros a evaluar en lo referente a pesticidas como se indica en la tabla 4.

Tabla 2. Límites de descarga al sistema de alcantarillado. (Fragmento de la tabla).

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cromo Hexavalente	Cr ⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500

Fuente: M. Del Ambiente, *Acuerdo Ministerial N. 028. 2015.*

Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua de dulce. (Fragmento de la tabla).

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cromo Hexavalente	Cr ⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200

Fuente: M. Del Ambiente, *Acuerdo Ministerial N. 028. 2015.*

Tabla 4. Parámetros De Monitoreo De Las Descargas Industriales Continuación 2 (Fragmento De La Tabla).

Ciudad	Actividad Industrial	Parámetros De Monitoreo
2421	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario	caudal, DBO, DQO, SST, SAAM, Grasas y aceites, Fenoles, Nitrógeno Total (N), Fósforo Total (P), Residuos de ingredientes activos de plaguicidas, Arsénico (As), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Niquel (Ni), Selenio (Se), Cinc (Zn)

Fuente: M. Del Ambiente, *Acuerdo Ministerial N. 028. 2015.*

Una forma de resumir los tipos de tratamiento es en función del estado en que se encuentran los elementos contaminantes en el agua residual, teniendo así: materia en suspensión, materia coloidal o materia disuelta.

A. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ELIMINACIÓN DE MATERIA EN SUSPENSIÓN, TRATAMIENTO PRIMARIO

La materia que se encuentra en suspensión puede provenir de diversas actividades, entre las que encontramos partículas de varios tamaños y densidades, hasta suspensiones coloidales muy estables y con tamaños de partículas bastante pequeñas, es decir de un

tamaño aproximado a varios o pocos nanómetros (normalmente de naturaleza orgánica). [26] También la concentración de la materia en suspensión determina que tipo de tratamiento es el más adecuado para cada caso de agua residual.

Es necesario contar con tecnologías de depuración bastante eficientes y además de bajo costo, para cumplir con los estándares requeridos para remoción de materia orgánica, microorganismos y nutrientes y así poder utilizar nuevamente el agua para agricultura. [28] Las tecnologías que se utilizan tradicionalmente incluyen como parte principal sistemas biológicos que consisten en la utilización de microorganismos que consuman y degraden los elementos contaminantes presentes en el agua, y también los sistemas físico-químicos, que consisten en la eliminación de sólidos y residuos de mayor tamaño, estos procesos requieren menos mantenimiento y un costo mas bajo de construcción, como es el caso de los filtros de grava, como el utilizado en el presente proyecto experimental de investigación. [26] Los procesos más comunes para eliminar materia en suspensión son: Desbaste, sedimentación y filtración.

➤ **FILTRACIÓN.-** La filtración consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso, con la finalidad de retener la mayor cantidad de materia en suspensión. Existen varias formas de clasificar a los sistemas de filtración: Por gravedad o a presión, lenta o rápida, de torta o en profundidad.

La eficacia de filtración de los distintos materiales utilizados también tiene que ver directamente con la velocidad de escurrimiento o velocidad con la que pasa el agua a través del material filtrante, [29] debido a que si el movimiento del agua a través del material es lento, se produce de mejor manera el proceso de sedimentación en los poros del material granular.

➤ **FILTRACIÓN POR GRAVEDAD.-** En el proceso de filtración por gravedad el agua circula de forma vertical y en descenso a través del material filtrante por la acción de la fuerza de gravedad. [30] El proceso de filtración por gravedad también se evidencia en los sistemas de reutilización de agua residual para riego. En el presente proyecto experimental se utilizará la filtración por gravedad.

➤ **FILTRACIÓN POR PRESIÓN.-** Generalmente en este tipo de filtración el agua se encuentra almacenada en recipientes para posteriormente ser sometida a fuerzas de

presión. [31] Lo más actual en el tema de filtración son los procesos de nanofiltración y ultrafiltración, que consiste en la utilización de membranas o capas filtrantes de tamaños de poros muy pequeños.

- **FILTRACIÓN EN MEDIO GRANULAR.**-El objetivo principal de la filtración por medio granular es conseguir separar las partículas contaminantes del agua residual y en lo posible también reducir microorganismos, la coagulación es un buen tratamiento previo para el agua que va a ser filtrada, [32] formando así agrupaciones de materia que serán retenidas en el medio granular filtrante.

Los suelos de tipo granular como la grava tienen un grado de compacidad relativa por la variedad de tamaños de partículas que se pueden encontrar en el material. [33] La permeabilidad del material es un factor importante debido a que se identifica con la capacidad de absorber agua, la grava como medio poroso posee espacios que permiten el efecto permeable del material, en el presente proyecto se utilizó grava que pasa el tamiz # 3/8 y retiene el #4.

I. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE FILTRACIÓN

Las acciones u operaciones en el proceso de filtración constan de dos fases: filtrado y lavado. En la actualidad la innovación en los procesos de filtración han producido [34] elementos filtrantes con tamaños de poros totalmente pequeños de manera que puedan retener una mayor cantidad de microorganismos.

Operaciones de filtración semicontinuas.- Este tipo de operación consiste en que las fases de filtrado y lavado se dan una a continuación de la otra. La filtración semicontinua se aplicará en el presente proyecto de investigación.

Operaciones de filtración continua.- El proceso de funcionamiento continuo consiste en que la fase de filtrado y lavado ocurren simultáneamente.

En muchos lugares se utilizan aguas potables que no alcanzan a satisfacer a toda la población. [35] Este problema conlleva a enfermedades por carencia de una cantidad adecuada del recurso hídrico, en países de África este problema es grande.

II. MÉTODOS DE CONTROL DE FLUJO

Filtración a caudal constante.- Se mide o controla el caudal de entrada, efluente, para comprobar que el caudal que circulará a través del filtro es constante. Este tipo de caudal se aplicará en el filtro de grava del presente proyecto de investigación.

Filtración a caudal variable.- El caudal que circula a través del filtro va disminuyendo a medida que el valor de la pérdida de carga crece.

III. VARIABLES DEL PROCESO DE FILTRACIÓN. - Las variables de diseño las tenemos en la tabla 5.

Tabla 5. . Principales Variables Que Intervienen En El Diseño De Filtros De Medio Granular.

VARIABLE	SIGNIFICADO
Características del medio filtrante(tamaños del grano, distribución, forma, densidad y composición del grano, carga del medio)	Afecta a la eficacia de eliminación de partículas y al aumento de la pérdida de carga
Porosidad del lecho filtrante	Determina la cantidad de sólidos almacenados en el filtro
Profundidad del lecho filtrante	Afecta a la pérdida de carga y a la duración del filtro
Velocidad de filtración	Sirve para calcular la pérdida de carga con agua limpia
Pérdida de carga admisible	Variable del proyecto
Características del agua a tratar (concentración de sólidos en suspensión, distribución y tamaño del floculo, consistencia, carga del floculo y propiedades del fluido)	Afecta a las características de eliminación para una configuración dada del lecho filtrante. Las características indicadas del agua a tratar pueden ser controladas, hasta cierto punto, por parte del proyectista.

Fuente: N. OTERO, "Filtración de aguas residuales para reutilización," 2006.

Las características físicas que posee el material filtrante son: granulometría, diámetro efectivo, coeficiente de uniformidad y la forma de los granos.

IV. NATURALEZA DEL MEDIO POROSO

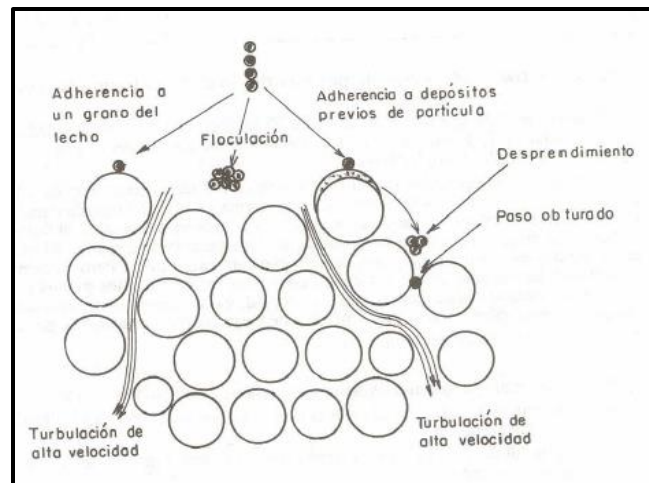
La grava es un material que tiene un tamaño de grano mayor al de la arena pero un comportamiento bastante parecido, por lo que generalmente se encuentran en la misma

muestra de suelo los dos tipos de material, [36] por lo que mediante ensayos de granulometría y mediante el uso de tamices se logra separar estos dos tipos de suelos granulares. [32] Desde el punto de vista de la filtración es de suma importancia utilizar materiales filtrantes que impidan el paso de flóculos a través del filtro.

V. MECANISMOS RESPONSABLES DE LA FILTRACIÓN

La eliminación de partículas mucho más pequeñas que los poros del material filtrante descartó la idea antigua de que la filtración se realizaba por el simple efecto físico de cernido. [32] En consecuencia, el agua, ya sea sedimentada o no, que entra a un lecho filtrante contiene una variedad muy grande de partículas en suspensión.

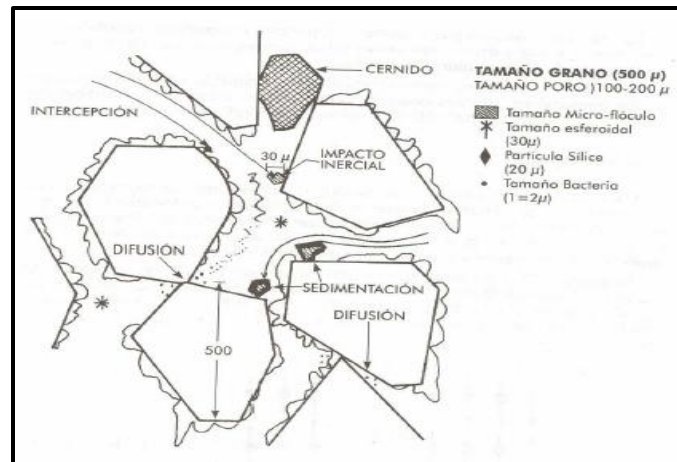
Figura 2. Mecanismos De Eliminación De Partículas En El Filtro



Fuente: N. OTERO, “Filtración de aguas residuales para reutilización,” 2006.

Con el avance de las sociedades se presentan problemas más difíciles acerca de como tener agua de calidad y para todos, surge la necesidad de tomar desiciones de forma precisa e informada en datos previos, basadas en conocimientos. [37] Especificamente en el área ambiental se aplica este criterio para así optimizar la forma de tener un correcto funcionamiento del sistema de tratamiento y depuración del agua residual.

Figura 3. Diferentes Mecanismos Que Producen Transporte De Las Partículas Hasta Los Granos De Un Medio Filtrante



Fuente: N. OTERO, “Filtración de aguas residuales para reutilización,” 2006.

Las partículas de menor tamaño que los poros del lecho filtrante, entran o ingresan en el material granular, y tienen que pasar una distancia bastante grande antes de lograr adherirse a los granos que forman dichos poros. [32] De tal manera se puede decir que el proceso de filtración ocurre de dos formas directas: mediante el transporte de las partículas dentro de los poros y a través de la adherencia a los granos del medio filtrante. El transporte se da por: cernido, sedimentación, intercepción, difusión, impacto inercial y acción hidrodinámica, y la adherencia se da por: fuerza de Van der Waals, fuerza electroquímica y por el efecto de puente químico.

Con estratos de grava se pueden lograr eficiencias de remoción de elementos contaminantes como: [3] DBO₅ en 7.1%, DQO en un 4.1%, Sólidos totales 56.9% mediante la utilización combinada de estratos de grava y humedales para la depuración del agua residual, a continuación en la tabla 6 tenemos los mecanismos actuantes en la eliminación de sólidos en sistemas de filtración en medio granular.

En la evaluación de las aguas residuales de diversos tipos de actividades e industrias se considera de crucial importancia los parámetros[38] de DBO₅ y DQO que precisamente evalúan parámetros de contaminación en general, considerando así diversos elementos contaminantes presentes en el agua residual.

Tabla 6. Mecanismos Actuantes En El Seno De Un Filtro De Medio Granular, Que Contribuyen A La Eliminación De La Materia En Suspensión

MECANISMO	DESCRIPCIÓN
1. Retención	
a) Mecánica	Las partículas de mayor tamaño que los poros del medio filtrante son retenidas mecánicamente.
b) Contacto aleatorio	Las partículas de tamaño menor que los poros del medio filtrante quedan atrapadas dentro del filtro por contacto aleatorio.
2. Sedimentación	Las partículas sedimentan sobre el medio filtrante.
3. Impacto	Las partículas pesadas no seguirán las líneas de corriente del flujo.
4. Intercepción	Muchas de las partículas que se mueven según las líneas de corriente se eliminan cuando entran en contacto con la superficie del medio filtrante.
5. Adhesión	Las partículas floculentas llegan a adherirse a la superficie del medio filtrante al pasar por él. Dada la fuerza creada por el agua que fluye, parte de la materia es arrastrada antes de quedar firmemente adherida y es transportada a zonas más profundas dentro del lecho. Al obturarse el lecho, la fuerza de arrastre superficial aumenta hasta un punto en el que no se puede eliminar más materia. Es posible que una cierta cantidad de material atraviese el fondo del filtro, causando la súbita aparición de turbidez en el efluente.
6. Adsorción química	Una vez que una partícula ha entrado en contacto con la superficie del medio filtrante o con otras partículas, cualquiera de estos mecanismos, o ambos a la vez, pueden ser responsables de su retención.
a) Enlace	
b) Interacción química	
7. Adsorción física	
a) Fuerzas electrostáticas	
b) Fuerzas electrocinéticas	
c) Fuerzas de Van der Waals	
8. Floculación	Las partículas mayores alcanzan a las menores, se juntan con ellas y forman partículas de tamaños aún mayores. Estas partículas son subsiguientemente eliminadas por alguno de los mecanismos de eliminación arriba indicados (1 a 5).
9. Crecimiento biológico	El crecimiento biológico dentro del filtro reducirá el volumen del poro y puede mejorar la eliminación de partículas mediante alguno de los mecanismos de eliminación descritos (1 a 5).

Fuente: N. OTERO, "Filtración de aguas residuales para reutilización," 2006.

La capacidad de adsorción de los materiales granulares como la grava es de crucial importancia en los procesos de filtración, para la reducción de metales pesados como el arsénico se utiliza materiales granulares por su capacidad de adsorción y así reducir los efectos negativos que tiene la presencia de los metales pesados en las aguas residuales de las diversas industrias, [39] para contribuir a la conservación ambiental es necesario investigar nuevos métodos y materiales que contribuyan a la reducción de la contaminación presente en las aguas residuales de origen industrial.

La utilización de grava en filtros de flujo ascendente en capas para aguas residuales, mejoró sus características, [40] el proceso de filtración presentó como resultado que la menor velocidad de filtración fue la que dio mejores resultados, ayudando a remover SST (57%), PT (54%), NT (41%), DBO₅ (21%) y DQO (25%), así como también ayudó en la reducción de coliformes fecales (0.97 Unidades log).

La utilización de la grava como medio filtrante conjuntamente con otros elementos de filtración contribuyó en la depuración del agua residual permitiendo así reducir en un 68% el parámetro de DQO, la eliminación del valor del DQO se mantuvo constante independientemente de la carga hidráulica y orgánica. [41] La capacidad de depuración del nitrógeno amoniacal por parte del estrato de filtración en el que estaba presente la grava fue de 66 a 83%.

En el tratamiento de aguas residuales es necesario tener buenos tratamientos primarios que permitan la reducción de factores contaminantes como los parámetros de sólidos suspendidos, función en la que ayuda de sobremanera los materiales granulares como la grava, que además se ha comprobado que en combinación con otros sistemas de filtración como es el caso de humedales se consigue grandes resultados depurativos que contribuyen en el cuidado y conservación del medio ambiente, [42] los filtros que utilizan la grava como medio filtrante o como parte de los estratos de filtración nos indica que en general presenta un buen desempeño. Al aplicar un caudal menor en el paso por el medio filtrante, mejora la calidad del efluente respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales, huevos de helminto, grasas y aceites.

2.2. HIPÓTESIS

2.2.1. HIPÓTESIS NULA

La utilización de la grava como filtro para el pretratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola La Herradura reducirá el nivel de contaminación del efluente.

2.2.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

La utilización de la grava como filtro para el pretratamiento de aguas residuales provenientes de la industria florícola La Herradura no reducirá el nivel de contaminación del efluente.

2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La utilización de la grava como filtro en el pretratamiento de aguas residuales.

2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Nivel de contaminación del efluente.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto experimental se aplicará los siguientes tipos de investigación:

INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

La utilización de la grava como material filtrante en la actualidad ha sido muy poco empleada[32], por lo que se generará mayor información acerca de la capacidad filtrante del material, permitiendo así su futura implementación para tratar aguas residuales.

INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Los filtros a base de grava en el país han sido muy poco abordados para investigación por lo que es innovador evaluar la capacidad depurativa que tiene el material filtrante[32] para reducir los contaminantes presentes en el agua proveniente de la industria florícola.

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Se detalla paso a paso la ejecución del proyecto experimental, mediante la utilización de la grava como medio filtrante para la depuración de aguas residuales provenientes de una industria florícola.[32], para así establecer parámetros que se puedan seguir en futuras investigaciones.

INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Para el análisis físico-químico del agua residual tratada como cruda, es necesario la utilización de equipos de laboratorio para evaluar los parámetros de DBO₅, DQO [40] y cromo hexavalente presente en los pesticidas, para así corroborar en base a los resultados, la eficiencia de la grava como material filtrante. Se realizarán los análisis físico-químicos en el Laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, y en otros laboratorios especializados.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

El presente proyecto experimental de investigación evaluará el funcionamiento del filtro de grava durante un tiempo de 90 días, porque en grandes lapsos de estudio se puede tener un panorama más amplio de datos[5], se podrá observar de mejor manera cómo evoluciona el proceso de filtración, el comportamiento de la grava a lo largo del tiempo de funcionamiento, así también poder determinar la eficiencia del filtro de grava en un período de tiempo mayor, para conocer el tiempo de vida útil o filtración óptima del material filtrante, en los 90 días el filtro se mantendrá en funcionamiento tratando el agua residual proveniente de la industria florícola La Herradura ubicada en el Cantón Salcedo.

Siendo así la población bajo estudio el agua residual de la industria florícola, la cantidad de agua residual está en función del tiempo, entonces tenemos:

$$VAR = \frac{x}{t} = \frac{4.5m^3}{día} * 90 \text{ días} = 405 m^3 \text{ de Agua Residual}$$

Dónde: VAR= volumen de agua residual, x= cantidad de agua, t= tiempo

MUESTRA

Se realizará la evaluación de los parámetros de DBO₅, DQO y cromo hexavalente presente en los pesticidas, durante los 90 días de funcionamiento del filtro, para lo cual se busca el número de muestras óptimo para poder evaluar la eficacia del filtro de grava, a continuación, cálculo del número de muestras y el volumen de agua residual que procesará el filtro por semana:

$$55 \text{ gal} * 5 \text{ días} = 275 \frac{\text{galones}}{\text{semana}} = 1100 \frac{\text{galones}}{\text{mes}}$$

- Cálculo del número de muestras [43]:
- Fórmula: $n = \frac{m}{e^2(m-1)+1}$
- Dónde:
- n= Muestra

- e= Error Admisible
- m=Población o Universo
- Se trabajará con un error admisible del 15%=0.15
- $n = \frac{90}{0.15^2(90-1)+1}$
- $n = 29.98 \approx 30$ muestras

Se realizará un número de muestras apropiado para el período de funcionamiento del filtro, se tomará un total de 10 muestras. Se distribuirá la cantidad de muestras para la población de 90 días, se procederá a tomar un muestreo aleatorio estratificado, [44] que consiste en analizar todos los parámetros de interés y características más importantes de la población de una forma aleatoria, pero con un criterio que aglomere todos los valores significativos de la población, teniendo así un control total del funcionamiento del filtro durante los 90 días de evaluación. Se tomarán 10 muestras para los 90 días de funcionamiento del filtro, como se muestra en la tabla 7, con los datos obtenidos se analizará los resultados y se comprobará la eficiencia del filtro de grava.

Tabla 7. Muestreo Aleatorio Estratificado para el filtro de grava

Muestreo Aleatorio Estratificado para el Filtro de Grava										
Días	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1-90
Número de Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estado del Agua Residual	Filtrada	Filtrada	Filtrada	Filtrada	Filtrada	Filtrada	Filtrada	Filtrada	Filtrada	Cruda (sin filtrar)

Fuente: Egdo. Santiago Arias

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La utilización de la grava como filtro en el pretratamiento de aguas residuales.

Tabla 8. Operacionalización de la Variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El filtro de grava consiste en la utilización de la grava como medio granular y poroso para retener las partículas de material contaminante presentes en el agua residual y permitiendo así tener un efluente con mejores características.	Medio filtrante (Grava)	Tamaño del material filtrante	¿Qué tamaño de partículas de grava filtrará mejor el agua residual?	Investigación Bibliográfica
		Estado del material filtrante	¿Cuándo lavar el material filtrante?	Observación visual del estado del material, Análisis de laboratorio
		Caracterización del material	¿Qué características tiene el material?	Ensayos de Laboratorio
	Agua residual	Características del agua residual	¿Qué valores límite de elementos contaminantes son los permisibles?	Ministerio del Ambiente, Acuerdo Ministerial N. 028.

Fuente: Egdo. Santiago Arias

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Nivel de contaminación del efluente.

Tabla 9. Operacionalización de la Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Los niveles de contaminación presentes en el agua residual se miden a través de los parámetros físico-químicos, los cuales deben encontrarse dentro del Límite permisible que nos indica la normativa del Acuerdo Ministerial N. 028, en el que se detalla los límites de descarga de aguas residuales.	Contaminantes presentes en el agua residual	Presencia de elementos contaminantes	¿Qué elementos contaminan el agua en el proceso de producción de flores?	Investigación Bibliográfica
		Cantidad de contaminantes utilizados en la Industria Florícola	¿Qué elementos se utilizan en mayor cantidad en la Industria Florícola?	Diagnóstico del funcionamiento de la Industria.
	Análisis físico-químicos del agua residual	DQO	¿Qué valor de DQO tiene el efluente?	Pro Tec 014/ APHA 5220 D, Espectrofotométrico
		DBO ₅	¿Qué valor de DBO ₅ tiene el efluente?	Pro Tec 066/ Hach 8043, volumétrico
		Cromo hexavalente presente en los pesticidas	¿Qué valor de Cromo hexavalente tiene el efluente?	Volumétrico, Espectrofotométrico

Fuente: Egdo. Santiago Arias

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 10. Recolección de Información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analizar la capacidad de filtración de la grava como pretratamiento de aguas residuales provenientes de una industria florícola.
2. ¿De qué personas u objetos?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluar la eficacia del filtro de grava.
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acerca de los parámetros físico-químicos de la calidad del agua: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Cromo Hexavalente presente en los pesticidas.
4. ¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Egdo. Jorge Santiago Arias Vaca ➤ Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos
5. ¿A quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Al agua residual proveniente de la Industria Florícola, filtrada y sin filtrar.
6. ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato ➤ En Laboratorios de Análisis de Aguas Residuales
7. ¿Cómo y con qué?	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mediante los análisis físico-químicos del agua residual, realizados con equipos de los Laboratorios.

Fuente: Egdo. Santiago Arias

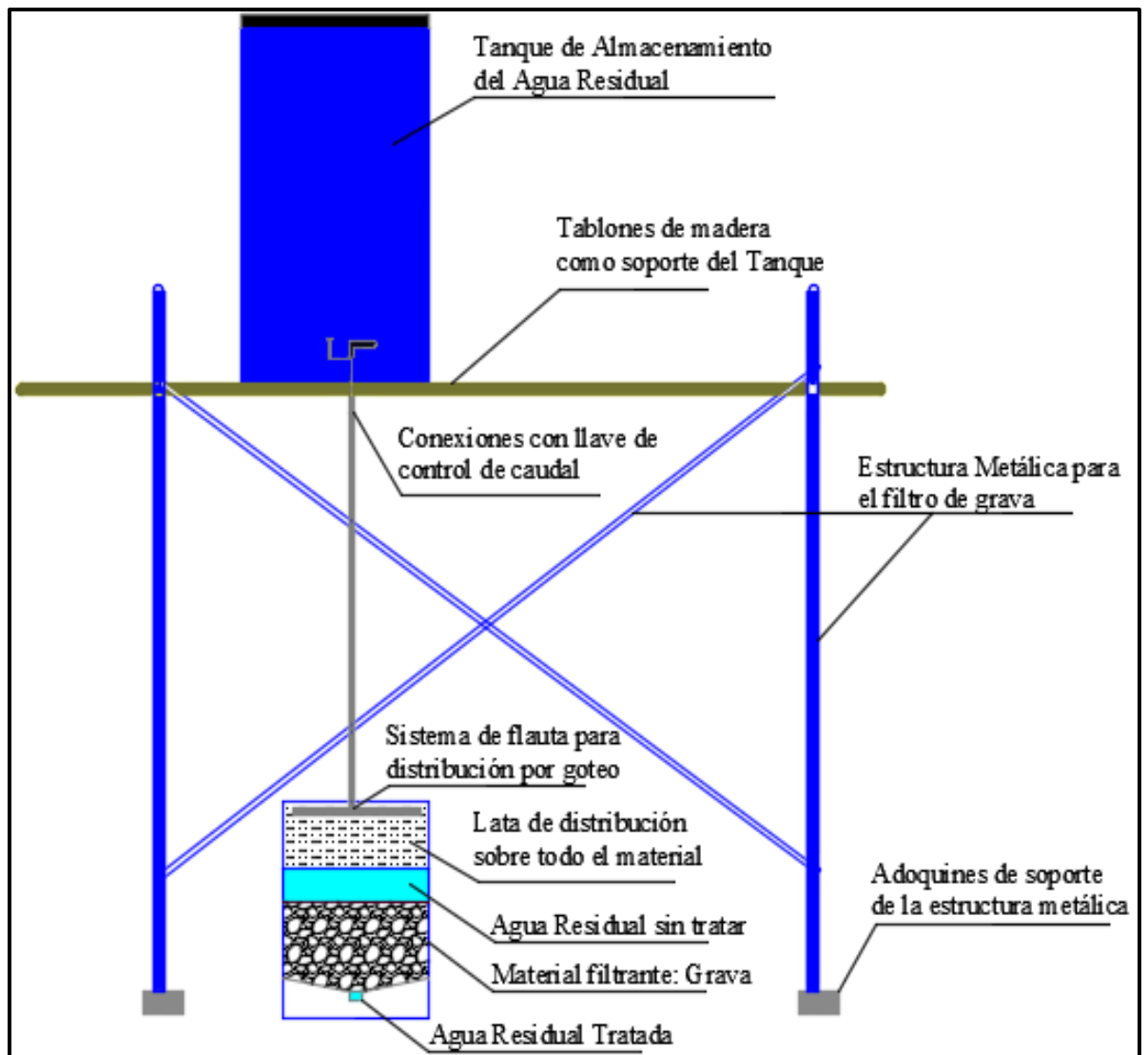
3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A. FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO

El funcionamiento del filtro se lo explicará a continuación, en base al esquema presentado en la figura 4.

Figura 4. Esquema del Funcionamiento del Filtro de Grava, Vista Frontal



Fuente: Egdo. Santiago Arias

A continuación describimos cada parte que compone la estructura del filtro:

➤ **Tanque de almacenamiento de Agua Residual**

El tanque de almacenamiento de capacidad de más de 200 litros, el tanque está hecho de plástico y soportado sobre 3 tablones de madera de eucalipto.

➤ **Tablones de madera**

Los tablones de madera tienen como función brindar soporte al tanque de almacenamiento, se utilizó 3 tablones por la exigencia que la carga del tanque de almacenamiento producía.

➤ **Conexiones con llave de control de caudal**

Las conexiones se realizaron desde la base del tanque de almacenamiento hasta la flauta de distribución por goteo. El sistema consta de una llave reguladora de caudal, para configurar un caudal de 0.105 lt/min, para que así el funcionamiento del filtro sea continuo en el tiempo.

➤ **Estructura Metálica**

La estructura metálica brinda soporte al tanque de almacenamiento, a los tablones de madera y forma parte en general de la estructura y funcionamiento del filtro de grava.

➤ **Sistema de flauta para distribución por goteo**

El sistema de flauta consta de varios agujeros en la parte inferior de la tubería de conexión, tiene como propósito generar goteo sobre toda el área del material, función que se complementa con la lata de distribución.

➤ **Lata de distribución**

La lata de distribución posee varios agujeros que permiten que el agua fluya a través de todo el material filtrante, mediante esta acción de goteo combinado con el efecto de goteo que proporciona la flauta de distribución.

➤ **Agua residual sin tratar**

El agua residual sin tratar llega al material filtrante por medio de la lata de distribución para ser filtrada en la grava.

➤ **Material Filtrante Grava**

La grava tiene como función principal reducir la contaminación presente en el agua residual proveniente de los procesos de post-cosecha de la industria florícola.

➤ **Agua residual tratada**

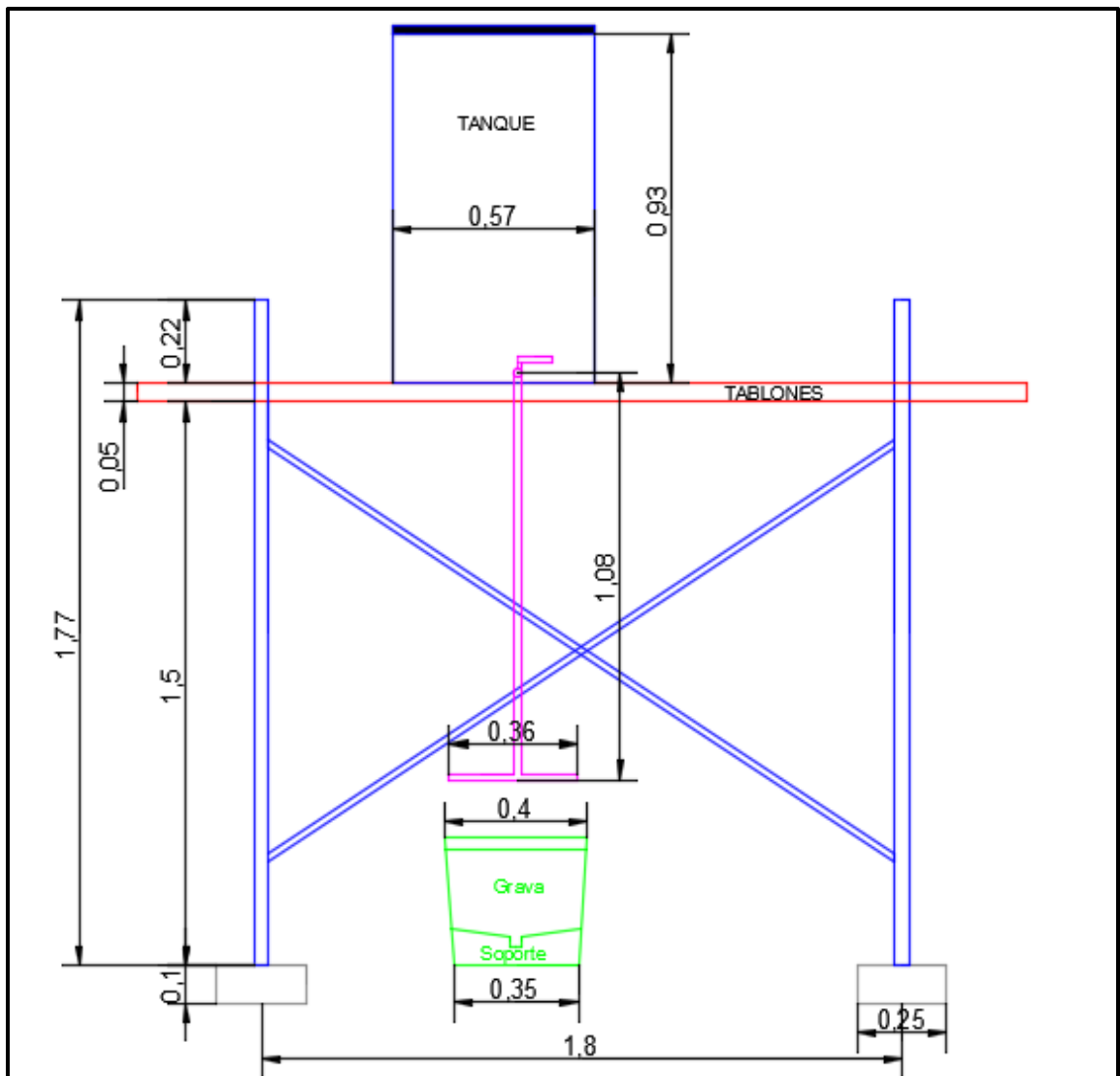
El agua residual tratada en el filtro de grava sale a través de un sistema de evacuación que se encuentra en la parte inferior del filtro.

B. EL PROCESO DE FILTRACIÓN CONSTARÁ DE LOS SIGUIENTES PASOS:

1. Primero se tomará el agua residual proveniente del proceso de post-cosecha de la industria florícola, la misma que se encuentra almacenada en el reservorio de agua residual. El llenado del tanque se realizará cada día.
2. Se tomará el agua mediante dos valdes plásticos de 10 litros, los cuales serán vertidos en el tanque de almacenamiento hasta alcanzar que el tanque este lleno, es decir completar los 200 litros de capacidad del tanque.
3. Después de tener el tanque lleno se procede a calibrar el caudal de 0.105 lt/min mediante la utilización de la llave de control, dicho caudal permite que el agua fluya constantemente a lo largo del tiempo del experimento.
4. El agua que baja del tanque de almacenamiento con el caudal calibrado, llega a la flauta de distribución, la misma que consta de varios agujeros en la parte inferior, para así permitir que el agua gotee sobre la lata de distribución.
5. El agua que gotea de la flauta de distribución cae sobre la lata de distribución que se encuentra colocada sobre el recipiente que tiene el material filtrante, dicha lata de distribución posee una pequeña pendiente que permite que el agua se distribuya sobre todo el material filtrante.

6. El agua residual llega al material filtrante (grava) que se encuentra en el recipiente plástico, fluye a través de la grava realizándose así el proceso de filtración.
7. Finalmente, el agua residual filtrada sale del recipiente plástico a través de un pequeño canal, para así ser conducida hacia un lugar de evacuación. Los días de evaluación se tomará la muestra de agua residual filtrada para su posterior análisis cómo se muestra a continuación, en la figura 5, se ve el plano de detalle del filtro de grava.

Figura 5. Plano de detalle del Filtro de Grava, Vista Frontal



Fuente: Egdo. Santiago Arias

C. REFERENCIAS PARA EL MODELO DE FILTRO

LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO SE DESCRIBEN EN EL ANEXO 2.6, EL CUAL SIRVIÓ COMO BASE PARA EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN:

Para el diseño del modelo del medio filtrante se ha tomado como parámetro fundamental el concepto de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) utilizado en el diseño de Filtros Anaeróbicos de Flujo Ascendente (FAFA) y filtros anaeróbicos convencionales. Este TRH permitirá representar los fenómenos de remoción de contaminantes en el modelo de manera similar a la que se estaría presentando en la vida real o en un prototipo.

Los valores de TRH recomendados por el TULSMA para el diseño de filtros considera dos casos especiales, el primero cuando se cuenta con características físicas y mecánicas del medio filtrante, y el segundo cuando se considera que el material se encuentra empacado.[45], [46]

TRH=0.5 días=12 horas, cuando se toma en cuenta características del material filtrante, como: porosidad, volumen de vacíos, granulometría, etc.

TRH=5.25 horas, cuando el material se encuentra totalmente empacado y se omite las características del material, por la variedad de materiales usados, cada uno con sus respectivas características, se redujo la mayor cantidad de vacíos al momento de la conformación del filtro para hacer uso del presente criterio (granulometría realizada). [45], [46]

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35lt}{0.105lt/min} = 333.33 \text{ min} \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 5.55 \text{ horas} = 0.23 \text{ días}$$

D) MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO-FAFA

Tabla 11. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post-tratamiento de efluentes de reactores anaerobios

Parámetro 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 resistencia hidráulica (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² /d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BDO/m ³ d)	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50
Carga orgánica en el medio filtrante (kg BDO/m ³ d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Fuente: Chernicharo de Lemos, 2007

Se ha elegido el uso de un TRH=FAFA=5 – 10 horas correspondiente a un gasto promedio.

Por factibilidad constructiva se ha asumido un volumen de medio filtrante igual a 35 lt reduciendo mayor cantidad de vacíos para poder tomar como referencia el valor de TRH de un medio filtrante empacado citada anteriormente.

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35}{Q}$$

$$Q = \frac{35}{TRH}$$

TRH= Se ha tomado de un valor de 5.55 horas como se realizó anteriormente.

$$Q = \frac{35 \text{ lt}}{5.55 \text{ horas}} = 6.30 \frac{\text{lt}}{\text{h}} = 0.105 \text{ lt/min}$$

Se ha considerado valores de TRHs de alrededor de 5 horas, que se encuentran en el rango inferior de los recomendados para simular las condiciones más críticas durante el funcionamiento del filtro y ver cuál es su eficiencia bajo estas condiciones.

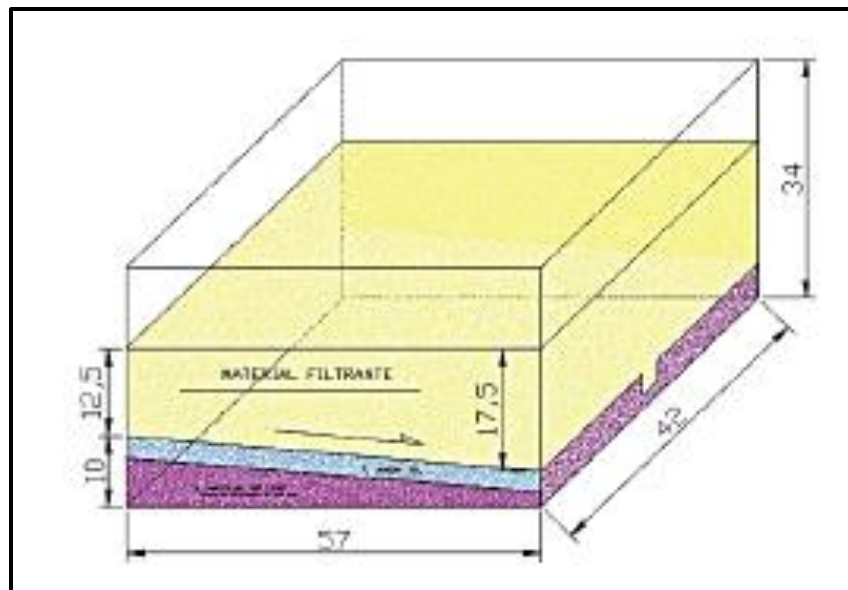
- Tanque de Abastecimiento- Homogeneización

$$Q = 0.105 \frac{lt}{min} = 151.2 \frac{lt}{día} = \frac{1 gal}{3.78 lt} = 40 \frac{gal}{día}$$

Con una cantidad de seguridad de 15 galones para garantizar que 1/3 del tanque siempre este lleno, esto para que no se quede sin agua el filtro y no deje de funcionar, teniendo así el volumen total, 40 galones + 15 galones.

- Dimensiones del Filtro

Figura 6. Medidas referenciales del filtro



Fuente: C. N. del Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Mexico. 2015.

Al calcular el volumen del material filtrante en base a las medidas referenciales del filtro tenemos:

$$AT = BASE * \frac{LM + Lm}{2}$$

$$AT = 57 * \frac{12.5 + 17.5}{2}$$

$$AT = 855 \text{ cm}^2$$

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

$$VT = 35910 \text{ cm}^3 = 35.91 \text{ lt}$$

Donde:

AT= ÁREA TRAPECIO

LM=LADO MAYOR

Lm=LADO MENOR

BASE= BASE

VT=VOLUMEN TOTAL

En el filtro debemos mantener un volumen de 35 lt como un valor mínimo. Por facilidades constructivas y a la vez porque esta etapa de proyecto consiste en el análisis del material filtrante, mas no del diseño del filtro, se tomó las medidas comerciales de un recipiente plástico “guardamóvil grande” con dimensiones (57x42x34) cm. El recipiente se encuentra dividido internamente en dos partes: material filtrante a analizar y material de soporte o base del material filtrante, los cuales se hallan separados por una bandeja de recolección de tol a través de la cual sale el agua filtrada.

➤ PROCESO CONSTRUCTIVO DEL FILTRO

A) LUGAR DE IMPLANTACIÓN DEL FILTRO DE GRAVA

La Industria Florícola la Herradura Floherrer S. A ubicada en la provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, en el barrio La Argentina.

Figura 7. Ubicación de la Florícola La Herradura



Fuente: Google Maps.

B) MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales utilizados para la elaboración del filtro de grava fueron los siguientes: Tanque de 55 galones, Tablones de madera, conexiones y tubería de ½", andamio (estructura metálica), 2 latas de tol, recipiente plástico, 4 adoquines, grava, arena, silicona, pega industrial, herramientas de plomería, etc.

C) CARACTERÍSTICAS DE LA GRAVA

La grava utilizada en el proyecto fue la que pasaba el tamiz 3/8" (10 mm) y retiene el tamiz número 4 (5 mm). El material es de tipo anguloso, con aristas, obtenido en las canteras de Cotopaxi, es el tipo de grava común utilizada en diversos procesos viales y constructivos. La grava fue lavada al inicio del proceso de filtración y también en el día 60 del proceso de filtración.

D) FABRICACIÓN DEL FILTRO

El proceso constructivo del filtro constó de los siguientes pasos:

- 1.- Alquiler de la estructura metálica (andamios).

Fotografía 1. Estructura Metálica



Fuente: Egdo. Santiago Arias

- 2.- Instalación de la salida de agua del tanque de almacenamiento.

Fotografía 2. Salida de agua



Fuente: Egdo. Santiago Arias

3.- Instalación de la flauta de distribución por goteo.

Fotografía 3. Flauta de distribución



Fuente: Egdo. Santiago Arias

4.- Corte y colocación de la lata de soporte del material filtrante, mediante arena como material de base para que la lata de tol resista el peso generado por el material filtrante y pegado con silicona industrial para evitar filtraciones de agua a la superficie del recipiente.

Fotografía 4. Lata de tol



Fuente: Egdo. Santiago Arias

5.- Colocación de una malla metálica de diámetro fino para evitar que la grava ingrese en el canal de salida del agua residual filtrada.

Fotografía 5. Malla para lata de tol



Fuente: Egdo. Santiago Arias

6.- Medición de la cantidad de material filtrante que debe colocarse en el filtro, con la cantidad de 35 litros de agua como referencia.

Fotografía 6. Colocación de 35 Litros de agua en el recipiente



Fuente: Egdo. Santiago Arias

7.- Colocar la segunda lata de tol que tiene huecos e inclinación para que el agua residual se distribuya sobre todo el material filtrante, además colocar la grava que pasa el tamiz de 3/8" y retiene el número 4, la grava fue lavada con abundante agua para eliminar los residuos de material granular de menor tamaño como lo es la arena, y así proporcionar la mayor eficiencia posible del material filtrante.

Fotografía 7. Colocación de la grava y de la lata de distribución



Fuente: Egdo. Santiago Arias

8.- Preparación del sitio de colocación del filtro.

Fotografía 8. Limpieza del terreno para el filtro



Fuente: Egdo. Santiago Arias

9.- Colocación del filtro de grava en la Industria Florícola La Herradura en el Cantón Salcedo, junto a los reservorios de aguas residuales de post-cosecha de la florícola.

Fotografía 9. Colocación del filtro de grava



Fuente: Egdo. Santiago Arias

➤ **PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

I. Se analizará el agua residual filtrada en grava durante los 90 días de funcionamiento del filtro, tomando muestras cada 10 días.

II. Para la toma de muestras se lo realizará en botellas de vidrio de color ámbar, para conservar las propiedades intactas previo al análisis del agua residual tanto filtrada como sin filtrar.

III. Se transportará hacia un laboratorio especializado las botellas con agua residual en un recipiente con hielos para conservar así las propiedades que se desea analizar sin alteraciones y lo más exactas posible.

IV. Se determinará los valores de DBO₅, DQO y cromo hexavalente presente en los pesticidas, del agua residual sin filtrar y de agua filtrada.

V. Para la recolección de la información se realizarán tablas de resultados de todos los análisis del agua residual filtrada y sin filtrar.

VI. Se realizarán gráficas con los resultados para una mejor interpretación.

3.5.2. PLAN DE ANÁLISIS

I. Comprobación de resultados del agua residual filtrada y sin filtrar, para así corroborar la hipótesis de que la grava puede ser utilizada como filtro para el pretratamiento de aguas residuales provenientes de una Industria Florícola.

II. Analizar la eficiencia del filtro de grava en la reducción de los elementos contaminantes presentes en el agua residual de la Industria Florícola.

III. Establecer que parámetros se logró reducir mayormente con el filtro de grava en el agua residual proveniente de la Industria Florícola.

IV. Establecer las conclusiones y recomendaciones que se generaron al evaluar el filtro de grava como pretratamiento de aguas residuales provenientes de la Industria Florícola.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realiza la recolección de todos los datos de los análisis del agua residual filtrada y sin filtrar y además la tabla del caudal generado en la industria florícola.

4.1.1. TABULACIÓN DE RESULTADOS

Información de caudales de Agua Residual de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A. a continuación en la tabla 12.

Tabla 12. Resumen de Caudales de la sección de Post-cosecha de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.

CAUDALES DE POST-COSECHA			
CAUDAL HORA	CAUDAL DIARIO	CAUDAL MENSUAL	CAUDAL ANUAL
m ³ /h	m ³ /día	m ³ /mes	m ³ /año
0.5625	4.5	135	1620
lt/h	lt/día	lt/mes	lt/año
562.5	4500	135000	1620000

Fuente: Egdo. Santiago Arias

En las tablas 13, 14 y 15 se muestran los resultados de los análisis físico-químicos del agua residual filtrada y sin filtrar, además el valor límite que permite el Acuerdo Ministerial N. 028 del 2015.

Tabla 13. Parámetro de DQO durante el proceso de filtración en grava por 90 días.

Número de muestra	Días de Filtración	DQO, Agua Filtrada (mg/l)	Agua Sin Filtrar (mg/l)	Límite Permisible (mg/l)
1	10	301	875	500
2	20	110	875	500
3	30	245	875	500
4	40	1703	875	500
5	50	1103	875	500
6	60	1399	875	500
7	70	1225	875	500
8	80	1000	875	500
9	90	750	875	500

Fuente: Egdo. Santiago Arias

Tabla 14. Parámetro de DBO5 durante el proceso de filtración en grava por 90 días.

Número	Días de Filtración	DBO ₅ , Agua Filtrada (mg/l)	Agua Sin Filtrar (mg/l)	Límite Permisible (mg/l)
1	10	48.43	420	250
2	20	51	420	250
3	30	116	420	250
4	40	887	420	250
5	50	518	420	250
6	60	674	420	250
7	70	600	420	250
8	80	500	420	250
9	90	295	420	250

Fuente: Egdo. Santiago Arias

Tabla 15. Parámetro de Cromo durante el proceso de filtración en grava por 90 días.

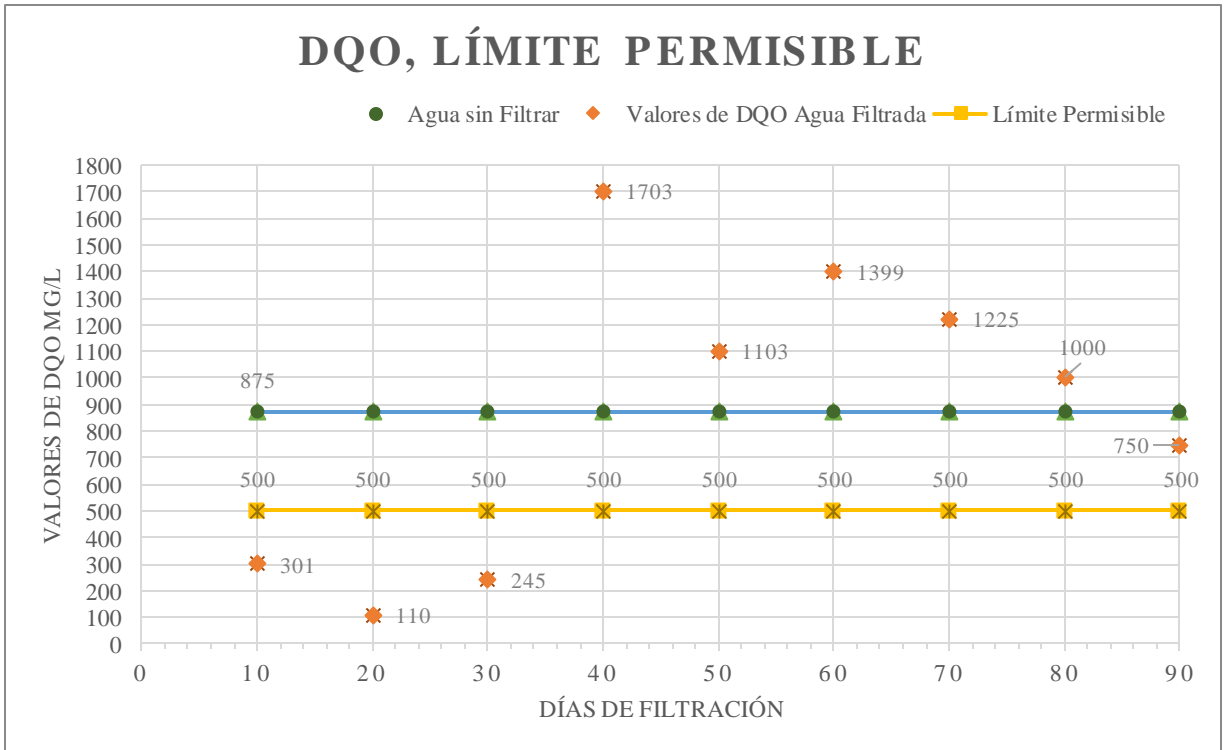
Número	Días de Filtración	Cromo, Agua Filtrada (mg/l)	Agua Sin Filtrar (mg/l)	Límite Permisible (mg/l)
1	10	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l
2	20	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l
3	30	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l
4	40	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l
5	50	0.5	< 0.003	0.5 mg/l
6	60	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l
7	70	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l
8	80	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l
9	90	< 0.003	< 0.003	0.5 mg/l

Fuente: Egdo. Santiago Arias

4.1.2. GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS

En los gráficos 2, 3 y 4 se muestran los resultados de los análisis físico-químicos del agua residual filtrada y sin filtrar, además el valor límite que permite el Acuerdo Ministerial N. 028 del 2015.

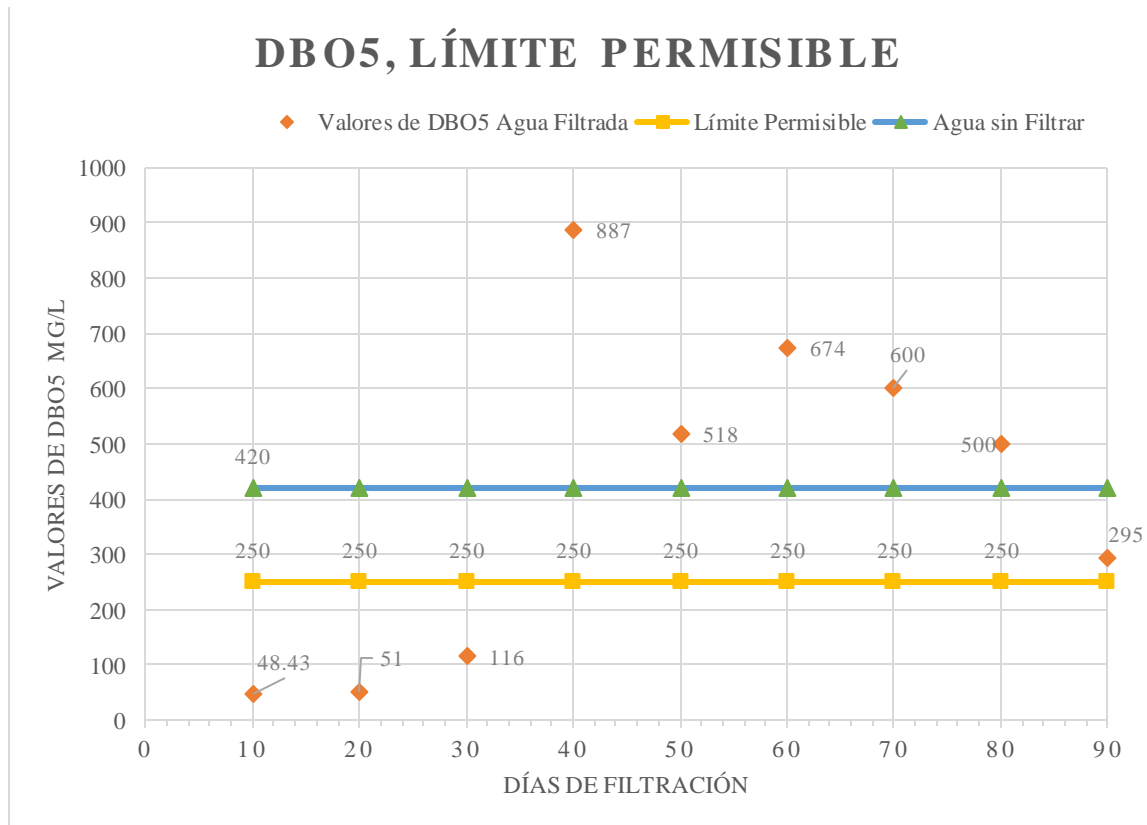
Gráfico 2. Parámetro de DQO durante el proceso de filtración en grava por 90 días.



Fuente: Egdo. Santiago Arias

El filtro de grava ayudó a reducir los valores de contaminación del parámetro de DQO considerablemente en los primeros 30 días de funcionamiento, logrando así obtener valores que cumplan con los límites permisibles de la norma, en el día 40 de filtración los valores de DQO se elevan demasiado, incluso superando el valor del agua residual sin filtrar, por lo que se puede entender que el material terminó su vida útil y en lugar de ayudar a reducir la contaminación, la estaba aumentando, este patrón se mantiene durante los días 50 y 60, después del día 60 se realizó el lavado del material, lo que redujo el valor de DQO, pero sin alcanzar a los valores límite permitidos por la norma.

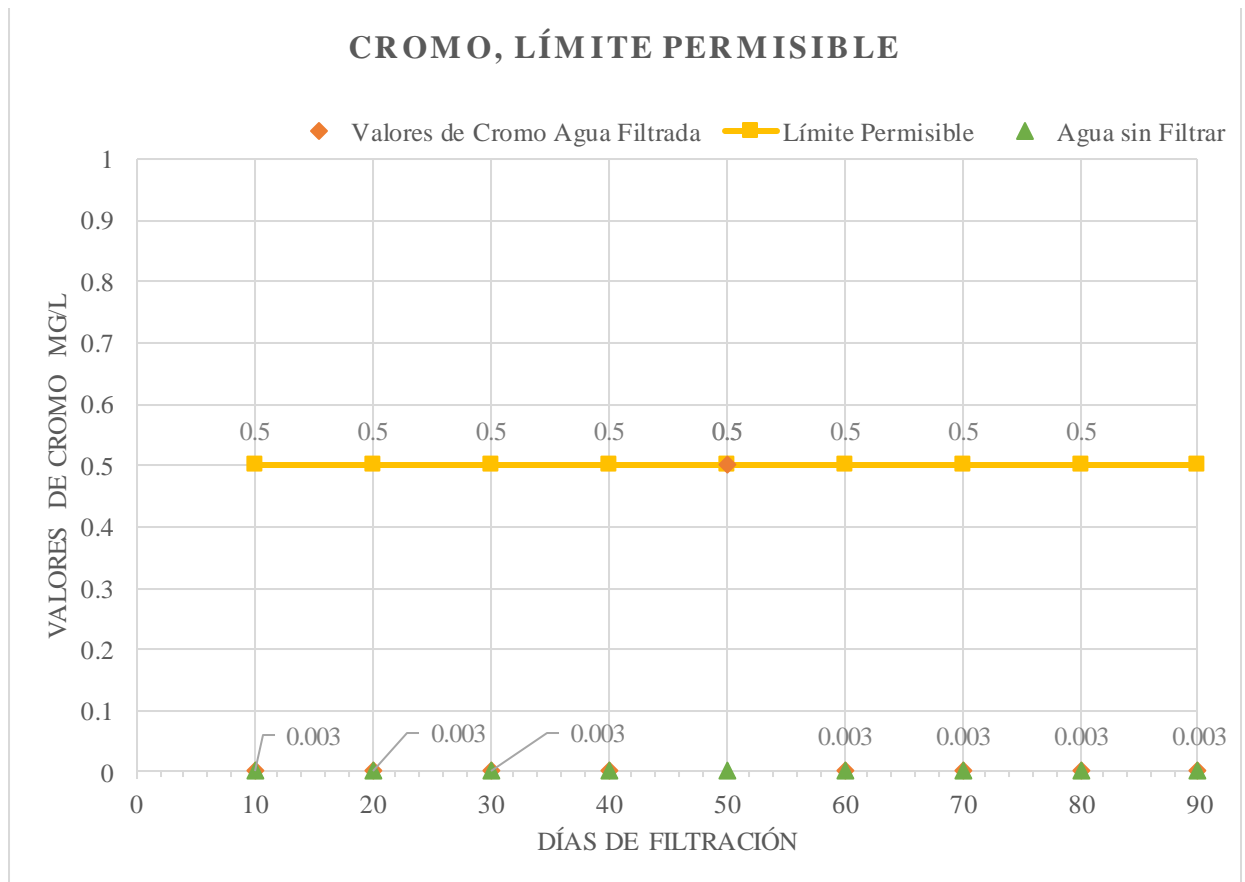
Gráfico 3. Parámetro de DBO5 durante el proceso de filtración en grava por 90 días.



Fuente: Egdo. Santiago Arias

Los valores de DBO₅ en los primeros 30 días de filtración en el estrato de grava cumplen satisfactoriamente los límites permisibles en la norma, en el día 40 el valor de DBO₅ se eleva considerablemente superando inclusive al valor del agua residual sin filtrar, en los días 50 y 60 de filtración se mantiene esta tendencia, en el día 60 se realizó el lavado del material filtrante, lo que mejoró en cierto grado la capacidad filtrante pero sin llegar a cumplir con los valores que nos solicita la normativa.

Gráfico 4. Parámetro de Cromo durante el proceso de filtración en grava por 90 días.



Fuente: Egdo. Santiago Arias

Los valores de cromo en la industria florícola en general presenta índices muy bajos como se observa en el gráfico 4, tanto en el agua sin filtrar como en el agua filtrada, con excepción del día 50 de filtración donde el agua filtrada se eleva hasta alcanzar el valor límite permitido por la normativa, debido a un efecto de acumulación de contaminantes presentes en el material filtrante.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para el análisis de los resultados generados por el filtro de grava, se calculó el valor de la eficiencia en cada uno de los parámetros de evaluación: Para lo cual se aplica [43] la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Concentración Inicial} - \text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} * 100$$

Donde:

Concentración Inicial= El valor del agua residual sin filtrar.

Concentración Final= El valor del agua filtrada durante los 90 días de funcionamiento.

En las tablas 16, 17 y 18 se muestran los porcentajes de eficiencia de remoción del filtro de grava durante los 90 días de filtración, además se indica los límites permisibles del Acuerdo Ministerial N. 028 del 2015.

Tabla 16. Eficiencia en la remoción de DQO

Número de muestra	Días de Filtración	DQO Agua Filtrada (mg/l)	Agua Sin Filtrar (mg/l)	Límite Permissible (mg/l)	Eficiencia de Remoción %
1	10	301	875	500	65.60
2	20	110	875	500	87.43
3	30	245	875	500	72.00
4	40	1703	875	500	-94.63
5	50	1103	875	500	-26.06
6	60	1399	875	500	-59.89
7	70	1225	875	500	-40.00
8	80	1000	875	500	-14.29
9	90	750	875	500	14.29

Fuente: Egdo. Santiago Arias

Tabla 17. Eficiencia en la remoción de DBO5

Número	Días de Filtración	DBO₅ Agua Filtrada (mg/l)	Agua Sin Filtrar (mg/l)	Límite Permissible (mg/l)	Eficiencia de Remoción %
1	10	48.43	420	250	88.47
2	20	51	420	250	87.86
3	30	116	420	250	72.38
4	40	887	420	250	-111.19
5	50	518	420	250	-23.33
6	60	674	420	250	-60.48
7	70	600	420	250	-42.86
8	80	500	420	250	-19.05
9	90	295	420	250	29.76

Fuente: Egdo. Santiago Arias

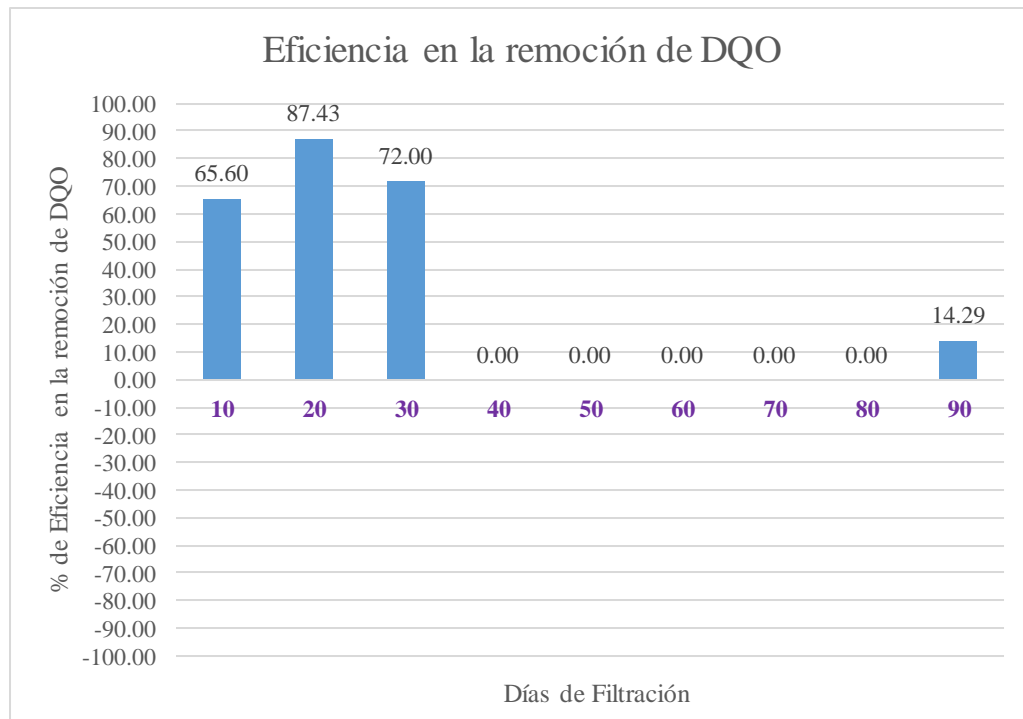
Tabla 18. Eficiencia en la remoción de Cromo

Número	Días de Filtración	Cromo (mg/l)	Agua Sin Filtrar (mg/l)	Límite Permissible (mg/l)	Eficiencia de Remoción %
1	10	0.003	0.003	0.5	0
2	20	0.003	0.003	0.5	0
3	30	0.003	0.003	0.5	0
4	40	0.003	0.003	0.5	0
5	50	0.5	0.003	0.5	-16567
6	60	0.003	0.003	0.5	0
7	70	0.003	0.003	0.5	0
8	80	0.003	0.003	0.5	0
9	90	0.003	0.003	0.5	0

Fuente: Egdo. Santiago Arias

Para una mejor comprensión se realizó las gráficas 5 y 6, donde se indica la eficiencia del filtro de grava en cada parámetro evaluado.

Gráfico 5. Eficiencia en la remoción de DQO durante el proceso de filtración de los 90 días de funcionamiento del filtro de grava.



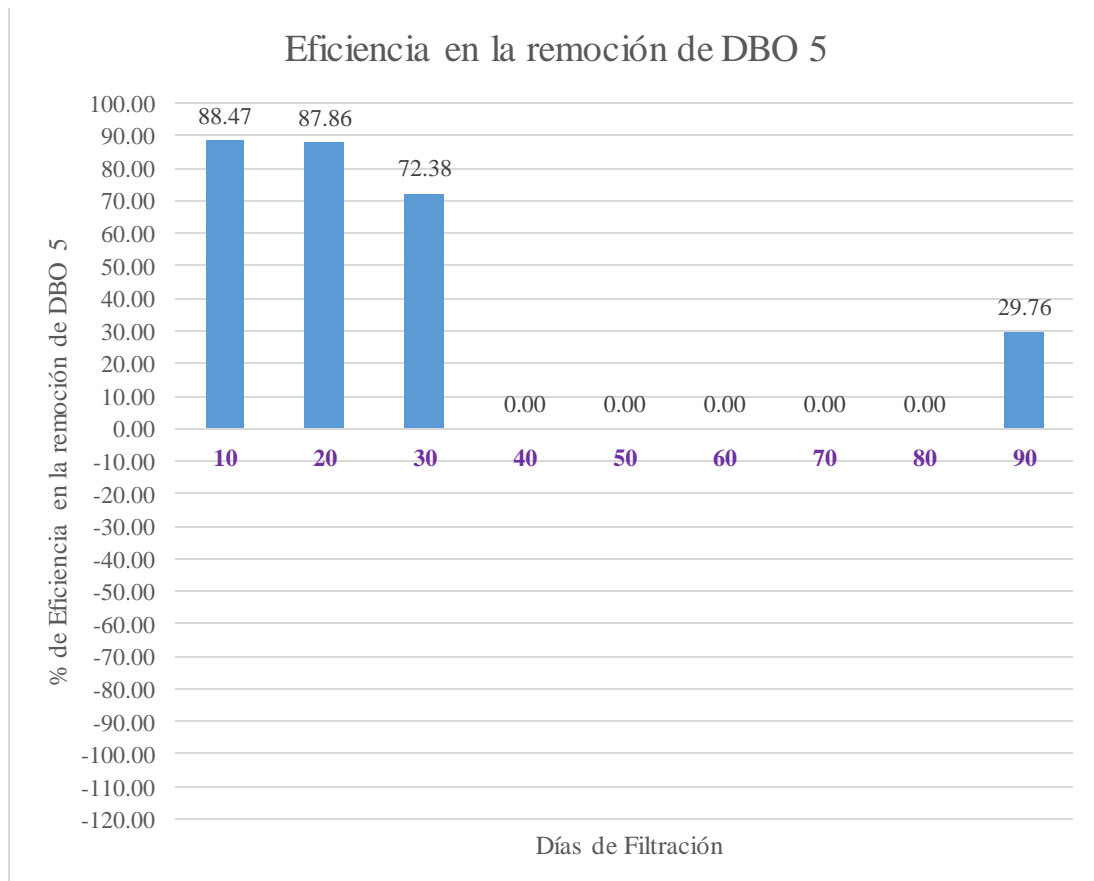
Fuente: Egdo. Santiago Arias

El funcionamiento del filtro de grava obtuvo una eficiencia del 65.60% en la remoción del DQO en los primeros 10 días, logrando con este valor cumplir con los valores límite permisible, siendo así un proceso satisfactorio. Comparando la eficiencia con los estudios [3], [4], en el que existían estratos de grava, la eficiencia en dichos estudios fue de 4.1% y 25% respectivamente en la remoción de DQO, por lo que se determina que la grava reduce la contaminación en el agua residual.

En el siguiente muestreo se obtuvo una eficiencia incluso mayor, alcanzando un valor de 87.43% de remoción, para el análisis de los 30 días de filtración la eficiencia disminuyó un poco en relación al resultado anterior, pero a su vez mayor que el resultado del primer análisis, teniendo un valor de 72% de eficiencia.

El análisis del día 40 nos dio un resultado de -94.63% lo que significa que en lugar de ayudar a reducir los valores de contaminación de DQO en el agua residual, el filtro estaba añadiendo mayor contaminación, produciéndose así en el filtro una especie de acumulación de contaminantes, para el análisis de los 50 días de filtración la eficiencia fue de -26.06%, demostrando así que el filtro seguía produciendo el efecto contrario para el que fue diseñado, mostrando también que la vida útil de filtración de la grava es de 30 días. Para el día 60 de filtración el valor de la eficiencia de remoción fue de -59.89%, demostrando así que el filtro ya no cumplía su función, en este período se realizó el lavado del material para así mejorar nuevamente su capacidad filtrante, pero los resultados demostraron que sería necesario cambiar el estrato de material filtrante para obtener buenos resultados. Los resultados de la eficiencia de remoción para el día 70 de filtración fueron de -40%, para el día 80 el valor fue de -14.29% de remoción, siendo este también un valor negativo, lo que indica que el filtro en lugar de reducir la contaminación la estaba incrementado, finalmente en el día 90 de filtración el resultado fue de 14.29% de eficiencia de remoción, demostrando así que después del lavado de material se obtuvo una eficiencia negativa del filtro, que con el tiempo fue mejorando hasta conseguir en el día 90 un resultado positivo de eficiencia de remoción, pero sin lograr que el agua residual cumpla con los límites permisibles en la normativa.

Gráfico 6. Eficiencia en la remoción de DBO5 durante el proceso de filtración de los 90 días de funcionamiento del filtro de grava.



Fuente: Egdo. Santiago Arias

Los valores de DBO₅ para los primeros 10 días de filtración fue de 88.47% de eficiencia de remoción, siendo así que el valor estaba dentro del límite permisible por norma. Comparando la eficiencia con los estudios [3], [4], en los que existían estratos de grava, la eficiencia en dichos estudios fue de 7.1% y 25% respectivamente en la remoción de DBO₅, por lo que se determina que la grava reduce la contaminación en el agua residual de industrias florícolas.

En el día 20 de filtración el valor de eficiencia de remoción bajó levemente a 87.86% pero seguía filtrando muy bien y cumpliendo con los márgenes permisibles, en el día 30 el porcentaje de remoción disminuyo levemente a 72.38%, pero seguía filtrando adecuadamente y cumpliendo la normativa, en el día 40 de filtración se produce un efecto

contrario al buscado, debido a que el filtro en lugar de reducir la contaminación, la estaba aumentando, produciéndose así un efecto de acumulación de contaminantes en el estrado de grava, el valor de eficiencia de remoción fue de -111.19%. Este patrón se mantiene en el análisis del día 50, teniendo un valor de -23.33% de remoción, produciéndose un efecto contaminante en lugar de depurativo para el agua residual, el análisis para el día 60 nos dio un resultado de -60.48% de eficiencia de remoción, manteniéndose así el mismo patrón de acumulación de contaminantes, en esta instancia se realizó el lavado del material filtrante para así recuperar su capacidad filtrante, lo cual no se logró, debido a que los contaminantes se encontraban en los poros de la grava, obteniendo como conclusión de que es necesario cambiar el material filtrante, el mismo que tiene una vida útil de 30 días de filtración óptima, el resultado de eficiencia de remoción para el día 70 fue de -42.86%, teniendo la misma tendencia de efecto contaminante más que de depuración del agua residual, para el día 80 se obtuvo un valor de -19.05% de eficiencia de remoción, y finalmente para el día 90 se obtuvo un valor de eficiencia de remoción positivo de 29.76% pero que no alcanza a cumplir los valores permisibles estipulados en la normativa. Así tenemos que el tiempo de filtración óptima de la grava es de alrededor de 30 días, después de los cuales se debe cambiar el material filtrante para así alcanzar los resultados que cumplan con los estándares permisibles en la normativa.

Análisis de la eficiencia en la remoción de Cromo durante el proceso de filtración de los 90 días de funcionamiento del filtro de grava.

Los resultados de la eficiencia de remoción del cromo en general son bajos, en otros estudios en donde existía una presencia considerable de cromo se logró reducir su cantidad contaminante como en [5], debido a que el agua residual sin filtrar del presente proyecto experimental presentó bajos niveles de cromo, con valores menores a 0.003 mg/l, y los resultados del agua residual filtrada durante los 90 días de experimentación dieron resultados similares con un contenido mínimo, menor a 0.003 mg/l, con excepción del análisis del día 50 de filtración en donde dió un valor de 0.5 de cromo, lo cual representaba un valor que llegaba al límite permisible, dicho valor de contaminación se estima que se produjo debido a una acumulación de este elemento en el lecho filtrante, en general el agua residual de esta industria florícola presenta valores mínimos de cromo, tanto en el

agua filtrada como en el agua sin filtrar.

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Los resultados del filtro de grava para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria florícola fueron satisfactorios en los primeros 30 días de funcionamiento, siendo este período de tiempo el óptimo o la vida útil del material filtrante, después de dicho tiempo se debe cambiar el material filtrante por uno nuevo, que se encuentre lavado para así evitar la presencia de arena.

El filtro de grava ayudó en la remoción de contaminación por DQO en un 87.43% a los 20 días de filtración, cumpliéndose así la normativa límite permisible en el Acuerdo Ministerial N. 028 del 2015, comprobando que la grava puede ser utilizada como pretratamiento de aguas residuales provenientes de una industria florícola.

El filtro de grava ayudó en la remoción de contaminación por DBO₅ en un 88.47% en los 10 primeros días de filtración, cumpliéndose así la normativa límite permisible en el Acuerdo Ministerial N. 028 del 2015, comprobando que la grava puede ser utilizada como pretratamiento de aguas residuales provenientes de una industria florícola.

En la industria florícola se identificó la presencia de una cantidad mínima de cromo por lo que se corroboró que dicho parámetro se mantiene en valores bajos, los cuales son menores por bastante al límite permisible en el Acuerdo Ministerial N. 028 del 2015.

Se demuestra que la grava puede ser utilizada como material filtrante en el pretratamiento de aguas residuales provenientes de una industria florícola.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se conoció la infraestructura y el funcionamiento básico de la industria florícola La Herradura Floherrer S.A. ubicada en el cantón Salcedo.
- Mediante el registro de caudales proporcionado por el gerente administrativo se determinó que el caudal diario en el área de post-cosecha es de 4500 lt/día, el mismo que se mezcla en una proporción de 1 a 100, por cada litro de agua residual se mezcla con 100 litros de agua normal de regadío, debido a que el agua residual se reutiliza para regadío.
- Se muestran las eficiencias máximas del filtro de grava en la reducción del parámetro de DQO, obteniéndose un valor de 87.43% a los 20 días de filtración, valor que correspondió a 110 mg/l, en la remoción de DBO₅ de 88.47%, alcanzando un valor de 48.43 mg/l, y se muestra que la cantidad de cromo es mínima.
- A través de los 90 días de análisis se indica que el filtro de grava contribuye significativamente en la disminución de elementos contaminantes en las aguas residuales provenientes de una industria florícola.
- Se indica que el filtro de grava puede ser utilizado para reducir los elementos contaminantes de DQO y DBO₅ de las aguas residuales provenientes de una industria florícola, también se analizó la vida útil del material filtrante, siendo el tiempo de filtración óptima de alrededor de 30 días, donde el agua residual filtrada cumple con todos los límites permisibles en el Acuerdo Ministerial N. 028 del 2015.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar al máximo los recursos disponibles en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, como lo es el laboratorio de química donde se pueden realizar la mayoría de los análisis de evaluación de aguas residuales, también el uso del laboratorio de ensayo de materiales donde se pueden evaluar diversas características relacionadas con el material filtrante, como es el caso de la granulometría.
- Se recomienda controlar el caudal del tanque de almacenamiento hacia el recipiente con el material filtrante, para que así siempre se mantenga en funcionamiento el filtro, logrando tener un caudal adecuado para que el material siempre se encuentre trabajando y lograr así que el experimento proporcione resultados reales, los mismos que de ser satisfactorios y positivos en un futuro se puedan aplicar a mayor escala, para así poder ayudar a reducir la contaminación en el ecosistema por la acción de aguas residuales.

C.- MATERIALES DE REFERENCIA

1.- BIBLIOGRAFÍA:

- [1] H. Arias, Carlos A y Brix, “Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales,” *Rev. Cienc. e Ing. Neogranadina ISSN 0124-8180*, vol. N°13, pp. 17–24, 2003.
- [2] A. Batista, O. Cárdenas, J. Castillo, K. Madrid, and C. Martinez, “Diseño y construcción de filtro multicámaras horizontal por gravedad para tratamiento de efluentes industriales,” *Rev. Iniciación Científica*, vol. 2, p. 7, 2016.
- [3] M. L. Jaramillo-Gallego, R. M. Agudelo-Cadavid, and G. A. Peñuela-Mesa, “Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal,” *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, vol. 34, no. 1, 2015.
- [4] M. Luna, “Efluente Piscícolas: Características contaminantes, impactos y perspectivas de tratamiento,” *J. Cienc. e Ing.*, vol. 3, no. 1, p. 4, 2011.
- [5] O. Fabián, H. Cobos, J. Felipe, A. Londoño, L. Carlos, and F. Garcia, “Industrias Del Curtido De Cueros Design of a Biofilter To Reduce the Contamination Content By Chromium Generated in the Industries of the Leather Tanning,” *Dyna*, vol. 76, no. 160, pp. 107–119, 2009.
- [6] D. G. I. Gallego-alarcón, “Evaluación de un sistema de recirculación y acondicionamiento de agua en truticultura,” *Tecnol. y Cienc. del Agua*, vol. II, pp. 83–96, 2011.
- [7] N. Alasino, F. Nadal, L. Primo, P. Bollo, and N. Larrosa, “Comportamiento cinético e hidráulico de un humedal construido a escala real,” *Tecnol. y Cienc. del Agua*, vol. VI, pp. 93–104, 2015.
- [8] A. Peñuela, “Degradación del clorotalonilo por un consorcio microbiano aislado de humedales construidos en ensayos de laboratorio,” *Actual. Biológicas*, vol. 37, no. SEPTEMBER, pp. 15–25, 2015.

- [9] S. Abarca Monge and B. Mora Brenes, "Contaminación del agua," *Rev. Biocenosis*, vol. 20, pp. 1–3, 2007.
- [10] M. E. D. La Peña, J. Ducci, and V. Zamora, "Tratamiento de aguas residuales en México," *Nota Técnica #IDB-TN-521*, p. 42, 2013.
- [11] K. Reynolds, "Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema," *La Llave*, vol. 1, no. septiembre/octubre, p. 4, 2002.
- [12] M. D. T. Y. A. S. España., *NTP 143: Pesticidas: clasificación y riesgos principales*. 1983, p. 4.
- [13] A. C. Inc, "Ficha Técnica Hipoclorito De Calcio 70 %," in *ARCH*, 2011, p. 4.
- [14] A. Fernández, "El agua: un recurso esencial," *Química Viva*, vol. 11, pp. 147–170, 2012.
- [15] J. Molenat and M. Voltz, "Preservación y restauración de la calidad del agua," *Recur. Agua Preserv. y Gestión*, vol. 1, p. 14, 2010.
- [16] L. Orta Arrazcaeta, "Contaminacion De Las Aguas Por Plaguicidas Químicos," *Fitosanidad*, vol. 6, pp. 55–62, 2002.
- [17] Núñez and E. López, "Atenuación de la contaminación de Escorrentías Procedentes de Áreas abonadas con purín de vacuno mediante la implantación de un pradro de Lolium Perenne," *PASTOS XXV*, vol. 2, p. 23, 1995.
- [18] P. Henriquez, "Evaluacion del riesgo ambiental a la liberacion de plaguicidas."
- [19] G. N. Ortiz, S. Villalba, and A. Salcido, "CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y SUELO EN EL ECOSISTEMA RÍO, AGUA PRIETA, SONORA, MÉXICO," *Biocencia*, vol. XV, pp. 3–11, 2012.
- [20] A. Ronda, "Título : Tratamiento de efluentes acuosos con contaminantes emergentes : Eliminación de bisfenol A mediante adsorción con carbón activo .," *Dpto. Ing. Química*, 2007.
- [21] J. I. Usma, O. D. Gutiérrez, M. J. Gil, and A. M. Soto, "Contaminantes emergentes

en aguas, efectos y posibles tratamientos,” *Prod. más Limpia*, vol. 7, no. 2, pp. 52–73, 2013.

- [22] PROECUADOR, “Análisis sectorial de flores,” 2013.
- [23] N. G. Micheloud, M. A. Buyatti, and N. F. Gariglio, “Respuesta de diferentes variedades de cítricos a los daños causados por fuertes heladas en la región central de Santa Fe,” *FCA UNCUYO*, vol. 48, no. 2, pp. 43–56, 2016.
- [24] C. Gómez and A. Egas, “Análisis histórico del sector florícola en el Ecuador y estudio del mercado para determinar su situación actual,” 2014.
- [25] M. Singaicho, “ELABORACIÓN DEL MANUAL ORGÁNICO FUNCIONAL DE LA EMPRESA FLORÍCOLA ‘ SAN BEL FLOWERS ,’” 2006.
- [26] A. Rodríguez Fernández-Alba, P. Letón García, R. Rosal García, M. Dorado Valiño, S. Villar Fernández, and J. M. Sanz García, *Tratamientos Avanzados De Aguas Residuales Industriales*. 2006.
- [27] M. DEL AMBIENTE, *ACUERDO MINISTERIAL N. 028*. 2015, p. 220.
- [28] H. C. J. Casalins-blanco, “Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso,” *Tecnol. y Cienc. del Agua*, vol. VII, pp. 97–111, 2016.
- [29] O. Vigiak, O. Ribolzi, A. Pierret, C. Valentin, O. Engtaheuanghoung, and A. Noble, “Filtrado de los agentes contaminantes del agua por la vegetación ribereña: comparación del bambú con las pasturas nativas y el arroz en una cuenca en la República Democrática Popular Lao,” *Rev. Int. Silv. e Ind. For.*, vol. 58, no. 229, pp. 11–16, 2007.
- [30] E. Valencia, R. A. Aragón, J. Romero, M. S. P. Asociado, U. Surcolombiana, and D. D. I. Agrícola, “PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE NÁTAGA EN CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L .),” *Act Div. Cient*, vol. 15, pp. 77–86, 2012.
- [31] J. C. M. Moreno, “DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y

REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESULTANTES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE COSMÉTICOS EN LA PLANTA YANBAL FACATATIVÁ,” 2011.

- [32] N. OTERO, “Filtración de aguas residuales para reutilización,” 2006.
- [33] R. Flores-berrones, “Avances recientes en el diseño de filtros para presas de tierra y enrocamiento.,” *Ing. Hidráulica en México*, vol. XX, pp. 79–94, 2005.
- [34] A. R. Clemente, E. Lenin, and C. Arrieta, “Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes,” *Ambient. y Agua*, vol. 8, p. 11, 2013.
- [35] A. R. Álvaro, “La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua,” *Rev. Lasallista*, vol. 1, p. 7, 2004.
- [36] S. ALONSO, “Granulometría de dos tipos predominantes de suelo del estado de Yucatán,” *Ing. Rev. Académica*, vol. 10, p. 9, 2006.
- [37] L. F. Tovar, “Diseño de un sistema experto para reutilización de aguas residuales tratadas,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 26–2, pp. 21–34, 2016.
- [38] M.Luna, “Evaluación de las aguas residuales del lavado de estanques multipropósito con cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*),” *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu. Mosquera*, vol. 17, no. 2, pp. 191–202, 2016.
- [39] M. Avilés and E.Garrido, “REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO CON FILTROS DE CLAVOS DE HIERRO, FIBRA COMERCIAL, GRAVA Y ARENA,” *Rev. AIDIS*, vol. 4, no. 1, pp. 27–35, 2011.
- [40] E.FERNANDEZ and A.LUNA, “ESTUDIO DE LA FILTRACIÓN ASCENDENTE EN GRAVAS EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*).,” *Ing. HOY*, vol. 31, no. 31, p. 109, 2009.
- [41] R. M. Reyes, J. Alfredo, and M. Judith, “Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales

- domésticas,” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. XIV, no. número 2, pp. 223–235, 2013.
- [42] J. G. Z. y R. G. B. Marco Antonio GARZÓN ZÚÑIGA1*, “EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DOMÉSTICO PARA REÚSO DE AGUA RESIDUAL,” *Inst. POLITÉCNICO Nac. DURANGO*, vol. 32, no. 2, pp. 199–211, 2016.
- [43] D. Paredes, “BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA , PARA EL TRATAMIENTO SOBRE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE JEANS,” 2016.
- [44] [Www.estadistica.mat.uson.mx](http://www.estadistica.mat.uson.mx), “Tipos de muestreos.” .
- [45] C. N. del Agua, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento, Mexico.* 2015.
- [46] L. T. Núñez, *Registro Oficial -- Edición Especial N° 387 Edición Especial N° 387 Registro Oficial.* 2015.

2.- ANEXOS

2.1. FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DEL PRESENTE PROYECTO EXPERIMENTAL

	
<p>Andamios para soporte del filtro</p>	<p>Recipiente para el material filtrante</p>
	
<p>Herramientas para la construcción del filtro</p>	<p>Lata de tol para dispersión del agua residual en el filtro</p>
	
<p>Llave de control de caudal del agua residual</p>	<p>Instalaciones hidráulicas del filtro de grava</p>



Colocación de la lata de recolección



Granulometría de la grava



Tamizado de la grava



Pesaje de la grava



Muestra de grava para ensayo de densidad



Lavado y secado de la grava para ensayo de densidad



Ensayo de densidad de la grava



Peso de la canasta sumergida



Temperatura del agua del ensayo de densidad de la grava



Lavado de la grava previo a la colocación en el filtro



Calibración del caudal del filtro



Llenado del tanque del filtro

	
<p>Toma de muestras de agua residual sin filtrar</p>	<p>Agua residual filtrada</p>
	
<p>Toma de muestras de agua residual filtrada</p>	<p>Lavado de la grava a los 60 días de filtración</p>
	
<p>Homogenización de la botella de muestreo</p>	<p>Transporte de las muestras para su análisis</p>

2.2. PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A.

2.2.1. DISTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA

2.2.2. COMEDOR

2.2.3. BAÑOS

2.2.4. POST-COSECHA

2.2.5. DEPÓSITO DE AGUAS RESIDUALES

2.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL PRESENTE PROYECTO EXPERIMENTAL

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

INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN N° OAE LE C 11-010	DATOS DEL CLIENTE		Versión: 9
	CLIENTE:	UTA-FICM	Pág. 1 de 1
	REPRESENTANTE:	Santiago Arias	Código: REG TEC 018
	DIRECCION:	Salcedo	Fecha formato: 20/03/2017
	TELEFONO:		NÚMERO DE INFORME:
	CELULAR:	0996967449	LACQUA 1 7 - 1 8 9 8
e - mail:	ariasvsantiago1@gmail.com		

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 55	TEM. AMBIENTE(°C): 19
--------------------------------	------------------------	------------------------------

TIPO DE MUESTRA: Agua residual Floricola "La Herradura" - Pasada por Filtro
RESPONSABLE MUESTREO: Cliente
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
FECHA DE ANALISIS: Desde el 20 al 29 de junio de 2017
FECHA EMISION DE INFORME: 29 de junio de 2017
FECHA TOMA DE MUESTRA: 20 de junio de 2017

INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
DBO5**	mg/l	48,43	PRO TEC 066 / HACH 8043	-----
DQO	mg/l	301	PRO TEC 014 / APHA 5220 D	± 14,1 %

* Parámetro acreditado fuera del alcance
 ** Parámetro No acreditado
 *** Parámetro Subcontratado Acreditado: N/A
 **** Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Marcelo Tirado
ANALISTA

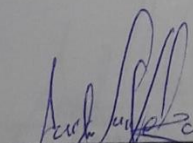
Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TECNICO

NOTA:
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

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

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recolecion: 27/06/2017 19:30 am
 Muestra Recibida: 27/06/2017
 Tipo de muestra: Agua
 Análisis Completado: 27/06/2017
 No. Reporte T CH LAB: 82,1 2017

Rotulación cliente	Agua tratada FATG2	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	27-jun-17	
pH	7,7	Electroquímico
Conductividad us/cm	425	Electroquímico
DQO mg/l	110	Espectrofotométrico
DBO mg/l	51	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico



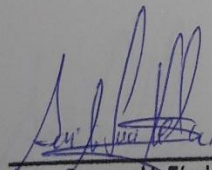
Responsable Técnico
 Quím. Anita Lucia Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 P. Velasco Química Total
 170 - ECUADOR

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

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recoleccion: 06/07/2017 9:am
 Muestra Recibida: 06/07/2017
 Tipo de muestra: Agua
 Análisis Completado: 10/07/2017
 No. Reporte TCh: 82,3 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	06-jul-17	
pH	7,51	Electroquímico
Conductividad us/cm	451	Electroquímico
DQO mg/l	245	Espectrofotométrico
DBO mg/l	116	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico


 Responsable Técnico

Quím. Anita Lucía Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 Consultoría Química Total
 AMBATO - ECUADOR

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

Cliente: Santiago Arias Vaca

No. Contacto: 0983532754

Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca

Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA

Fecha y hora de recolecion: 17/07/17 9:am

Muestra Recibida: 17/07/2017

Tipo de muestra: Agua

Análisis Completado: 24/07/2017

No. Reporte TCh: 82,6 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF-4-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	06-jul-17	
pH	7,87	Electroquímico
Conductividad us/cm	1388	Electroquímico
DOO mg/l	1703	Espectrofotométrico
DBO mg/l	887	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico


Responsable Técnico

Quim: Anilú Lucía Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
Química Ambiental y Química Industrial
AMBAATO - ECUADOR

Total Chemistry. Se responsabiliza unicamente de los análisis

Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recoleccion: 27/07/17 9:am
 Muestra Recibida: 27/07/2017
 Tipo de muestra: Agua
 Análisis Completado: 31/08/2017
 No. Reporte TCh: 82,7 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF-5-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	27-jul-17	
pH	7,71	Electroquímico
Conductividad us/cm	227	Electroquímico
DOO mg/l	1103	Espectrofotométrico
DBO mg/l	518	winkler
Cromo ppm	0,5	colorimétrico


 Responsable Técnico
 Quím. Anita Lucia Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 P.O. Box 20000 Quito, Ecuador
 QUITO - ECUADOR

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

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recoleccion: 07/08/2017 9 am
 Muestra Recibida: 07/08/2017
 Tipo de muestra: Agua
 Analisis Completado: 14/08/2017
 No. Reporte TCh: 82,9 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF-6-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	07 ago-17	
pH	7,52	Electroquímico
Conductividad us/cm	370	Electroquímico
DQO mg/l	1399	Espectrofotométrico
DBO mg/l	674	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico


 Responsable Técnico
 Quím. Anita Lucia Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 Av. Galvez 2 y Avenida Total
 AMBATO - ECUADOR

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

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recolecion: 17/08/2017 9:am
 Muestra Recibida: 07/08/2017
 Tipo de muestra: Agua
 Análisis Completado: 21/08/2017
 No. Reporte TCh: 82,11 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF-7-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	17-ago-17	
pH	7,44	Electroquímico
Conductividad us/cm	386	Electroquímico
DOO mg/l	1225	Espectofotométrico
DBO mg/l	500	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico


 Responsable Técnico
 Quím. Anita Lucia Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 Consultoría Química Total
 AV. 170 - P.O. BOX 100

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

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0963532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recoleccion: 28/08/2017 9:am
 Muestra Recibida: 28/08/2017
 Tipo de muestra: Agua
 Análisis Completado: 01/09/2017
 No. Reporte TCh: 82,13 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF-B-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	28-ago-17	
pH	7,55	Electroquímico
Conductividad us/cm	281	Electroquímico
DOO mg/l	1000	Espectrofotométrico
DBO mg/l	500	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico



Responsable Técnico

Quim. Anita Lucia Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 Píscatacama 2a. Etapa Total
 611111-110 - ECUADOR

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

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recoleccion: 07/09/2017 9:am
 Muestra Recibida: 07/09/2017
 Tipo de muestra: Agua
 Análisis Completado: 11/09/2017
 No. Reporte TCh: 82,16 2017

Rotulación cliente	Agua filtrada ARF-9-1	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	07-sep-17	
pH	7,37	Electroquímico
Conductividad us/cm	515	Electroquímico
DQO mg/l	750	Espectrofotométrico
DBO mg/l	295	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico


 Responsable Técnico
 Quim. Anita Lucia Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 CONSULTORIA QUÍMICA TOTAL
 AMBATO - ECUADOR

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

Cliente: Santiago Arias Vaca
 No. Contacto: 0983532754
 Responsable Muestreo : Santiago Arias Vaca
 Proyecto: INDUSTRIA FLORICOLA
 Fecha y hora de recolecion: 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	Espectrofotométrico
DBO mg/l	420	winkler
Cromo ppm	<0,003	colorimétrico

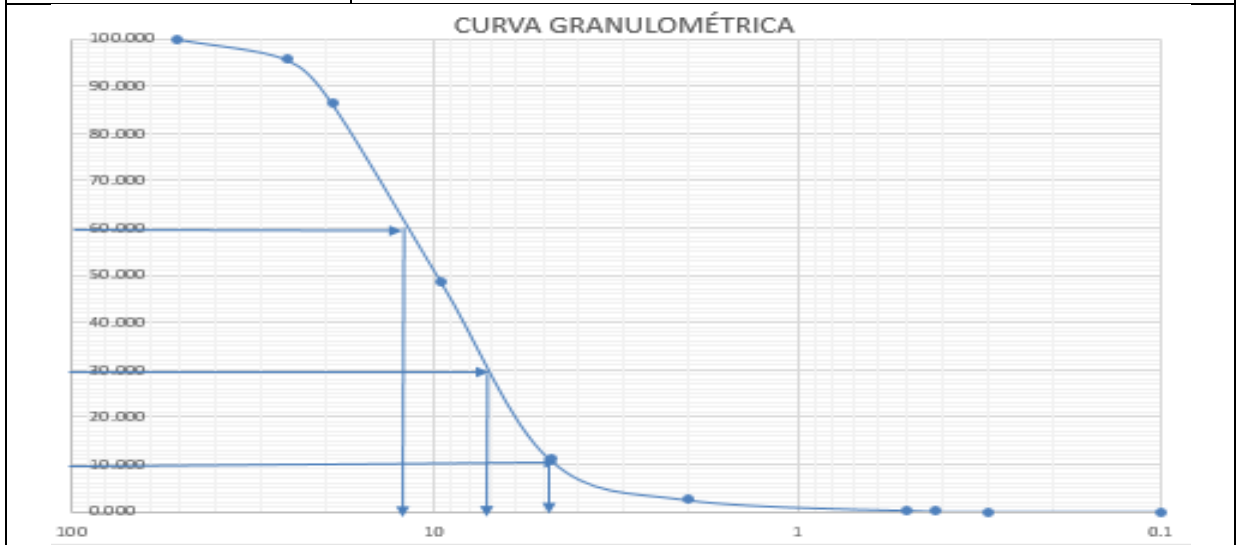

 Responsable Técnico
 Quím. Anita Lucia Velasco

CHEMICAL TOTAL CONSULTING
 Consultoría Química Total
 AMBATO - ECUADOR

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

2.4. GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA

GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA			
TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
2"	0	0	100
1 "	384.5	4.31	95.69
3/4"	1213	13.59	86.41
3/8"	4597	51.49	48.51
#4	7939.2	88.92	11.08
Pasa Tamiz #4	997.7	11.17	-----
#10	770	8.62	2.45
#40	984	11.02	0.06
#50	987	11.05	0.02
#100	988.6	11.07	0.004
#200	988.9	11.08	0.001
Pasa Tamiz #200	989	11.08	-----
Total (gr)	8928.2		
Peso del cuarteo	997.7		
Tamaño nominal máximo	3/4" = 19.05 mm		
Diámetro Efectivo D 10	5 mm		
Diámetro Equiparable D 30	8 mm		
Diámetro Dimensional D 60	11 mm		
Coefficiente de Uniformidad	2.2		
Coefficiente de Curvatura	1.16		



2.5. DENSIDAD DE LA GRAVA

DENSIDAD DE LA GRAVA	
Muestra N°	1
Canastilla N°	Muestra
Temperatura de agua y suelo en °C	17°
Peso canastilla vacía (Aire)	1245
Peso canastilla más suelo S.S.S. (Aire)	3216
Peso suelo S.S.S. (Aire) B	1971
Peso canastilla sumergida (Agua)	1133
Peso canastilla más suelo S.S.S. sumergidos (Agua)	2355
Peso suelo S.S.S. sumergido (Agua) C	1222
Peso canastilla (Aire)	1245
Peso canastilla más suelo seco	3245
Peso suelo seco: A	2000
Densidad Aparente de los Sólidos	2.55
Factor de corrección por temperatura: K	0.9988
Gravedad Específica: Gs	2.56

2.6. ANEXO: PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO

FICM -UPICIC -2017



1. REFERENCIAS PARA EL MODELO DE FILTRO

Para el diseño del modelo del medio filtrante se ha tomado como parámetro fundamental el concepto de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) utilizado en el diseño de Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA) y filtros anaerobios convencionales. Este TRH permitirá representar los fenómenos de remoción de contaminantes en el modelo de manera similar a la que se estaría presentando en la vida real y/o prototipo.

TULSMA

Los valores de TRH recomendado por el TULSMA para el diseño de filtros considera dos casos especiales, el primero cuando se cuenta con características físicas y mecánicas del medio filtrante, y el segundo cuando se considera que el material se encuentra empacado.

- TRH = 0.5 días = 12 horas, cuando se toma en cuenta características del material filtrante, como:
 - Porosidad,
 - Volumen de vacíos,
 - Granulometría, etc.

- TRH = 5.25 horas, cuando el material se encuentra totalmente empacado y se omite las características del material, por la variedad de materiales usados, cada uno con sus respectivas características, se redujo la mayor cantidad de vacíos al momento de la conformación del filtro para hacer uso del presente criterio. (granulometría realizada).

[1]

Ecuación No. 1

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35 \text{ lt}}{0.105 \text{ lt/min}} = 333,33 \text{ min} \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 5,55 \text{ horas} = 0.23 \text{ días}$$

MANUAL DE AGUA POTABLE ALANTARILLADO Y SANEAMIENTO - FAFA

Tabla 1. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios

Parámetro de diseño	Rango de valores como una función del gasto		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BOD/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 BOD/m ³ d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Fuente: Chernicharo de Lemos, 2007

Se ha elegido el uso de un TRH = FAFA = 5 – 10 horas correspondiente a un gasto promedio.

Por facilidad constructiva se ha asumido un volumen de medio filtrante igual a 35 lt. reduciendo mayor cantidad de vacíos para poder tomar como referencia el valor de TRH de un medio filtrante empacado citada anteriormente.

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35}{Q}$$

$$Q = \frac{35}{TRH}$$

TRH = Se ha tomado un valor de la Ecuación 1 de 5,55 horas

Ecuación 2

$$Q = \frac{35\text{lt}}{5,5\text{horas}} = 6,30 \frac{\text{lt}}{\text{h}} = 0,105 \text{ lt}/\text{min}$$

Se ha considerado valores de TRHs de alrededor de 5 horas, que se encuentran en el rango inferior de los recomendados para simular las condiciones más críticas durante el funcionamiento del filtro y ver cuál es su eficiencia bajo estas condiciones.

TANQUE DE ABASTECIMIENTO – HOMOGENEIZACION

El volumen del tanque de abastecimiento del filtro ha sido dimensionado de tal manera que éste pueda almacenar el volumen y proveer al filtro el caudal calculado en la sección anterior durante 24 horas. Adicionalmente, se prevé un volumen adicional que sirva como factor de seguridad para que el filtro se encuentre siempre en funcionamiento.

TANQUE DE 55 GALONES



Gráfico 1. Tanque de 55 galones

55 galones garantizan un volumen durante las 24 horas del día

$$Q = 0,105 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = \frac{60\text{min}}{1\text{h}} = \frac{24\text{h}}{1\text{día}}$$

Caudal en 24 horas:

$$Q = 151.2 \frac{lt}{día} = \frac{1 gal}{3,78 lt} = 40 \frac{gal}{día}$$

+ 15 gal para garantizar que alrededor de que 1/3 del tanque este lleno, esto para que no se quede sin agua el filtro y no deje de funcionar.

Ecuación 3

$$V_{Tanque} = 40 + 15 = 55 \text{ galones}$$

DIMENSIONES DEL FILTRO

MEDIDAS DEL MEDIO FILTRANTE

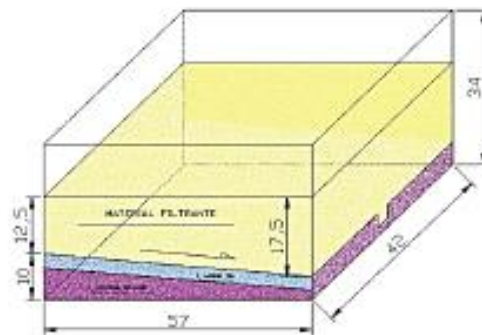


Gráfico 2. Medidas

Asumimos el trapecio lateral donde:

AT= Área Trapecio

VT = Volume trapecio

Base = 57 cm

Lado menor = 12,5cm

Lado mayor= 17,5 cm

$$AT = 57x \frac{(12,5 + 17,5)}{2}$$

Ecuación 4

$$AT = 855 \text{ cm}^2$$

$$VT = 855 \times 42$$

Ecuación 5

$$VT = 35910 \text{ cm}^3 \cong 35.91 \text{ lt}$$

En el filtro debemos mantener un volumen de **35 lt** como un valor mínimo.

Por facilidades constructivas y a la vez porque esta etapa de proyecto consiste en el análisis del material filtrante mas no del diseño del filtro se tomó las medidas comerciales de un recipiente plástico "GUARDAMOVIL GRANDE" con dimensiones (57x 42 x34) cm.



Gráfico 3. Guardamovil grande

En cuyo interior está dividido en dos partes:

1. Material filtrante a analizar.

2. Material de soporte utilizado como relleno sin contacto con el material.

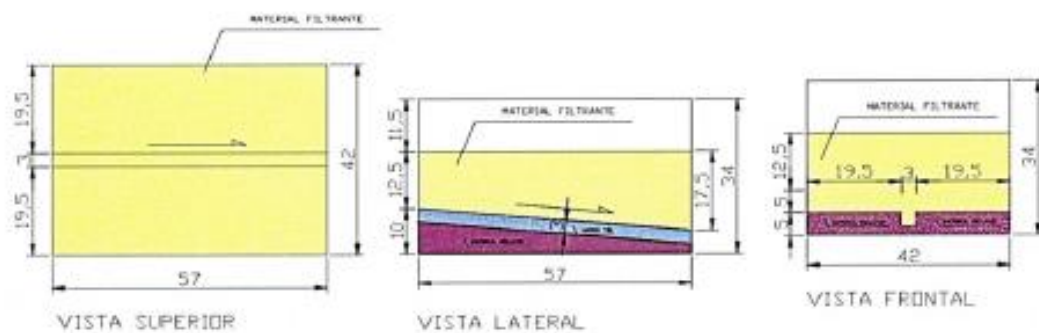


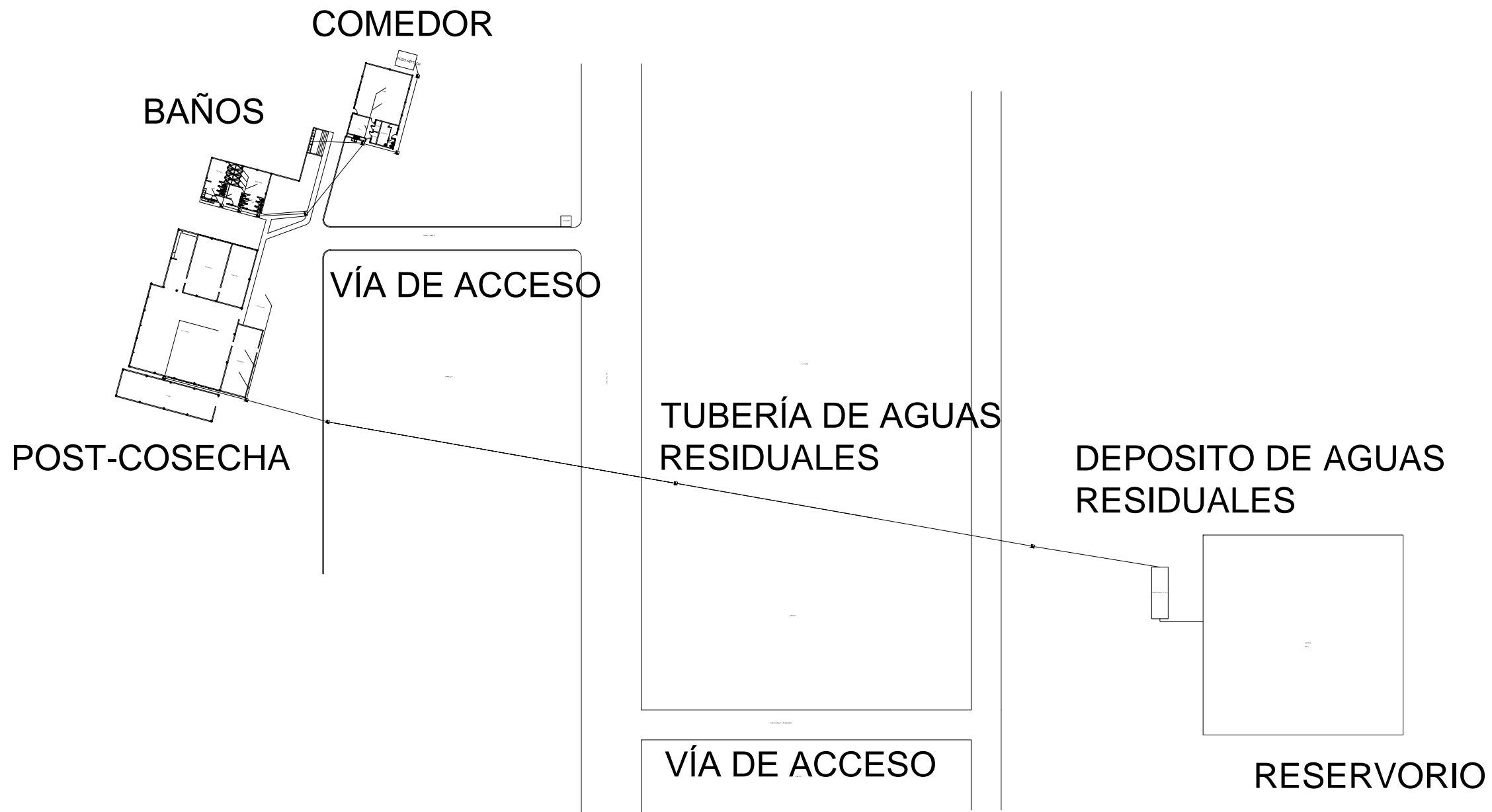
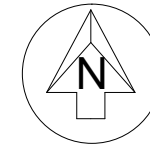
Gráfico 4. Especificaciones

Estas dos capas están divididas por una bandeja de recolección de tol según diseño en el Gráfico 3. Especificaciones que sirve como soporte y sistema de recolección de las aguas tratadas.

Ing. MEng. Lenin Maldonado

DOCENTE - FICM-UTA - Proyecto "Aguas Residuales" UPICIC

INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS



UBICACIÓN



SIMBOLOGIA:

N = Norte

REFERENCIAS:

*La Industria Florícola "La Herradura Floherrer S.A. se encuentra ubicada en el barrio La Argentina, en el Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi-Ecuador"



Facultad de Ingeniería
Civil y Mecánica



"PLANOS DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A."

OBSERVACIONES:

CONTIENE:

ESCALA:
1:1000

DIBUJO:
Egdo. Santiago
Arias

* Esquema general de las instalaciones de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.

FECHA:
22/11/2017

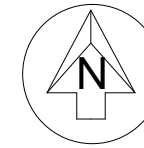
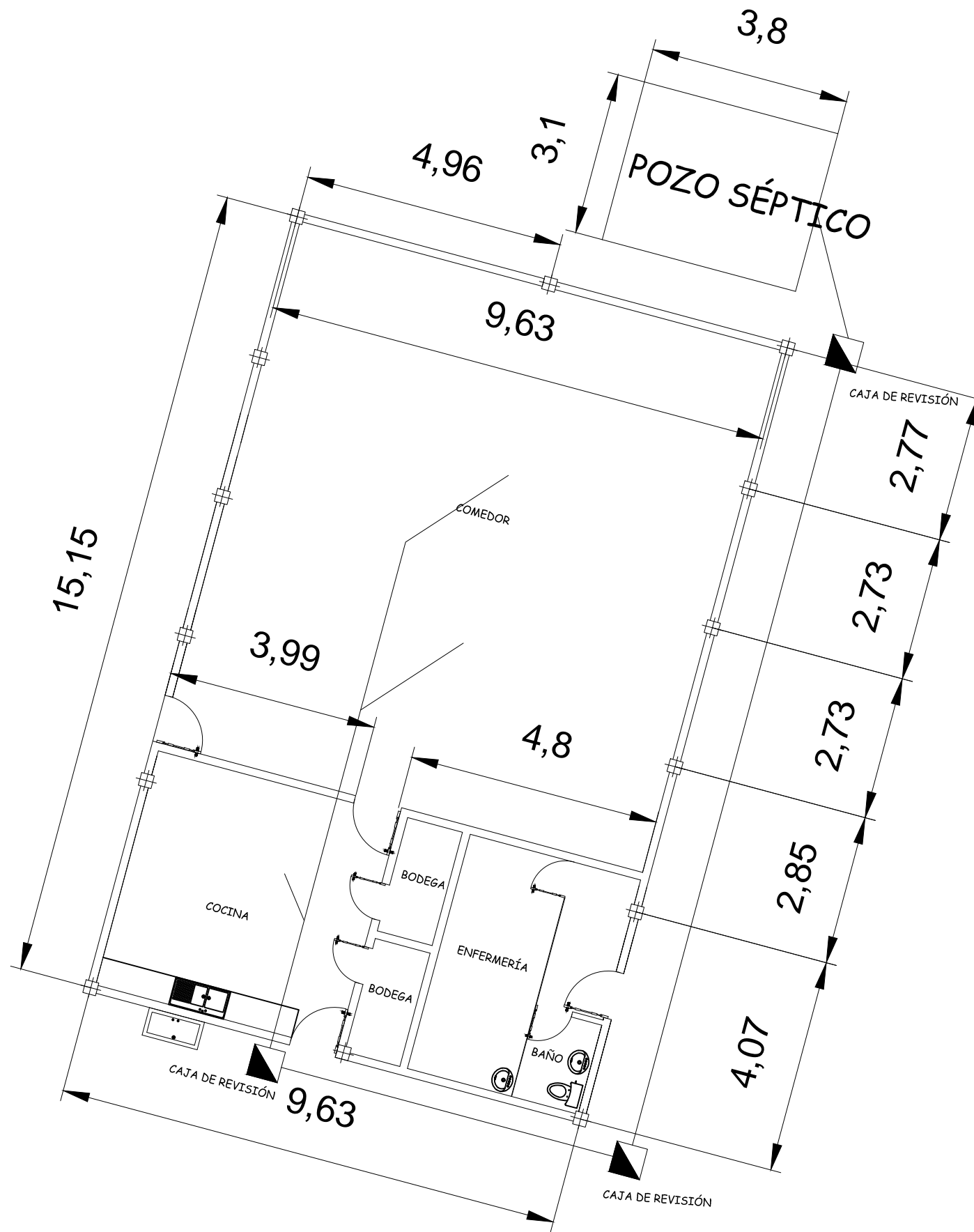
ARCHIVO:
1/1

HOJA No:
1/5

REVISADO:

APROBADO:

APROBADO:



UBICACIÓN



SIMBOLOGIA:

N = Norte

REFERENCIAS:

*La Industria Florícola "La Herradura Floherrer S.A. se encuentra ubicada en el barrio La Argentina, en el Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi-Ecuador"



Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



"PLANOS DE LA INDUSTRIA FLORÍCOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A."

OBSERVACIONES:

CONTIENE:

ESCALA:
1:100

DIBUJO:
Egdo. Santiago Arias

* Comedor de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.

FECHA:
22/11/2017

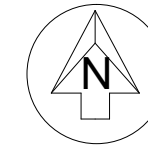
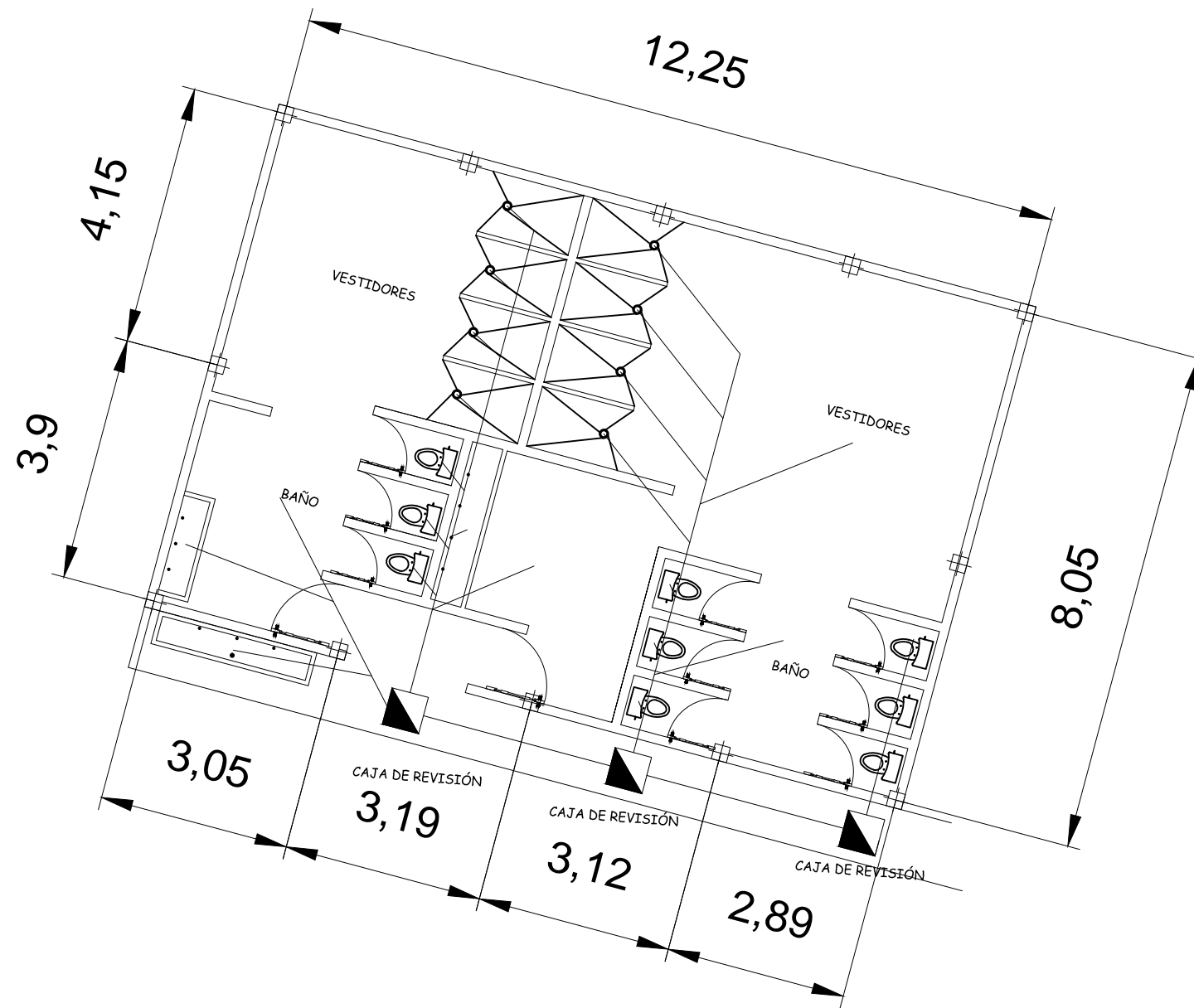
ARCHIVO:
1/1

HOJA No:
2/5

REVISADO:

APROBADO:

APROBADO:



UBICACIÓN



SIMBOLOGIA:

N = Norte

REFERENCIAS:

*La Industria Florícola "La Herradura Floherrer S.A. se encuentra ubicada en el barrio La Argentina, en el Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi-Ecuador"



Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



"PLANOS DE LA INDUSTRIA FLORICOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A."

OBSERVACIONES:

CONTIENE:

ESCALA:
1:100

DIBUJO:
Egdo. Santiago Arias

* Baños de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.

FECHA:
22/11/2017

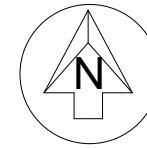
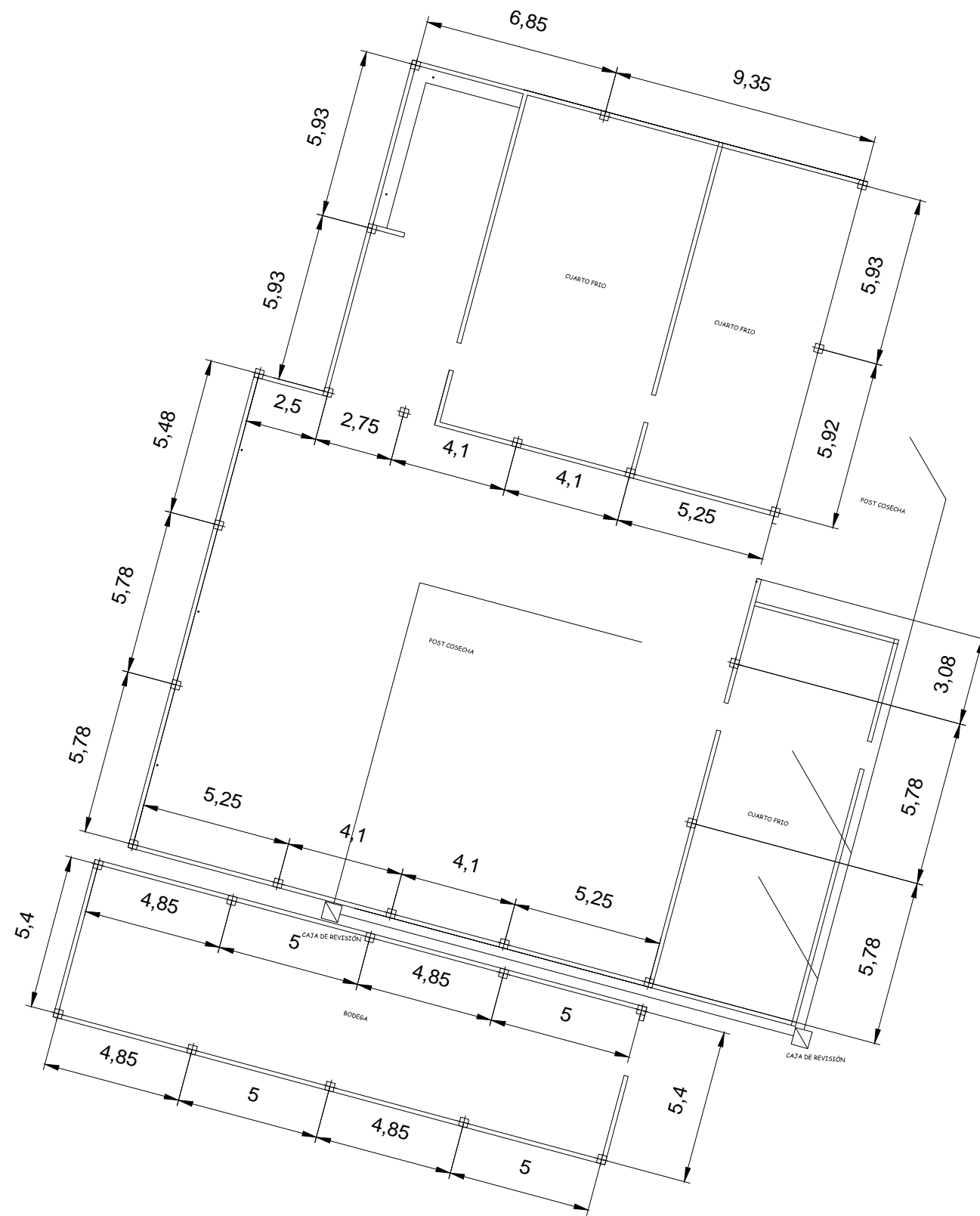
ARCHIVO:
1/1

HOJA No:
3/5

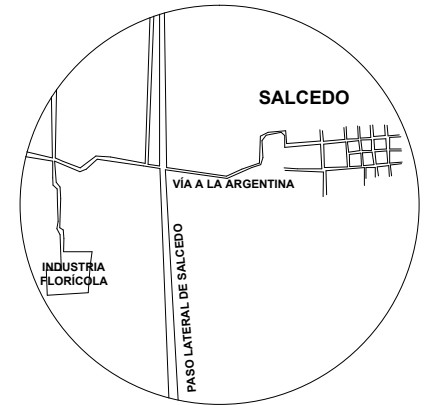
REVISADO:

APROBADO:

APROBADO:



UBICACIÓN



SIMBOLOGIA:

N= Norte

REFERENCIAS:

*La Industria Florícola "La Herradura Floherrer S.A. se encuentra ubicada en el barrio La Argentina, en el Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi-Ecuador"



Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



"PLANOS DE LA INDUSTRIA FLORICOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A."

OBSERVACIONES:

CONTIENE:

ESCALA:

DIBUJO:
Egdo. Santiago Arias

* Post-cosecha de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.

FECHA:
22/11/2017

ARCHIVO:
1/1

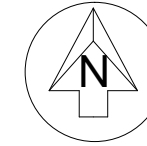
HOJA No:
4/5

REVISADO:

APROBADO:

APROBADO:

DEPÓSITO DE AGUAS RESIDUALES



40



RESERVORIO

6000 m³

40

40

UBICACIÓN



SIMBOLOGIA:

N = Norte

REFERENCIAS:

*La Industria Florícola "La Herradura Floherrer S.A. se encuentra ubicada en el barrio La Argentina, en el Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi-Ecuador"



Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



"PLANOS DE LA INDUSTRIA FLORICOLA LA HERRADURA FLOHERRER S.A."

OBSERVACIONES:

CONTIENE:

ESCALA:

DIBUJO:
Egdo. Santiago Arias

* Depósito de Aguas Residuales de la Industria Florícola La Herradura Floherrer S.A.

FECHA:
22/11/2017

ARCHIVO:
1/1

HOJA No:
5/5

REVISADO:

APROBADO:

APROBADO: