



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN:

DISEÑO DE UNA COLUMNA FILTRANTE MEDIANTE EL USO DE PET PARA UN
PRETRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

FRANCESCO OMAR VICUÑA PACHECO

TUTOR: KEVIN MIGUEL VELIZ IBARRA

GUAYAQUIL - ECUADOR

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Francesco Omar Vicuña Pacheco con documento de identificación N° 0953254943 manifiesto que: Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Francesco Omar Vicuña Pacheco

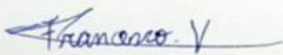
C.C No. 0953254943

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, **Francesco Omar Vicuña Pacheco** con documento de identificación No. **0953254943**, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del tema de trabajo de titulación, **Diseño de una columna filtrante mediante el uso de pet para un pretratamiento de aguas residuales industriales** el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Francesco Omar Vicuña Pacheco

C.C No. 0953254943

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Kevin Miguel Veliz Ibarra con documento de identificación N° 1205387374, docente de la Universidad, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Diseño de una columna filtrante mediante el uso de pet para un pretratamiento de aguas residuales industriales**, realizado por con documento de identificación N° 0953254943, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Mgtr. Kevin Miguel Veliz Ibarra

C.C No. 0953254943

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia, mi tutor de tesis y a la formación que obtuve durante el transcurso de la carrera

Francesco Vicuña

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por la educación y formación que me brindaron a lo largo de este trayecto, por darme todo su apoyo, confianza y cariño.

Agradezco a mi tutor de tesis Kevin Miguel Veliz, por guiarme, enseñarme y darme los conocimientos necesarios para poder haber llegado donde estoy y lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

Francesco Vicuña

RESUMEN

El reusó del polietileno tereftalato es una ventaja que lleva muchas posibilidades de fabricar nuevos productos en el cual nos ayuda a disminuir la contaminación y el largo tiempo de descomposición que lleva este tipo de plástico. Además, este tipo de actividad ayuda a mejorar la economía a personas que deciden emprender con este tipo de material. Siendo así una oportunidad muy buena para reciclar y darle un buen provecho a este material.

El polietileno tereftalato como soporte y medio filtrante para aguas residuales es una buena oportunidad de mejora debido a que se lo puede combinar con diferentes materiales de filtración como puede ser carbón activado, piedras de filtración, tela, etc. Lo que nos permite poder filtrar cualquier tipo de residuo solido que contenga el agua contaminada, siendo así nos ayuda a buscar y encontrar alternativas más económicas para hacer un pretratamiento de agua residual industrial.

El agua residual industrial es uno de los problemas más vistos al momento de hacer visitas técnicas ambientales, debido a que se necesita conocer si hacen un tratamiento a estas aguas y donde las suelen descargar. Por lo tanto, el primer paso que se debe hacer es un pretratamiento a estas aguas para minimizar la contaminación que esta agua posee, posteriormente se realiza lo que son los tratamientos químicos del agua residual industrial para que de esta manera se pueda obtener un agua tratada y se pueda reusar para otro tipo de actividades.

Palabras claves: Oportunidad, Reusó, filtrante, contaminación, PET

ABSTRACT

The reuse of polyethylene terephthalate is an advantage that brings many possibilities for manufacturing new products in which it helps us reduce pollution and the long decomposition time that this type of plastic takes. Furthermore, this type of activity helps improve the economy of people who decide to start a business with this type of material. Thus, being a very good opportunity to recycle and put this material to good use.

Polyethylene terephthalate as a support and filter medium for wastewater is a good opportunity for improvement because it can be combined with different filtration materials such as activated carbon, filtration stones, fabric, etc. This allows us to filter any type of solid waste contained in contaminated water, thus helping us to search and find more economical alternatives to pre-treat industrial wastewater.

Industrial wastewater is one of the most seen problems when making environmental technical visits, because it is necessary to know if they treat this water and where they usually discharge it. Therefore, the first step that must be done is a pre-treatment of these waters to minimize the contamination that this water has. Subsequently, chemical treatments of industrial wastewater are carried out so that in this way a water can be obtained. treated and can be reused for other types of activities.

Keywords: Opportunity, Reused, filter, pollution, PET

INDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
INDICE	VII
CAPITULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Problema de estudio	1
1.2 Importancia y alcance.....	2
1.2.1 Importancia	2
1.2.2 Alcance	3
1.3 Justificación	3
1.4 Delimitación	4
1.4.1 Geográfica o Espacial.....	4
1.4.2 Temporal.....	4
1.5 Objetivos.....	4

1.5.1	Objetivo general.....	4
1.5.2	Objetivos específicos	4
1.6	Marco hipotético o pregunta de investigación.....	5
1.6.1	Hipótesis general.....	5
1.6.2	Hipótesis específicas	5
CAPITULO 2.....		6
2.	Marco teórico referencial	6
2.1	Residuos sólidos.....	6
2.2	Aguas residuales	6
2.3	Aguas residuales industriales.....	6
2.4	Columna filtrante	7
2.5	Caracterización de un agua residual.....	7
2.6	Carga contaminante.....	7
2.7	Filtración (filtros de medios)	7
2.8	Cantidad de residuos gestionados	7
2.9	Reciclaje	8
2.10	Economía circular	8
2.11	Elementos insolubles separables físicamente	8
2.11.1	Materias grasas flotantes: grasas, hidrocarburos, alquitranes, aceites	8
2.12	Materias sólidas en suspensión	8
2.13	Turbidez.....	8
2.14	Eliminación de sólidos en suspensión.....	9
2.15	Caracterización de aguas residuales.....	9

2.16	Desarenado	9
2.17	Marco Legal.....	9
2.17.1	Constitución del Ecuador	9
2.17.2	Código orgánico del ambiente	11
2.17.3	Acuerdo 097- Anexo A. Reforma TULSMA	11
2.17.4	Ley Orgánica de los recursos hídricos	12
CAPITULO 3.....		13
3. MATERIALES Y MÉTODO		13
3.1	Registro de la generación de desechos de botellas	13
3.2	Diseño del modelo de la columna filtrante.....	13
3.3	Cálculo de la carga contaminante después del uso de la columna filtrante.....	13
3.4	Uso de la columna filtrante y Análisis de los parámetros pre y post tratamiento.....	14
3.5	Cálculo de la medición sobre la eficiencia del uso del tratamiento de la columna filtrante	
	14	
3.6	Cálculo del caudal de la columna	16
3.7	Determinación de parámetros	17
3.7.1	Métodos y equipos para los parámetros que se analizan en el Laboratorio	17
3.8	Recolección de botellas plásticas	17
CAPITULO 4.....		19
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES		19
4.1	Recolección y cuantificación de botellas PET.....	19
4.2	Recolección y cuantificación de las botellas plásticas	20
4.3	Fabricación y uso de la columna filtrante.....	21

4.3.1	Construcción de la columna filtrante de PET	21
4.3.2	Pasos para la fabricación	21
4.4	Cálculo de la carga contaminante	22
4.5	Análisis de la calidad del agua.....	23
4.6	Análisis y comparación de los datos Pre y post filtración.....	25
4.6.1	Parámetro PH.....	25
4.6.2	Parámetro Temperatura	25
4.6.3	Parámetro Color real	26
4.6.4	Parámetro Conductividad	26
4.6.5	Parámetro Solidos suspendidos totales	27
4.6.6	Parámetro Tensoactivos	28
4.6.7	Oxígeno Disuelto	28
4.7	Cálculo de eficiencia de la columna filtrante	29
4.8	Comprobación de hipótesis	30
	Resultado	30
	CAPITULO 5	32
5.	Conclusiones y recomendaciones	32
5.1	Conclusiones	32
5.2	Recomendaciones.....	33
6.	Referencias Bibliográficas.....	35
7.	ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Métodos y equipos para la medición de los parámetros	17
Tabla 2 Calculo de la generación per cápita.....	20
Tabla 3 Tabla de los parámetros medidos prefiltración	24
Tabla 4 Tabla de los parámetros medidos post filtración.....	24

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Columna filtrante	15
Ilustración 1 Imagen informativa para la recolección de botellas	15
Ilustración 2 Tacho de basura en donde se realizó la recolección de botellas.....	16
Ilustración 4 Columna filtrante armada.....	19
Ilustración 5 Filtro de cartucho con diferentes medios filtrantes	22
Ilustración 6 Esquema de la columna filtrante.....	22
Ilustración 7 Muestra de agua prefiltración	23
Ilustración 8 Muestra de agua post filtración	23
Ilustración 9 Grafico de comparación de parámetros PH.....	25
Ilustración 10 Grafico de comparación de parámetro de temperatura	25
Ilustración 11 Grafico de comparación de parámetro de color real.....	26
Ilustración 12 Grafico de comparación de parámetro de conductividad eléctrica.....	26
Ilustración 13 Grafico de comparación de parámetro de solidos suspendidos totales	27
Ilustración 14 Grafico de comparación de parámetro de tensoactivos	28
Ilustración 15 Grafico de comparación de parámetro de Oxígeno disuelto	28

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce	38
--	----

Anexo 2 Limite de descarga de agua dulce	38
Anexo 3 Muestra de agua residual industrial	39
Anexo 4 Medición del parámetro de PH.....	39
Anexo 5 Uso del equipo de medición del parámetro PH.....	40
Anexo 6 Medición del parámetro de color real	40
Anexo 7 Medición del parámetro de conductividad	40
Anexo 8 Medición del parámetro de oxígeno disuelto	41

CAPITULO 1

1. Introducción

El tratamiento de aguas residuales industriales representa un desafío ambiental y sanitario crucial en la actualidad debido al aumento de la industrialización, la generación de efluentes contaminantes ha alcanzado niveles alarmantes, lo que exige soluciones efectivas y sostenibles (Caceres, 2012).

El PET, conocido comúnmente por ser el material principal en la fabricación de botellas de plástico, posee propiedades fisicoquímicas que lo hacen adecuado para la adsorción de contaminantes presentes en las aguas residuales. Su estructura porosa y su capacidad para adsorber una amplia gama de compuestos orgánicos e inorgánicos lo convierten en un candidato ideal para la remoción de contaminantes presentes en aguas industriales (Paredes, 2021).

El diseño de una columna filtrante utilizando PET (tereftalato de polietileno), un material reciclable y de bajo costo, se presenta como una alternativa prometedora para el pretratamiento de aguas residuales industriales.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo diseñar y evaluar una columna filtrante utilizando PET como medio de pretratamiento para aguas residuales industriales. Se espera que este estudio contribuya al desarrollo de soluciones innovadoras y económicas para el tratamiento de efluentes industriales, promoviendo la protección del medio ambiente y la salud pública.

1.1 Problema de estudio

Las aguas residuales provenientes de la industria plantean un importante desafío ambiental debido a la presencia de diversos contaminantes, que incluyen tanto compuestos orgánicos como inorgánicos. El PET, un material plástico ampliamente utilizado en envases, presenta desafíos significativos en términos de su gestión y reciclaje. La incorrecta disposición de productos de PET

puede ocasionar problemas ambientales, pero su reciclaje ofrece una oportunidad para hacer frente a la contaminación y a la escasez de recursos. (MAGDA, 2001)

El manejo inapropiado de productos hechos de PET, como botellas y envases, puede tener consecuencias desfavorables para el medio ambiente. Debido a su lenta tasa de descomposición, estos materiales pueden acabar en vertederos o en el océano, lo que agrava la contaminación del suelo y el agua. (Romero, 1999)

El pretratamiento de aguas residuales industriales desempeña un papel fundamental en la eliminación de contaminantes antes de que ingresen a las etapas principales de tratamiento. Sin embargo, existe una necesidad creciente de mejorar la eficacia y la eficiencia de estos procesos para abordar los desafíos asociados con una amplia gama de contaminantes, incluyendo compuestos orgánicos e inorgánicos. (Olivera, 2016)

El problema de estudio se enfoca en el pretratamiento de aguas residuales industriales. El propósito es disminuir la cantidad de contaminantes presentes en las aguas residuales antes de someterlas al tratamiento estándar.

1.2 Importancia y alcance

1.2.1 Importancia

La importancia de esta investigación y experimentación es alta debido a que se puede conocer e innovar distintas formas de filtración y tratamientos de aguas residuales.

Además, nos ayuda a conocer nuevas maneras de reusar materiales que se consideran desechables como se suele pensar de las botellas PET, además mediante esta aplicación de reciclar botellas pet se puede enseñar y educar a los ciudadanos sobre cómo pueden generar nuevos productos a partir de desechos como son las planchas metálicas.

1.2.2 Alcance

El proyecto tiene como objetivo investigar los materiales y el diseño necesarios, así como evaluar la viabilidad y efectividad de una nueva tecnología propuesta. Su propósito es ofrecer datos útiles que puedan aplicarse directamente en la utilización práctica de columnas filtrantes con PET para el pretratamiento de aguas residuales industriales.

1.3 Justificación

Esta representa una oportunidad para desarrollar y aplicar tecnologías innovadoras en el tratamiento de aguas residuales industriales, incorporando el reciclaje de materiales plásticos en soluciones prácticas y efectivas. Además, la implementación de una columna filtrante con PET como medio filtrante puede mejorar la eficiencia del pretratamiento al capturar y retener contaminantes específicos presentes en las aguas residuales industriales. (R & G, 2000)

El uso de materiales de PET reciclado como medio filtrante tiene varias ventajas. En primer lugar, el PET reciclado es un material poroso que puede retener eficientemente partículas y contaminantes orgánicos presentes en el agua. Además, el PET reciclado es resistente a la degradación química, lo que le permite mantener su efectividad durante un período prolongado. (COSSIO, 1993)

La implementación del sistema de la columna filtrante implicaría construir físicamente la columna y asegurar la instalación adecuada de los sistemas de entrada y salida de agua. Se establecerían parámetros operativos, como la velocidad de flujo del agua y el tiempo de contacto con el medio filtrante, para garantizar una remoción efectiva de los contaminantes presentes en el agua residual. (ESQUIVEL, 1989.).

La implementación de tecnologías de pretratamiento efectivas es esencial para cumplir con los estándares ambientales y normativas vigentes, asegurando que las industrias operen de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente.

1.4 Delimitación

El tema de investigación y experimentación las limitaciones servirán de apoyo para que se pueda desarrollar de mejor manera ya que ayudara a conocer y abarcar aspectos importantes como es la determinación del alcance espacial, temporal, sensorial e institucional, de esta forma se presentara aún más detallada, puntual y exacta.

1.4.1 Geográfica o Espacial

La empresa en la cual se realizará el estudio para la investigación es una empresa metalmeccánica en la cual la sección de decapado se encuentra ubicada en el Km 7.5 Vía Daule, cantón Guayaquil, provincia del Guayas, Ecuador

La infraestructura se constituye en una instalación de 2 pisos el cual contiene áreas cercanas a la población urbana del sector y a su lado se encuentra un taller industrial.

1.4.2 Temporal

La medición y evaluación se basó en la toma de muestras en un punto fijo y específico, el cual es la cisterna de almacenamiento del agua residual industrial del proceso de fosfatado. En la medición de los parámetros se encuentra el pH, el cual se usó un Potenciómetro de doble unión el cual indica el pH, la temperatura y la conductividad de las 2 muestras pre y post filtración, como también se midió y anoto otros parámetros como el color real, presencia de sólidos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar una columna filtrante mediante el uso de PET para evaluar un pretratamiento de aguas residuales industriales.

1.5.2 Objetivos específicos

- Recolectar y cuantificar las botellas plásticas en el Campus María Auxiliadora para obtener

un registro de generación de desechos y de material disponible

- Construir la columna mediante planchas metálicas y las botellas recolectadas para reducir la carga contaminante y eliminar los sólidos suspendidos del agua residual.
- Comparar los parámetros de calidad de agua antes y después del uso de la columna filtrante mediante los resultados para verificar la eficiencia del filtro.

1.6 Marco hipotético o pregunta de investigación

1.6.1 Hipótesis general

¿Diseñando una columna filtrante, usando PET se podrá evaluar un Pretratamiento de aguas residuales industriales?

1.6.2 Hipótesis específicas

- ¿Recolectando y cuantificando las botellas plásticas en el área de laboratorios del Campus María Auxiliadora podremos obtener un registro de almacenamiento?
- ¿Construyendo la columna con planchas metálicas y las botellas recolectadas podremos reducir la carga contaminante y eliminar los sólidos suspendidos del agua residual?
- ¿Comparando los parámetros analizados antes y después del uso de la columna filtrante con los resultados obtenidos se podrá verificar la eficiencia del filtro?

CAPITULO 2

2. Marco teórico referencial

2.1 Residuos sólidos.

Los residuos son materiales, sustancias o compuestos resultantes de procesos productivos, de utilización, transformación, reciclaje cuya disposición final se procede conforme a lo dispuesto en la normativa ambiental nacional e internacional aplicable, los desechos pueden ser sólidos, semisólidos, líquidos, o gaseosos. (Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2018, pág. 3)

Son residuos sólidos aquellos productos o subproductos, sustancias, elementos, objetos o materiales en estado sólido o semisólido resultante del uso o ejecución de actividades antrópicas como domésticas, institucionales, comerciales, de servicios, que el generador rechaza para ser transformados en un nuevo bien o entregado a disposición final, tienen la característica de presentarse en estado sólido, particularidad que los diferencia de los desechos líquidos y gaseosos. (González, 2018)

2.2 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original. (Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes, 2002).

2.3 Aguas residuales industriales

Proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales. (García y Pérez López, 2015)

2.4 Columna filtrante

Una columna filtrante es un dispositivo utilizado en procesos de tratamiento de agua y otros líquidos para eliminar o reducir contaminantes presentes en ellos. Consiste en una estructura cilíndrica o columna en la que se coloca un medio filtrante adecuado, que puede ser arena, carbón activado, grava, zeolitas u otros materiales porosos.

2.5 Caracterización de un agua residual

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico. (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes recurso agua, 2008).

2.6 Carga contaminante

Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidad de tiempo. (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes recurso agua, 2008)

2.7 Filtración (filtros de medios)

Se utiliza un filtro multimedia para reducir el nivel de sólidos en suspensión (turbidez) en el agua de proceso. Los sólidos en suspensión pueden consistir en pequeñas partículas como limo, arcilla, arena, materia orgánica, larvas, zooplancton, algas y otros microorganismos. El grado de filtración de un filtro multimedio depende en gran medida del medio filtrante y del flujo (velocidad) a través del filtro. (IDE Tech, 2022)

2.8 Cantidad de residuos gestionados

Incluye todos los residuos sólidos susceptibles de ser aprovechados y transformados mediante procesos para reincorporarlos como energía o materia prima para la fabricación de nuevos

productos. Incluye el plástico, el metal, el vidrio, la madera, el papel, el cartón, etc. Cada residuo gestionado es un indicador independiente. El indicador se calculará comparando los datos de dos años consecutivos. Marco institucional para incentivos ambientales (Tapia, 2015)

2.9 Reciclaje

Proceso mediante el cual, previa una separación y clasificación selectiva de los residuos sólidos, desechos peligrosos y especiales, se les aprovecha, transforma y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como energía o materia prima para la fabricación de otros productos Marco institucional para incentivos ambientales. (Tapia, 2015)

2.10 Economía circular

Concepto económico que se incluye en el marco del desarrollo sostenible y cuyo objetivo es la producción de bienes y servicios al tiempo que reduce el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energía (Castilla León, J, 2015)

2.11 Elementos insolubles separables físicamente

2.11.1 Materias grasas flotantes: grasas, hidrocarburos, alquitranes, aceites.

Estas sustancias provocan olor y sabor desagradables, ensucian las instalaciones de tratamiento, y pueden producir la muerte de peces por asfixia, al recubrir las branquias, y de gran variedad de algas e insectos acuáticos.

2.12 Materias sólidas en suspensión

Arenas, óxidos, hidróxidos, pigmentos, azufre coloidal, látex, fibras, etc. Pueden requerir coagulación-floculación para ser eliminadas. (García y Pérez López, 2015).

2.13 Turbidez

Reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver. (Centro Nacional de Investigaciones Científicas Cuba, 2013).

2.14 Eliminación de sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión son unos de los principales contaminantes que podemos encontrar en las aguas residuales. Son eliminados mediante la filtración del medio granular, principalmente por los procesos de sedimentación (baja velocidad del agua) y tamizado (se lleva a cabo en los espacios intersticiales del medio granular), los cuales son potenciados por las fuerzas de adhesión entre los sólidos. (Fabregas, J, 2023).

2.15 Caracterización de aguas residuales

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiable del agua residual, integrado por la tomade muestras, medición del caudal e identificación de los componentes físico, química y biológico y microbiológico. (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, 2008).

2.16 Desarenado

Consiste en separar del efluente la grava, arena y partículas minerales que están en suspensión, para evitar su sedimentación y sobrecarga en los lodos producidos posteriormente. Tratamiento de aguas residuales. (2022, MHI)

2.17 Marco Legal

En Ecuador, se han promulgado leyes y regulaciones en el marco legal con el propósito de prevenir, controlar y restaurar el medio ambiente a través de políticas, planes, programas y acciones dentro de nuestro país.

2.17.1 Constitución del Ecuador

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

1. Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento

territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural.

2. Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón.

3. Planificar, construir y mantener la vialidad urbana.

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

5. Crear, modificar o suprimir mediante ordenanzas, tasas y contribuciones especiales de mejoras.

6. Planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte público dentro de su territorio cantonal.

7. Planificar, construir y mantener la infraestructura física y los equipamientos de salud y educación, así como los espacios públicos destinados al desarrollo social, cultural y deportivo, de acuerdo con la ley.

8. Preservar, mantener y difundir el patrimonio arquitectónico, cultural y natural del cantón y construir los espacios públicos para estos fines.

9. Formar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales.

10. Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley.

11. Preservar y garantizar el acceso efectivo de las personas al uso de las playas de mar, riberas de ríos, lagos y lagunas.

12. Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras.

13. Gestionar los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios.

14. Gestionar la cooperación internacional para el cumplimiento de sus competencias

2.17.2 Código orgánico del ambiente

Capítulo V

Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos

Artículo 196.-

“Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades.”

2.17.3 Acuerdo 097- Anexo A. Reforma TULSMA

TABLA 9. LIMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

Capítulo VI

Garantías preventivas

Art 80. Sección Segunda, Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua

Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales

que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

2.17.4 Ley Orgánica de los recursos hídricos

TITULO V INFRACCIONES, SANCIONES Y RESPONSABILIDADES

CAPITULO II SANCIONES

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

QUINTA. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados competentes, en materia de provisión de agua y saneamiento, implementarán sistemas adecuados para el abastecimiento de agua potable, de modo que, en el plazo previsto en el Plan Nacional de Desarrollo del Buen Vivir y en la estrategia de erradicación de la pobreza y la desigualdad, quede plenamente garantizado el acceso total de la población al agua potable. Del mismo modo, procederán de acuerdo con las metas, objetivos y plazos previstos en el plan nacional de desarrollo y el plan nacional de recursos hídricos a la planificación, implementación y construcción de los sistemas de alcantarillado y de la infraestructura para tratamiento de aguas residuales y desechos urbanos, de modo que se cubran las necesidades de saneamiento de la población y se trate la totalidad de las aguas servidas.

CAPITULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Registro de la generación de desechos de botellas

Se tomó un registro día a día durante una semana para conocer la generación de desechos de botellas PET en el Campus María Auxiliadora, el cual permitirá sacar un estimado de Generación Per cápita total en el establecimiento.

3.2 Diseño del modelo de la columna filtrante

Se realizó varias pruebas y distintos modelos para llegar al ideal para que al momento de filtrar agua se obtenga la mayor eficacia posible. Se realizó el respectivo diseño de la columna filtrante mediante el uso de planchas, haciendo distintos huecos en la plancha, respectivamente 2. El primer hueco sería usando un taladro para la entrada del agua y el otro para la salida. Al ser una columna las botellas irían en medio, pegándolas para con silicona. Estas botellas fueron cortadas a la mitad y en la parte de la tapa se usó el material filtrante que en este caso fueron 2, los cuales fueron arena y tela. Por el cual se tomó en cuenta que material filtrante de mejores resultados y el material filtrante definitivo para la columna.

3.3 Cálculo de la carga contaminante después del uso de la columna filtrante

Se realizó el cálculo de la carga contaminante utilizando la siguiente ecuación, para conocer la reducción obtenida por el método de filtración del agua residual industrial. Por el cual se conoce los valores del caudal mediante el volumen y el valor de la concentración el cual se toma como referencia el valor de un parámetro medido.

$$W = Q * C$$

Q= Caudal

C= Concentración

3.4 Uso de la columna filtrante y Análisis de los parámetros pre y post tratamiento

Se hace una comparación de los valores de los parámetros a medir y se conoce la eficacia.

En la medición del parámetro se compararía cuanto ha variado el valor con respecto a los valores iniciales antes del pretratamiento. Por otro lado, al filtrar agua residual industrial esta contaría con sólidos, por lo cual se medirá el PH, sólidos totales, conductividad, color real, tensoactivos temperatura y oxígeno disuelto donde se compara con la muestra inicial de agua y ver cuanto varía el valor

3.5 Cálculo de la medición sobre la eficiencia del uso del tratamiento de la columna filtrante

Se hace el cálculo de la eficiencia para conocer si la columna filtrante es capaz de remover y mejorar la calidad del agua. Los valores por tomar en cuenta será los resultados de un parámetro medido el cual es pre y post filtración del agua residual industrial.

$$Eficiencia = \frac{Concentracion\ de\ entrada - Concentracion\ de\ salida}{Concentracion\ de\ entrada} * 100$$

Tipo de investigación

Investigativa de campo. Este tipo de investigación se realizó con muestras de agua de una empresa en donde se descargó el agua a ríos y su principal actividad se trata de fabricar e instalar estanterías metálicas para luego distribuirla.

Investigaciones bibliográficas. Se apoyó con fuente bibliográficas, artículos científicos, revistas, con un amplio conocimiento del objeto de estudio.



Ilustración 1 Columna filtrante

3.6 Determinación de parámetros.

3.6.1 Métodos y equipos para los parámetros que se analizan en el Laboratorio.

Tabla 1 Métodos y equipos para la medición de los parámetros

Parámetros	Instrumento	Método
pH	PCTSTestr® 50S OAKTON	Electrodo sensor de pH de doble unión
Temperatura	PCTSTestr® 50S OAKTON	Electrodo sensor de pH de doble unión
Conductividad	PCTSTestr® 50S OAKTON	Electrodo sensor de pH de doble unión
Color real	Espectrofotómetro	Método espectrofotométrico
Tensoactivos	HI 97769	Método de titulación
Sólidos suspendidos totales	Balanza analítica Papel filtro Horno	Método gravimétrico
Oxígeno disuelto	OHAUS ST20	Electro sensor de membrana de DO

Elaborado por autor de tesis

Estos parámetros se tomaron en cuenta debido a que la descarga del agua residual industrial se la realizó en un río, entonces se tomara en cuenta los límites máximos permisibles de la TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE, del acuerdo 097 A.

3.7 Recolección de botellas plásticas

Se realizó una impresión en la cual se la colocó cerca de un área muy concurrida por estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana para que depositen sus botellas PET, aclarando en el comunicado que solo se podía poner botellas PET pero que su contenido líquido haya sido agua para que de esta manera no se mezcle ningún tipo de químico si hubiera sido otro líquido



Ilustración 2 Imagen informativa para la recolección de botellas

En la siguiente imagen se muestra el incentivo para que los docentes, estudiante y trabajadores puedan depositar sus botellas en el tacho. En el cual nos ayuda en el registro y recolección de botellas PET

CAPITULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Recolección y cuantificación de botellas PET



Ilustración 3 Tacho de basura en donde se realizó la recolección de botellas

Las botellas PET de agua son recipientes fabricados con polietileno tereftalato (PET), un material plástico transparente y ligero, comúnmente utilizado para envasar agua potable y otros líquidos.

$$\frac{30 \text{ g}}{1000} = 0.03 \text{ kg}$$

Se realizó esta conversión para poder sacar el peso en Kg debido a que se tomó el peso por botella y además se podrá conocer sobre la generación per cápita que hubo durante el lapso de recolección de botellas PET

Para la fabricación de la columna filtrante se recolectó botellas PET durante una semana mediante el uso de un tacho para que los estudiantes, docentes y demás personas puedan depositar las botellas de material PET, en el cual se agregó un aviso para que se depositen botellas PET que hayan tenido como contenido liquido (de preferencia agua). Para que de esta manera no haya algún otro tipo de contaminación cruzada ya sea algún químico que tenga otro tipo de botellas.

4.2 Recolección y cuantificación de las botellas plásticas

Tabla 2 Calculo de la generación per cápita

Fecha	Cantidad (botella)	Peso (kg)	Generación per cápita (kg/hab./día)
11/02/2024	8	0.24	$IGP = \frac{0.24}{250} = 0.00096$
12/02/2024	9	0.27	$IGP = \frac{0.27}{250} = 0.00108$
13/02/2024	5	0.15	$IGP = \frac{0.15}{250} = 0.0006$
14/02/2024	10	0.3	$IGP = \frac{0.3}{250} = 0.0012$
15/02/2024	7	0.21	$IGP = \frac{0.21}{250} = 0.00084$
16/02/2024	8	0.24	$IGP = \frac{0.24}{250} = 0.00096$
17/02/2024	9	0.27	$IGP = \frac{0.27}{250} = 0.00108$
Total	56	1.68	$IGP = \frac{1.68}{250} = 0.00672$

Elaboración propia

En total se recolecto 56 botellas en el cual se seleccionó y uso las de mayor tamaño para que se pueda adecuar de manera correcta en la columna. El valor del peso en Kg se lo tomo haciendo la conversión del peso de 30 g lo equivale una botella PET se hizo la multiplicación por la cantidad de botellas recogidas y la generación per cápita se realizó mediante una división de la cantidad de trabajadores que se encuentran en el campus María Auxiliadora con el peso en kg.

4.3 Fabricación y uso de la columna filtrante

4.3.1 Construcción de la columna filtrante de PET

Lista de materiales

1. Botellas PET
2. Carbón activado
3. Tela
4. Tijeras
5. Amoladora
6. Martillo
7. Filtro de cartucho
8. Plataforma de vidrio

4.3.2 Pasos para la fabricación de la base de columna

1. Recolección y selección de las botellas PET aptas para la columna filtrante.
2. Selección de las planchas metálicas
3. Se adapta las botellas PET, para su aplicación como parte de la columna filtrante
4. Se modifica la estructura de las planchas metálicas para que se pueda introducir las botellas dentro de la plancha metálica.
5. Se implementa el uso de un filtro con diferentes capas filtrantes en la parte de arriba de la columna filtrante.
6. Se usó como medio filtrante tela dentro de una botella, para la retención de algún sólido que tenga el agua
7. Se implementó el uso de una pequeña plataforma para que al momento de filtrar el agua pueda caer en el vaso de precipitación

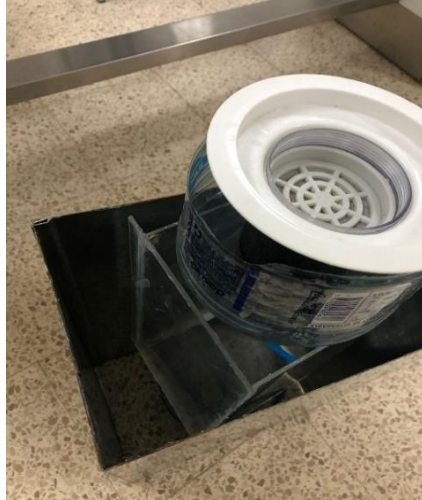


Ilustración 4 Columna filtrante armada

En la siguiente figura se muestra la columna filtrante ya terminada para iniciar con la filtración.



Ilustración 5 Filtro de cartucho con diferentes medios filtrantes

Elaboración propia

Se realizó un modelo de la columna en el cual consta de varias botellas de plástico dentro de la columna, estas botellas se llenaron de carbón activado, algodón y plástico triturado para que de esta manera pueda ir filtrando el agua, además se usa un filtro con distintos tipos de piedra para que pueda ser mucho más efectivo el proceso de filtrado.

4.3.3 Pasos para la modelación de la columna filtrante

1. Se tomo en cuenta la plancha metálica como principal base para las botellas.
2. Las botellas se las fue ubicando dentro de la columna estando una debajo de la otra
3. Se ubicaron dos círculos uno en la parte de arriba para la entrada y otro debajo para la salida del agua
4. Se trituro las botellas PET de color rojo y blanca con un molino para que fuera usado como un medio filtrante. El cual se lo ubico en la parte de abajo dentro del filtro de cartucho combinado con carbón activado y otros tipos de medios filtrante como piedras.

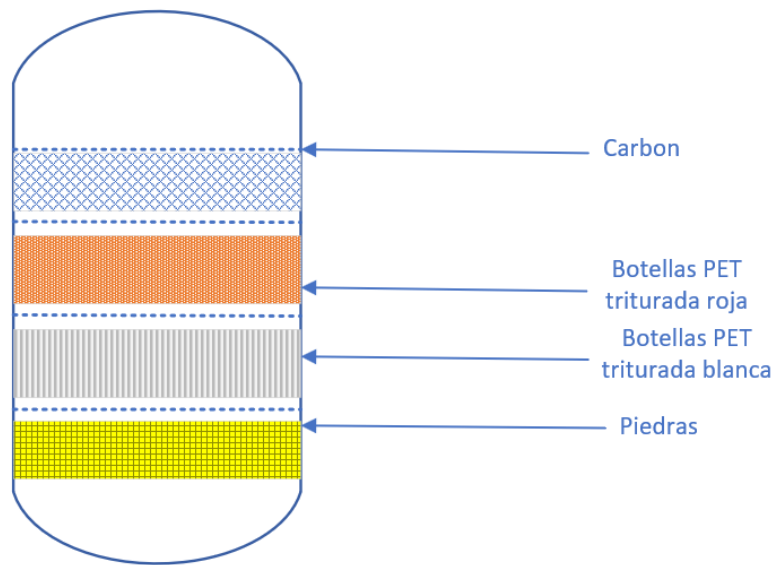


Ilustración 6 Esquema de la columna filtrante

4.4 Cálculo del caudal de la columna

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{6.05\text{L}}{1000} = 0.00605 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.00605\text{m}^3}{31\text{s}} = 1.95 \text{ l/s}$$

Este cálculo se realizó para conocer el caudal de agua que se puede filtrar empleando la columna, dato utilizado en el cálculo de la carga contaminante. Se tomó el tiempo del que tarda la columna en realizar el pretratamiento de filtración con un cronometro. El dato del volumen se lo tomó a partir del tamaño de botellas que se usó en el filtro.

4.4.1 Cálculo de la carga contaminante

$$W_a = \frac{1.95 \text{ l}}{\text{s}} * \frac{122\text{mg}}{\text{l}} * \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} * \frac{86400\text{s}}{1\text{d}} = \frac{20.55\text{kg}}{\text{d}} (\text{Solidos suspendidos})$$

El cálculo de la carga contaminante estuvo enfocado en el valor de solidos suspendidos, este valor nos indica que después de filtrar hubo un concentrado de 20.55 kg de solidos suspendidos.

4.5 Análisis de la calidad del agua

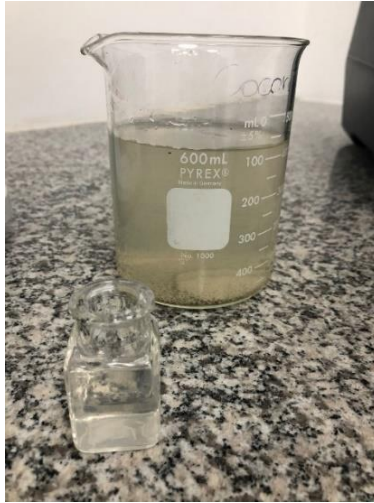


Ilustración 7 Muestra de agua prefiltración

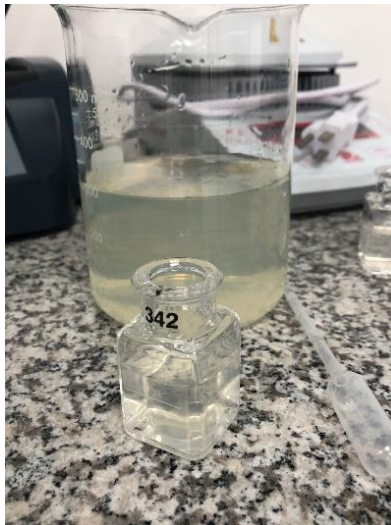


Ilustración 8 Muestra de agua post filtración

Tabla 3 Tabla de los parámetros medidos prefiltración

MEDICION PRE-FILTRACIÓN									
Hora	Coordenadas		Temperatura ° C	pH	Color real	Conductividad uS/cm	Sólidos suspendido stotales mg/l	Tensoactivos mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l
12:15	9762218.14	621813.89	23.7	6.56	312	12.82	135	0.5	1.5

Elaboración propia

Tabla 4 Tabla de los parámetros medidos post filtración

MEDICION POST-FILTRACIÓN									
Hora	Coordenadas		Temperatura ° C	pH	Color real	Conductividad uS/cm	Sólidos suspendido s totales mg/l	Tensoactivos mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l
12:30	9762218.14	621813.89	23.9	6.84	308	12.24	122	0.3	5

Elaboración propia

4.6 Análisis y comparación de los datos Pre y post filtración

4.6.1 Parámetro PH

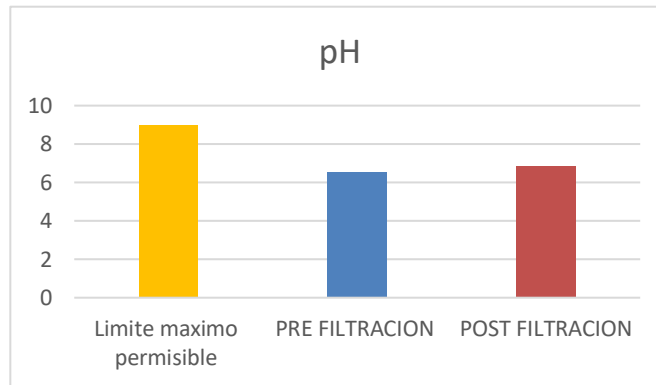


Ilustración 9 Grafico de comparación de parámetros PH

Según los análisis de laboratorio podemos observar los datos de la medición prefiltración y post filtración. Al momento de revisar los datos podemos observar en el parámetro de PH, que no vario lo suficiente llegando a quedarse en un PH acido. Sin embargo, casi llegando al PH neutro que es 7. Estando dentro del límite máximo permisible comparándolo con la tabla 9 del Anexo 097 A.

4.6.2 Parámetro Temperatura

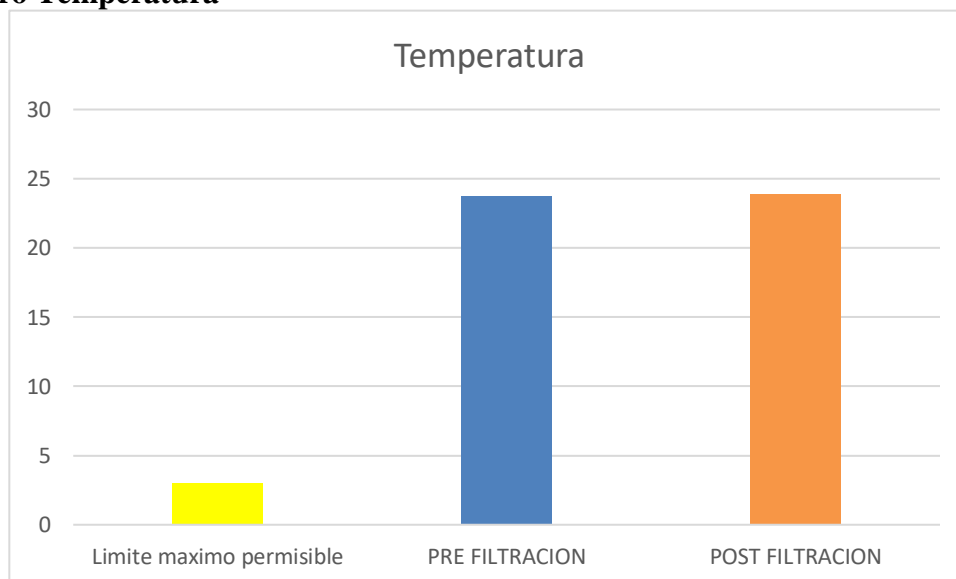


Ilustración 10 Grafico de comparación de parámetro de temperatura

No hubo una variación en el parámetro de temperatura debido a que el medio ambiente en el que

se encontraba era muy estable. Además, que al medir la muestra fue en un laboratorio el cual se encontraba en un clima frío.

4.6.3 Parámetro Color real

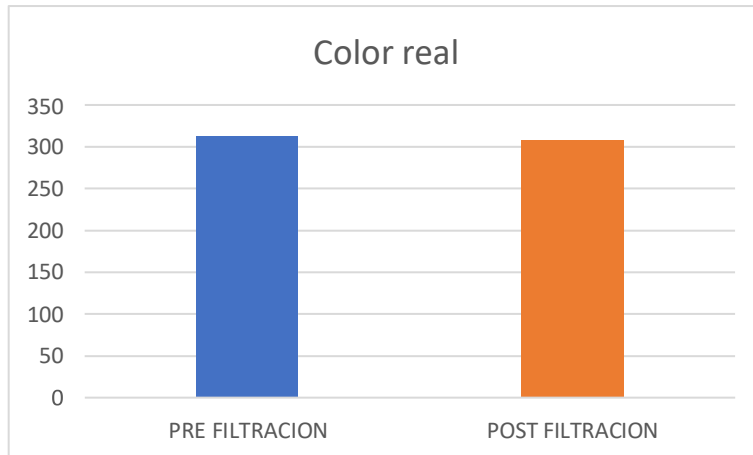


Ilustración 11 Grafico de comparación de parámetro de color real

En el parámetro de color real se evidencia que no hubo una variación en los datos en el cual es muy alto, lo que esto significa que sobrepasa el límite máximo permisible de la normativa. En la misma tabla sobre límites de descarga a un cuerpo de agua dulce no existe un valor específico para el parámetro de color real ya que solo se menciona que es inapreciable en dilución de 1/20.

4.6.4 Parámetro Conductividad

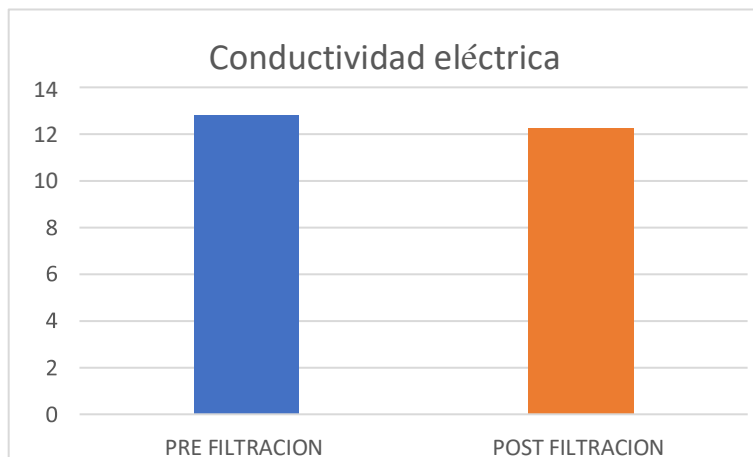


Ilustración 12 Grafico de comparación de parámetro de conductividad eléctrica

Revisando el parámetro de conductividad en la prefiltración se observa un valor de 12.84 en el cual indica la presencia de altas concentraciones de sales disueltas, productos químicos o metales. en el agua. En la medición post filtración se pudo revisar que bajo el valor de la conductividad 12.24 lo que indica que al filtrar el agua hubo una reducción en la concentración de sales, materiales conductores o una alteración en su composición química debido al proceso de filtración. En la misma tabla sobre límites de descarga a un cuerpo de agua dulce no existe un valor específico para el parámetro de conductividad.

4.6.5 Parámetro Sólidos suspendidos totales

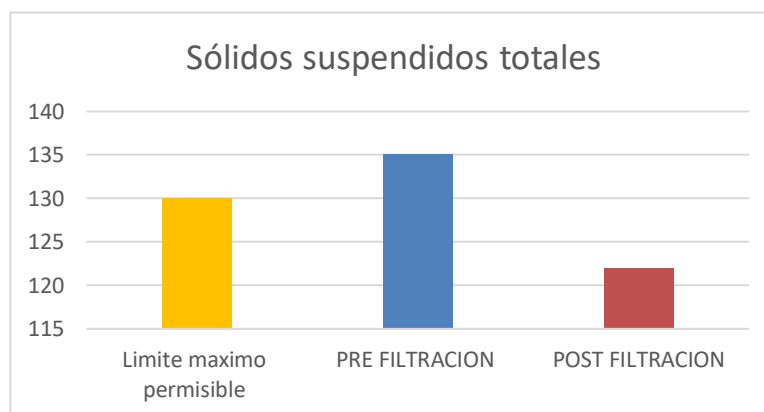


Ilustración 13 Grafico de comparación de parámetro de solidos suspendidos totales

En el parámetro de solido suspendido total se observa sobre como disminuyó los sólidos suspendidos. En el cual el valor que indicaba en la prefiltración sobrepasaba los límites máximos permisibles, sin embargo, en la post filtración disminuyo este valor a 122 en el cual se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de la normativa el cual es 130. Por lo tanto, podemos decir que indica una disminución en la carga orgánica e indica una mejora en la calidad del agua tratada.

4.6.6 Parámetro Tensoactivos

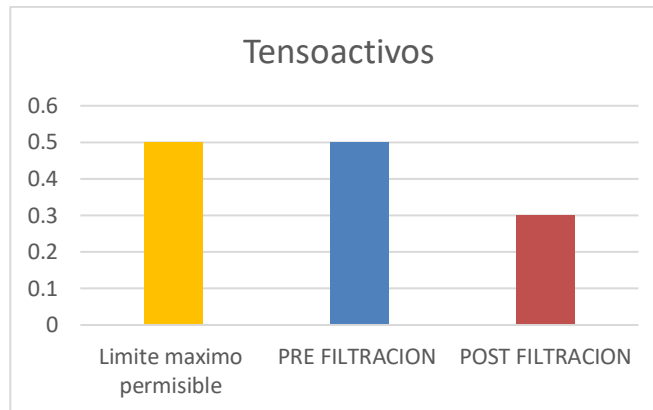


Ilustración 14 Grafico de comparación de parámetro de tensoactivos

Podemos evidenciar en los datos que hubo una reducción del valor comparándolo en la medición pre y post filtración, en el valor de la pre filtración estaba fuera del límite máximo permisible de la normativa, siendo este 0.5, en cuestión al valor de la post filtración se redujo lo cual nos indica una disminución en la cantidad de agentes contaminantes presentes en el agua, lo que puede tener efectos positivos en la calidad del agua, el cumplimiento de regulaciones y la eficiencia de los procesos de tratamiento.

4.6.7 Parámetro Oxígeno Disuelto

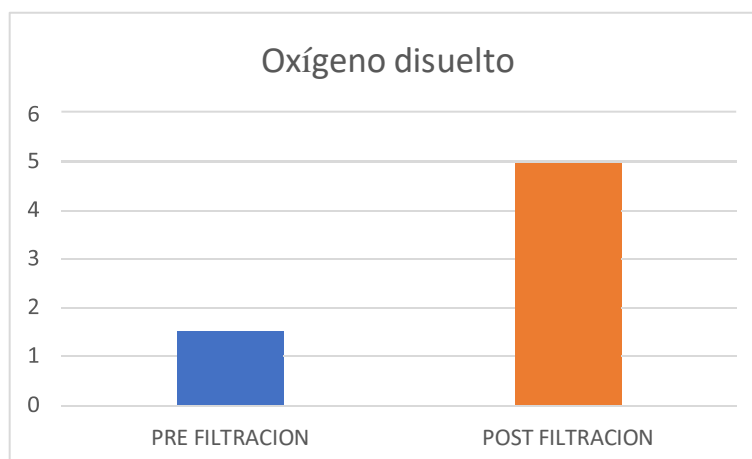


Ilustración 15 Grafico de comparación de parámetro de Oxígeno disuelto

Lo que se observa en el parámetro de oxígeno disuelto es que la calidad del agua es muy mala, a pesar de que se haya hecho un pretratamiento de filtración de agua, hubo una mejora mínima con respecto al valor el cual subió de 1.5 a 5 mg/l. Esto nos indica que se encuentra en pésimas condiciones el agua, donde no es posible que exista vida acuática y presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella.

4.7 Cálculo de eficiencia de la columna filtrante

$$\text{Eficiencia}\% = \frac{135 - 122}{135} * 100 = 9.62\%$$

Estos datos de la concentración de entrada y de salida se tomarán en cuenta basados en el parámetro de sólidos suspendidos totales. La eficiencia de la columna al ser de 9.62 se puede concluir que no es suficiente al momento de retener sólidos suspendidos totales. Es un bajo porcentaje, sin embargo, hubo una pequeña disminución del valor del parámetro medido.

4.8 Comprobación de hipótesis

MEDICION PRE-FILTRACION

Hora	Coordenadas		Temperatura ° C	pH	Color real	Conductividad uS/cm	Solidos suspendidos totales	Tensoactivos	Oxígeno Disuelto
12:15	9762218.14 m S	621813.89 m E	23.7 C	6.56	312	12.82	135 mg/l	0.5 mg/l	1.5 mg/l

Elaborado por autor de tesis

		MEDICION POST-TRATAMIENTO							
Hora	Coordenadas		Temperatura ° C	pH	Color real	Conductividad uS/cm	Solidos suspendidos totales	Tensoactivos	Oxígeno Disuelto
12:30	9762218.14 m S	621813.89 m E	23.9 C	6.84	308	12.24	122 mg/l	0.3 mg/l	5 mg/l

HO: $ud > 0$

H1: $ud < 0$

Código:

```
rm(list = ls())
```

```
x1 <- c(12.3,9762218.14,621813.89,23.9,6.84,308,6.84,308,12.24,122,0.3,5)
```

```
x2 <- c(12.15,9762218.14,621813.89,23.7,6.56,23.7,6.56,312,12.82,135,0.5,1.5)
```

```
t.test(x1, x2, alternative = "two.sided", paired = TRUE, mu = 0, conf.level = 0.95)
```

Resultado

Paired t-test

data: x1 and x2

$t = 0.94776$, $df = 11$, $p\text{-value} = 0.3636$

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

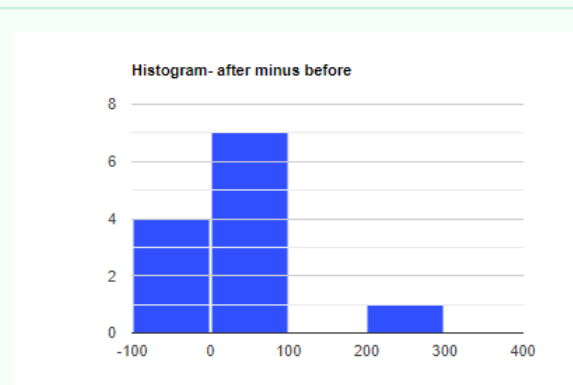
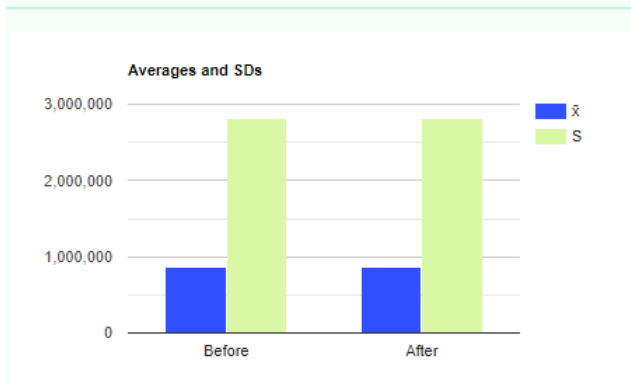
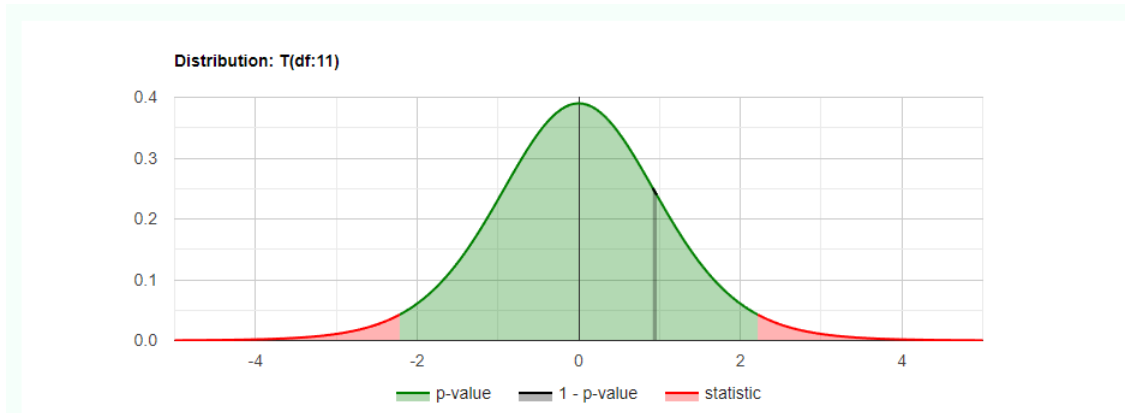
-29.85403 75.00903

sample estimates:

mean difference

Interpretación

Se realizó una prueba de hipótesis de muestras pareadas para evaluar el efecto de las mediciones prefiltración y post filtración, se concluye que efectivamente hay un efecto post filtración validando la eficiencia del filtro.



CAPITULO 5

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- La recolección y cuantificación de desechos de botellas PET con el tacho se pudo obtener una cantidad de botellas plásticas para la columna filtrante, lo cual ayudo mucho debido a que se pudo elegir las botellas de mejor tamaño y las que mejor se adaptaban a las planchas metálicas.
- Los resultados nos indica que a pesar del pretratamiento del agua residual industrial con la columna filtrante no hubo una gran variación en los parámetros, debido a que al no ser tratada con ningún tipo de reactivo químico no se podrá reducir un gran porcentaje de la carga contaminante del cual solo hubo una eficiencia de remoción de 9.62% de los sólidos suspendidos totales. Se determino que los valores promedios de solidos suspendidos, potencial de hidrogeno y tensoactivos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles después de la aplicación del pretratamiento con la columna filtrante, lo que nos indica que se encuentra dentro de los criterios establecidos de la normativa vigente ambiental de TULSMA sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Se detecto una disminución en el parámetro de conductividad eléctrica lo que indica que hubo una reducción de la concentración de sales y material conductor.
- La calidad del agua post tratamiento no tuvo una mejoraría notable, sin embargo, como una opción para usar como medio filtrante las botellas PET y la combinación de carbón activado, piedras y tela es eficaz ya que puede ser una forma económica al reusar botellas plásticas y disminuir la contaminación de este material, debido a que el tiempo de descomposición es muy largo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que para futuros proyectos y estudios que se apliquen y usen filtros para un pretratamiento se use otro tipo de agua residual debido a que al ser agua industrial contiene muchos agentes contaminantes de los cuales es muy baja la probabilidad que se disminuyan en un gran porcentaje. Un ejemplo de agua que se puede usar es el agua residual doméstica, de la cual es más fácil tratarla, eliminar la contaminación y mejorar la calidad del agua debido a su no tan alta concentración de agentes contaminantes.
- Para mejorar los resultados se deben combinar y probar distintos medios filtrantes, para que se pueda comparar y analizar cuál es el más efectivo. Debido a que existen muchas variantes en lo que respecta los filtros de agua.
- Al momento de usar una columna filtrante es necesario variar con distintas botellas, debido a que se van contaminando las botellas usadas después de hacer el pretratamiento de filtración, quedando material sólido dentro de estas.
- Para mejorar la metodología y obtener resultados favorables es necesario realizar una limpieza con jabón dentro de las botellas para que no exista ningún tipo de bacteria al momento de usarlas en la columna filtrante.

6. Referencias Bibliográficas

- Acuerdo Ministerio 5186. (2014). Reglamento interministerial de gestión de desechos sanitario.
- Maldonado, J. C., Beltrán Flandoli, A. M., Ortiz León, C., & Velásquez Benavides, A. V. (2019). Laboratorios universitarios: Experimentación e innovación. Caso MediaLab UTPL. Revista Latina de Comunicación Social
- González González, M. A. (2018). Manejo de Desechos Sólidos en la escuela oficial urbana mixta 824 y 825, ciudad Peronia, Villa Nueva, Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Acuerdo Ministerio 5186. (2014). Reglamento interministerial de gestión de desechos sanitario
- Acuerdo ministerio 097 (2015) Reforma Texto Unificado Lesgilacion
- Libro VI Anexo 1 (2018) Norma De Calidad Ambiental y De Descarga de Efluentes
- METCALF-EDDY: Tratamiento y depuración de aguas residuales. Ed. Labor, S.A. Barcelona. 1977.
- RIVAS MIJARES, G.: Tratamiento de aguas residuales. 2ª ed. Ediciones Vega. Caracas. 1978
- M. ESPIGARES GARCÍA (2017) Aguas Residuales composición
- IDE (2022) soluciones de tratamiento-de-aguas-industriales pretratamiento
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: INEN 2 176: 98. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: INEN 2 169: 98. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras
- Alonso, J. A. (2012). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.
- Bravo, Á. Z., Escobar, V. V., Zapata-Domínguez, Á. Z., & Rodríguez-Ramírez, A. (2021). La

Economía Circular de las botellas PET en Colombia. Cuadernos de Administración

- Martínez, F. C., Cansino, A. T., García, M. A. A., Fraire, A. T. E., Esqueda, J. A. S., & Vélez, J. G. L. (2018). Reglas para predecir el cumplimiento de la calidad del agua residual en una planta tratadora con minería de datos.
- Lobo, C. C. (2019). Tratamiento biológico de aguas residuales industriales.
- Puerto, I. L. V., Arredondo, M. R., Yavara, W. C., & Torres, B. T. A. (2016). Evaluación de materiales filtrantes para el reúso en agricultura de aguas residuales tratadas provenientes de zonas áridas. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*.
- Garzón-Zúñiga, M. A., Buelna, G., & Chávez, G. M. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y Ciencias del Agua*
- GUY SELA (2017) Tratamiento de Aguas Residuales
- Sandra Yáñez Torrente (2015) Influencia del pH en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en humedales construidos de flujo vertical
- Danilo Bermeo, Fernando Salazar (2013) Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil
- JHUESA (2017) Tecnología de pretratamientos de aguas residuales
- Telwesa (2018) Aguas Industriales
- Gonzalez Leal, G. R. (2012). Microbiología del agua: conceptos y aplicaciones. En G. R. Leal, *Microbiología del agua conceptos y aplicaciones* (pág. 299). Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- Marin Montoya , J. P., & Correa Ramirez, J. C. (2010). Repositorio.utp.edu.com. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1801/6283M337.pdf>
- Sierra, C. A. (2012). Calidad del Agua Evaluacion y Diagnostico. En C. A. Ramirez, *Calidad del*

Agua Evaluacion y Diagnostico

Organización Mundial de la Salud. (07 de 12 de 2022). Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Acuerdo Ministerio 5186. (2014). Reglamento interministerial de gestión de desechos sanitario.

Maldonado, J. C., Beltrán Flandoli, A. M., Ortiz León, C., & Velásquez Benavides, A. V. (2019). Laboratorios universitarios: Experimentación e innovación. Caso MediaLab UTPL. Revista Latina de Comunicación Social

González González, M. A. (2018). Manejo de Desechos Sólidos en la escuela oficial urbana mixta 824 y 825, ciudad Peronia, Villa Nueva, Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Acuerdo Ministerio 5186. (2014). Reglamento interministerial de gestión de desechos sanitario

Acuerdo ministerio 097 (2015) Reforma Texto Unificado Lesgilacion

Libro VI Anexo 1 (2018) Norma De Calidad Ambiental y De Descarga de Efluente

7. ANEXOS

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1

Anexos 1 Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce

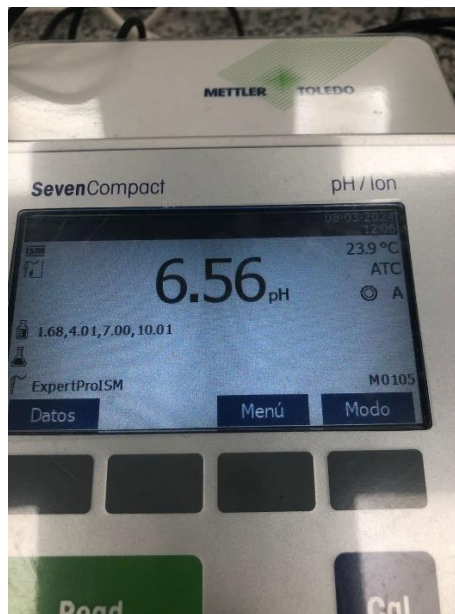
Cloruros	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ^{VI}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfuros	S ²⁻	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

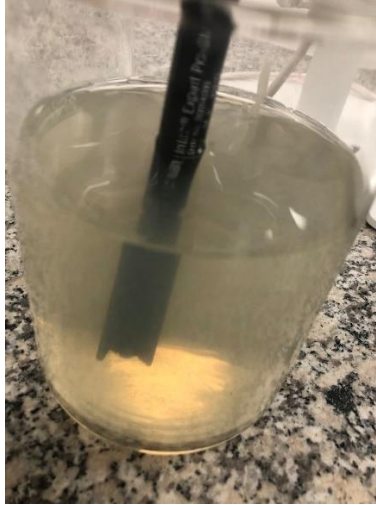
Anexos 2 Limite de descarga de agua dulce



Anexos 3 Muestra de agua residual industrial



Anexos 4 Medicion del parametro de PH



Anexos 5 Uso del equipo de medición del parámetro PH



Anexos 6 Medición del parámetro de color real



Anexos 7 Medición del parámetro de conductividad



Anexos 8 Medición del parámetro de oxígeno disuelto