



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA
TEXTIL UTILIZANDO RESIDUOS ORGÁNICOS NATURALES.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA

DIRECTOR: Ing. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA, PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Lisette Anabel Paredes Llerena

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliografía del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Lisette Anabel Paredes Llerena, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de julio de 2023

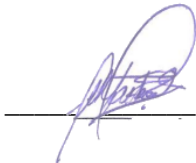
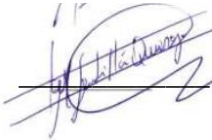



Lisette Anabel Paredes Llerena

C.I. 180386434-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación, Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA TEXTIL UTILIZANDO RESIDUOS ORGÁNICOS NATURALES** realizado por la señorita **LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Yaulema Garcés Fausto Manolo, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-07-19
Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-07-19
Ing. Juan Carlos González García, PhD. ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-07-19

DEDICATORIA

Con el corazón nostálgico y a la vez lleno de alegría, dedico este trabajo de titulación a mi bello ángel en el cielo, mi abuelita Blanca Amán, por ser ejemplo de perseverancia y de amor puro e incondicional, además de ser mi motor e inspiración para hacer mis sueños realidad. Gracias por llenarme de amor y felicidad y por hacer de mí una mujer fuerte, valiente, capaz y amorosa. Hoy, con mucha felicidad cumpla mi parte de nuestra promesa.

Lisette

AGRADECIMIENTO

A mi madre Blanca Llerena por su inmensurable amor, apoyo y comprensión, por sus palabras de aliento y fortaleza en mis noches de desvelo a pesar de la distancia, por no permitir que nada me falte y por recordarme siempre lo fuerte, valiente y capaz que soy. A mi padre Luis Paredes por estar siempre pendiente de mi educación y valores. A mi hermano Jairo Paredes porque juntos compartimos lágrimas y noches de desvelo, apoyándonos mutuamente, soñando en ser profesionales. A mi hermano Esteban Paredes por ser el causante de mis alegrías con cada una de sus ocurrencias. A mis tíos que con su gran cariño y consejos me ayudaron a no rendirme. A mis mejores amigos Juan y Katherine que se convirtieron en mi familia durante esta etapa de formación, gracias por ser mi compañía y por ser partícipes de todos mis momentos felices, la Universidad fue más llevadera gracias a ustedes. Gracias por demostrarme que la verdadera amistad existe. Al Ing. Miguel Santillán por confiar en mi desde el primer día y por brindarme todo su apoyo en el desarrollo de mi trabajo de titulación. Al Ing. Juan González por su paciencia y por contribuir con sus conocimientos para el desarrollo y culminación de esta investigación. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas acogiéndome como una estudiante politécnica y por todo el conocimiento impartido durante este tiempo.

Lisette

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas.....	6
1.2.1. <i>Industria del jean</i>.....	6
1.2.2. <i>Descripción del proceso de lavado de jeans</i>.....	6
1.2.3. <i>Agua residual proveniente del lavado de jeans</i>.....	8
1.2.4. <i>Características del agua en la industria textil</i>.....	9
1.2.5. <i>Tratamientos de aguas residuales de la industria textil</i>.....	10
1.2.5.1. <i>Coagulación – floculación</i>.....	10
1.2.5.2. <i>Electrocoagulación</i>.....	13
1.2.5.3. <i>Filtración</i>.....	15
1.2.6. <i>Carbón activado</i>.....	16
1.2.6.1. <i>Forma del carbón activado</i>.....	17
1.2.6.2. <i>Función del carbón activado</i>.....	17
1.2.6.3. <i>Capacidad de adsorción del carbón activado</i>.....	18
1.2.7. <i>Plátano verde</i>.....	18
1.2.7.1. <i>Cáscara de plátano verde como coagulante natural</i>.....	19
1.2.8. <i>Naranja</i>.....	19
1.2.8.1. <i>Cáscara de naranja como medio filtrante</i>.....	20
1.2.9. <i>Coco</i>.....	21
1.2.9.1. <i>Cáscara de coco como medio filtrante</i>.....	21
1.3. Normativa ambiental.....	22
1.3.1. <i>Anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua</i>.....	22

1.3.2.	<i>Criterios de calidad para aguas de uso industrial</i>	22
1.3.3.	<i>Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado</i>	23

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	25
2.1.	Localización de la investigación	25
2.2.	Tipo de investigación	28
2.3.	Diseño de la investigación	28
2.3.1.	<i>Cuasi experimental</i>	28
2.3.2.	<i>Identificación de variables</i>	28
2.3.3.	<i>Hipótesis de investigación</i>	29
2.4.	Métodos y técnicas	29
2.4.1.	<i>Determinación de las propiedades físico – químicas de las aguas residuales generadas en la lavadora de jeans</i>	29
2.4.1.1.	<i>Materiales</i>	29
2.4.1.2.	<i>Método</i>	29
2.4.1.3.	<i>Análisis de muestras en el laboratorio</i>	30
2.5.	Diseño y construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales	31
2.5.1.	<i>Materiales</i>	31
2.5.2.	<i>Método</i>	31
2.6.	Obtención de carbón a partir de cáscaras de naranja y coco	32
2.6.1.	<i>Materiales y equipos</i>	33
2.6.2.	<i>Método</i>	34
2.7.	Porcentaje de cenizas	34
2.8.	Determinación de los coagulantes químicos que se usarán en la electrocoagulación	35
2.8.1.	<i>Materiales</i>	35
2.8.2.	<i>Método</i>	35
2.9.	Filtración	35
2.9.1.	<i>Materiales</i>	35
2.9.2.	<i>Método</i>	36
2.9.2.1.	<i>Primera filtración</i>	36
2.9.2.2.	<i>Segunda filtración</i>	36
2.9.2.3.	<i>Tercera filtración</i>	37
2.10.	Determinación del caudal de salida	37

2.11.	Análisis de las muestras de agua tratada.....	37
--------------	--	-----------

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	38
3.1.	Resultados de la determinación de las propiedades físico – químicas de las aguas residuales generadas en la lavadora de jeans.....	38
3.2.	Resultados del diseño y construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales	42
3.3.	Resultados de la obtención de carbón a partir de cáscaras de naranja y coco	48
3.4.	Resultados del porcentaje de cenizas	51
3.5.	Resultados de la determinación de los coagulantes químicos que se usarán en la electrocoagulación	57
3.6.	Resultados de la filtración.....	59
3.7.	Resultados de la determinación del caudal de salida.....	61
3.8.	Resultados de los Análisis de las muestras de agua cruda y tratada.....	61

CONCLUSIONES.....	69
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	71
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	24
Tabla 3-1:	Resultados de los análisis de la primera muestra de agua cruda.....	40
Tabla 3-2:	Resultados de los análisis de la segunda muestra de agua cruda	40
Tabla 3-3:	Resultados de los análisis de la tercera muestra de agua cruda	41
Tabla 3-4:	Valores de los diferentes pesos de la cáscara de naranja	52
Tabla 3-5:	Porcentajes de cenizas de la cáscara de naranja.....	53
Tabla 3-6:	Valores de los diferentes pesos de la cáscara de coco	55
Tabla 3-7:	Porcentajes de cenizas de la cáscara de coco.....	56
Tabla 3-8:	Valores para la determinación del caudal	61
Tabla 3-9:	Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la primera filtración.....	62
Tabla 3-10:	Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la segunda filtración.....	64
Tabla 3-11:	Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la tercera filtración.....	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Proceso de coagulación-floculación en una planta potabilizadora.....	11
Ilustración 1-2:	Reactores para electrocoagulación tipo Bach: (a) Reactor con electrodos monopolares en paralelo, (b) Reactor con electrodos monopolares en serie.....	14
Ilustración 1-3:	Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de un filtro.....	15
Ilustración 1-4:	Forma del carbón activado	17
Ilustración 1-5:	Grano de carbón activado virgen y grano de carbón agotado	18
Ilustración 1-6:	Estructura de la cáscara de la naranja.....	20
Ilustración 2-1:	Ubicación de la lavadora “La raíz del jean”	25
Ilustración 2-2:	Ubicación del Laboratorio de Petróleos y Metalurgia.....	33
Ilustración 3-1:	Muestra cruda para la primera filtración	38
Ilustración 3-2:	Muestra cruda para la segunda filtración	39
Ilustración 3-3:	Muestra cruda para la tercera filtración.....	39
Ilustración 3-4:	Estructura metálica con parte del filtro	43
Ilustración 3-5:	Tolva con las respectivas mallas	43
Ilustración 3-6:	Filtro.....	44
Ilustración 3-7:	Barril de almacenamiento de agua residual.....	44
Ilustración 3-8:	Caja de mandos	45
Ilustración 3-9:	Bomba	45
Ilustración 3-10:	Electro coagulador.....	46
Ilustración 3-11:	Agua sin tratar en barril de almacenamiento.....	46
Ilustración 3-12:	Carbón extraído de cáscaras de naranja y coco.....	47
Ilustración 3-13:	Sistema de tratamiento de aguas residuales	48
Ilustración 3-14:	Cáscaras de naranja limpias	48
Ilustración 3-15:	Cáscaras de coco limpias.....	49
Ilustración 3-16:	Cáscaras de naranja y coco en la estufa	49
Ilustración 3-17:	Cáscara de naranja secas	49
Ilustración 3-18:	Cáscara de naranja triturada	50
Ilustración 3-19:	Cáscara de coco triturado	50
Ilustración 3-20:	Carbón recién salido de la mufla.....	51
Ilustración 3-21:	Trozos de carbón	51
Ilustración 3-22:	Carbón recién salido de la mufla.....	51
Ilustración 3-23:	Pesaje de la cápsula con el carbón.....	52
Ilustración 3-24:	Muestra de agua cruda con hipoclorito de sodio, sulfato ferroso y	

poliacrilamida.....	58
Ilustración 3-25: Muestra de agua cruda con peróxido de hidrógeno.....	58
Ilustración 3-26: Muestra tratada de la primera filtración	59
Ilustración 3-27: Muestra tratada de la segunda filtración.....	60
Ilustración 3-28: Muestra tratada de la tercera filtración.....	61
Ilustración 3-29: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la primera filtración	63
Ilustración 3-30: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la segunda filtración.....	65
Ilustración 3-31: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la tercera filtración.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PLANO DEL BARRIL (VISTA ISOMETRICA)
- ANEXO B:** PLANO DEL FILTRO Y MALLA (VISTA ISOMETRICA)
- ANEXO C:** PLANO DEL FILTRO (VISTA ISOMETRICA)
- ANEXO D:** PLANO DEL FILTRO Y ESTRUCTURA SOPORTE (VISTA ISOMETRICA)
- ANEXO E:** PLANO DE CAJA DE COMANDOS (VISTA ISOMETRICA)
- ANEXO F:** PLANO DE ELECTRO COAGULADOR (VISTA ISOMETRICA)
- ANEXO G:** PLANO DE LA BOMBA (VISTA ISOMETRICA)
- ANEXO H:** ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA FRONTAL)
- ANEXO I:** ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA ISOMÉTRICA)
- ANEXO J:** ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA POSTERIOR)
- ANEXO K:** ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA SUPERIOR)
- ANEXO L:** ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA LATERAL IZQUIERDA)
- ANEXO M:** ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA LATERAL DERECHA)
- ANEXO N:** INFORME DEL ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE LA PRIMERA
FILTRACIÓN
- ANEXO O:** INFORME DEL ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE LA SEGUNDA
FILTRACIÓN
- ANEXO P:** INFORME DEL ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE LA TERCERA
FILTRACIÓN
- ANEXO Q:** PARTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- ANEXO R:** PROCESO DE OBTENCIÓN DEL CARBÓN
- ANEXO S:** MUESTRAS CRUDAS Y FILTRADAS DE LAS 3 FRILTRACIONES

RESUMEN

Actualmente varias industrias textiles del cantón Pelileo producen excesivas cantidades de aguas residuales contaminadas, debido a los colorantes y químicos utilizados en el lavado de las prendas de jean. Estas aguas no cuentan con un tratamiento adecuado previo a su descarga al alcantarillado, lo cual se considera un gran problema de contaminación al recurso hídrico.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria textil utilizando residuos orgánicos naturales como las cáscaras de naranja, coco y plátano verde. Para ello, se caracterizaron las aguas residuales de la industria. Después de determinar que los parámetros evaluados estaban fuera de los límites máximos permisibles, se diseñó y construyó un filtro de presión dentro del cual se colocó 1 kg de grava < 2cm, 1 kg de grava < 1 cm, 1 kg de carbón de cáscara de coco y 1 kg de carbón de cáscara de naranja. Se realizaron 3 filtraciones en días diferentes. El porcentaje de eficiencia promedio de la primera filtración fue de 74.16%, el porcentaje de eficiencia promedio de la segunda filtración fue de 74.65%, destacándose la tercera filtración que fue la que logró mayor porcentaje de remoción, los resultados de la mencionada filtración fueron los siguientes: conductividad con 96.59% de remoción, color 98.96%, turbidez 99.56%, DQO 98.84%, DBO 91.25%, sólidos en suspensión 99,56%, sólidos sedimentables 99,52%, sólidos disueltos 96.63%, sólidos totales 97.76%, sulfuros 99.86%; logrando un porcentaje de eficiencia promedio de 97.85% de eficiencia. De esta manera, se concluyó que el sistema de tratamiento de aguas residuales, utilizando como medio filtrante carbón de cáscara de naranja y coco y plátano verde como coagulante natural, es eficiente para tratar aguas residuales de una industria textil ya que reduce significativamente el nivel de contaminantes.

Palabras clave:< FILTRO>, < CARBÓN>, < COAGULANTE NATURAL>, < INDUSTRIA TEXTIL>, < RESIDUOS ORGÁNICOS>, < AGUAS RESIDUALES>, < REMOCIÓN>, < EFICIENCIA>



1712-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

Currently, several textile industries in Pelileo produce excessive amounts of contaminated wastewater due to the dyes and chemicals used in the washing of clothes. These waters are not adequately treated before being discharged into the sewage system, which is considered a major water pollution problem. The objective of this research was to evaluate the efficiency of a wastewater treatment system in a textile industry using natural organic wastes such as orange, coconut, and green banana peels. For this purpose, the industry's wastewater was characterized. After determining that the evaluated parameters were outside the maximum permissible limits, a pressure filter was designed and constructed. Inside each 1 kg of gravel < 2 cm, 1 kg of gravel < 1 cm, 1 kg of coconut shell charcoal, and 1 kg of orange peel charcoal were placed. Three filtrations were performed on different days. The average efficiency percentage of the first filtration was 74.16%. The average efficiency percentage of the second filtration was 74.65%. The third filtration stood out, which was the one that achieved the highest percentage of removal. The results of the mentioned filtration were the following: conductivity with 96.59% of removal, color 98.96%, turbidity 99.56%, COD 98.84%, BOD 91.25%, suspended solids 99.56%, settleable solids 99.52%, dissolved solids 96.63%, total solids 97.76%, sulfides 99.86%; achieving an average efficiency percentage of 97.85% efficiency. Thus, it was concluded that the wastewater treatment system, using orange and coconut peel carbon as filter media and green plantain as a natural coagulant, is efficient for treating wastewater from the textile industry. This since it significantly reduces the level of pollutants.

Keywords: < FILTERS>, < CARBON>, < NATURAL COAGULANT>, < TEXTILE INDUSTRY>, < ORGANIC WASTE>, < WASTEWATER>, < REMOVAL>, < EFFICIENCY>.



Ing. Romel Francisco Calles Jiménez, Mgs.

C.I. 0603877713

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una gran preocupación en todo el mundo por el fuerte aumento de los índices de contaminación de los efluentes industriales con metales pesados como cromo, níquel, cadmio, plomo y mercurio, la mayoría de los cuales provienen de los tintes utilizados en las lavadoras de jeans.

Estas sustancias nocivas tienen una propensión a permanecer en el medio ambiente por un período prolongado de tiempo, poniendo en peligro la salud de los residentes cercanos, así como el equilibrio y la salud de la fauna y flora del ecosistema a través de su acumulación y entrada en la cadena trófica.

La mayoría de las naciones latinoamericanas tienen volúmenes extremadamente bajos de aguas residuales que han sido tratadas adecuadamente en comparación con la cantidad total de aguas residuales producidas, lo que ha provocado graves problemas ambientales y condiciones de salud entre la población actual (Balladares, 2018, p. 3).

Un aspecto importante hoy en día es el reúso de las aguas residuales, de donde surgen las necesidades más básicas de las industrias y de la sociedad en general, debido a que las aguas residuales son desperdiciadas, lo que conlleva a graves consecuencias de contaminación en la fuente receptora.

Sin embargo, una gran cantidad de aguas residuales pueden reutilizarse, luego de un tratamiento adecuado, para reducir las necesidades de los sectores urbano, industrial, agrícola y otros, especialmente en aquellas áreas donde hay líquido menos importante.

Debido al incremento en la cantidad de aguas residuales, el campo de la ingeniería se ha visto obligado a buscar métodos alternativos y diferentes aplicaciones para un mejor tratamiento y así devolver los líquidos menos contaminados sin afectar el medio ambiente de forma económica y segura (Paredes y Gallardo, 2018, p. 4).

Justificación

La fabricación de textiles es la principal actividad productiva del Cantón Pelileo. Las industrias textiles situadas en este cantón son las causantes de un gran impacto negativo sobre el ambiente y la salud del ser humano.

La problemática ambiental causada por parte de la industria textil está relacionada a la utilización de grandes cantidades de productos químicos en los procesos de teñido y lavado como son: los colorantes, estabilizadores de pH, dispersantes, entre otros.

Debido al alto contenido de metales pesados y colorantes que poseen las aguas residuales pertenecientes a la industria textil y la inadecuada gestión de efluentes generados de la que carecen la mayoría de las empresas, estas aguas resultan nocivas para los cuerpos de agua locales, de manera que afecta al ambiente y la salud de la población expuesta.

Existen varios métodos que se emplean para el tratamiento de aguas residuales, especialmente de aquellas que contienen metales pesados, como son: Adsorción sobre carbón activado, filtración por membrana, tratamiento electroquímico, intercambio iónico y demás, sin embargo, la mayoría de estos métodos resultan ser costosos, razón por la cual es necesario encontrar una alternativa viable y económica.

Una excelente opción es la utilización de un filtro empleando como medio filtrante carbón obtenido de desechos orgánicos de frutas, como las cáscaras de naranja, coco y plátano verde, las cuáles resultan ser buenos aliados al momento de tratar aguas residuales, ya que, debido a su alta porosidad, tienen la capacidad de retener metales pesados y colorantes.

Es por esta razón que, el fin de esta investigación es evaluar si los desechos orgánicos naturales como: las cáscaras de naranja, coco y plátano verde al ser empleados como medio filtrante, resultan ser eficientes para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil y de esta manera, aportar con una solución económica y en la que se cree conciencia del aprovechamiento de los desechos orgánicos, generando así una relación amigable con el medio ambiente.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria textil utilizando residuos orgánicos naturales como cáscaras de naranja, coco y plátano verde.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físico - químicas de las aguas residuales generadas en una lavadora de jeans, para establecer si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.
- Diseñar un sistema de filtración utilizando como medio filtrante residuos orgánicos naturales como cáscara de plátano verde, cáscara de naranja y cáscara de coco.
- Valorar la eficiencia del material filtrante por medio del análisis físico - químicos de las aguas obtenidas después del proceso de filtración.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

En términos de contaminación ambiental, la industria textil ocupa el segundo lugar después de la industria petrolera, y también es la que menos conciencia tiene la gente. Un par de jeans de algodón teñidos con tintes índigo requieren un mínimo de 42 litros de agua para ser teñidos, lavados y terminados. La cantidad de agua necesaria para confeccionar la ropa que vestimos varía según la fibra textil y el tinte que se utilice. El alto consumo de recursos hídricos y aguas residuales con altas cargas contaminantes producidas por los diversos procesos en la industria textil son sus principales impactos ambientales (Sánchez, 2018, p. 18).

Dependiendo del tipo de tejido, el teñido y acabado de textiles genera entre el 17 y el 20 por ciento del total de aguas residuales producidas. La fotosíntesis de las plantas y la vida acuática se ve afectada cuando estas aguas son vertidas a los ríos o manantiales de una población o comunidad por la baja penetración de la luz y el consumo de oxígeno; también son extremadamente peligrosos porque contienen cloro y componentes metálicos (Guato y Rumipamba, 2018, p.30).

Los vertidos de aguas residuales con un tratamiento inadecuado provocan diferentes niveles de contaminación de los ecosistemas. Uno de los principales generadores de contaminantes en el cantón Pelileo son las lavanderías textiles, las cuales exigen el uso de tecnologías limpias y un estricto sistema normativo para su gestión (Medina, 2015, p.17).

Además de los riesgos asociados con la descarga de aguas residuales, el uso de tintes utilizados en la industria textil, los cuales son químicos más difíciles de degradar, tiene efectos negativos en el medio ambiente, incluida una reducción en la capacidad de las algas para producir oxígeno y una interrupción de las operaciones municipales de tratamiento de agua (Guato y Rumipamba, 2018, p.30).

Según algunos estudios, los residuos orgánicos pueden utilizarse para tratar las aguas residuales de la industria textil. Uno de estos estudios fue realizado por Balladares (2018, p. 1) Se realizó un estudio de veinte días en la ciudad de Ambato en la provincia de Tungurahua, donde se trataron las aguas residuales de las industrias de lavadoras de moda de jeans utilizando como filtro la cáscara de naranja. Se tomaron y analizaron dos muestras cada cinco días, una antes y otra después del filtrado. Según TULSMA, los parámetros que se estudian para determinar la eficacia de la

piel de naranja son: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y color. En base al análisis del agua remanente se determinó la eficiencia del filtro con mayor índice de remoción: DQO = 90,83%, DBO5 = 93,03%, Color = 71,02%, permitiéndonos afirmar que la piel de naranja ayuda a reducirla. Los parámetros mencionados nos dan una contaminación importante en la tubería de la lavadora de jeans (Balladares, 2018, p.5).

Por otro lado, aunque la cáscara de coco es un desecho agrícola industrial, es una fuente natural de fibra, con un contenido promedio de 36% de celulosa, 25% de hemicelulosa y 28% de lignina. Su uso para tratar y eliminar contaminantes en aguas residuales e industriales representa un gran avance en la ciencia, en particular una patente de 2007 que busca demostrar la eficacia de este subproducto mediante el uso de mesocarpio de coco como biofiltro en aguas residuales. De igual manera, el estudio en el que se utilizó carbón activado de este material vegetal como separador y tratamiento de dureza, fenol, flúor, hierro, plomo y cromo en muestras de agua (Rondón, 2019, pp.128-129).

Particularmente con el plátano, en sus diversas variedades; ya sea con el fruto, o con los desechos, se han realizado varios estudios; entre ellos y además el más llamativo es el realizado por Rodríguez (2008, p.1) en el que el plátano demostró ser un biosorbente eficiente de uranio; el ya referido anteriormente de Trujillo (2014, p.6), con almidón de plátano; la tesis realizada por Ríos (2014, p.1), en la que se informa de las buenas propiedades de la biomasa del banano, en la remoción de arsénico, en aguas sintéticas; el estudio realizado por Gamarra (2014, p.3), que evaluó la capacidad de adsorción de la cáscara del banano (*Musa Paradisiaca*), de elementos como el plomo, hierro y manganeso presentes en las aguas de varias lagunas en sectores mineros cerca de la ciudad de la Paz en Bolivia, encontrando intercambio iónico entre la cáscara y el agua a tratar; el estudio de Araúz (2015, p.6), en el cual se analizó la capacidad de utilización del tanino extraído de la savia del tallo del banano (*Musa Paradisiaca*), con el fin de clarificar aguas de un lago de oxidación, logrando reducciones del 55% en la turbidez; el trabajo anteriormente nombrado de Kakoi (2016, p.5) en la remoción de turbidez, sulfatos, cobre, cromo, zinc y plomo con cáscaras de banano; la tesis presentada por Guzmán (2016, p.6), el estudio de Vejarano (2018, p.6) en el cual se analizó la capacidad de la biomasa de la cáscara del banano (*Musa Paradisiaca*), en la remoción de plomo (Pb) con resultados de hasta el 98% de eficiencia; Paca (2018, p.56) trabajó extrayendo el almidón de la cáscara del plátano seda (*Musa paradisiaca L.*), probando su capacidad coagulante en aguas del río Monjas en Ecuador (Ortiz, 2020, p. 24-25).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Industria del jean

El cantón de San Pedro de Pelileo, también conocido como la "Ciudad Azul", está situado en la provincia de Tungurahua, a 20 kilómetros de la ciudad de Ambato. Recibe su nombre por el color de la tela de mezclilla en la que se basa su desarrollo social y económico. El cantón es reconocido en todo el país como una región que ha desarrollado con éxito una industria desde hace más de 40 años, la producción de jeans. El proceso de elaboración se desglosa en los siguientes pasos: el primer paso es la selección del diseño y la confección, tras lo cual se cortan las telas en bruto, tela que no ha sufrido ningún tratamiento químico. Luego se etiqueta cada par de jeans. Luego pasamos al corte y etiquetado antes de comenzar el proceso de producción, que consiste en ensamblar y coser la prenda. El jean pasa por lavado químico y teñido después de ser ensamblado y cosido (Guato y Rumipamba, 2018, p. 1).

1.2.2. Descripción del proceso de lavado de jeans

Optimizar el proceso de teñido de prendas en cualquier industria requiere una evaluación integral de cada etapa del proceso, incluido el conocimiento del peso de la prenda, el tipo de tela y sus diferentes procesos: desgomado (prelavado), Stone, teñido, fijación, decoloración, neutralización, suavizado o acabado de prendas (Paredes, 2019, p. 11).

- **Desengomado**

Para un mejor acabado, suele ser el primer proceso que se aplica a la prenda. Implica el uso de enzimas para disolver y eliminar la goma que se ha aplicado al hilo de la tela. Las enzimas funcionan disolviendo la estructura del almidón en cadenas más pequeñas de sustancias solubles como maltosa, dextrina y azúcar (Barrera, 2015, p.2).

Se agregan tres productos para la etapa: un dispersante (1,20 g/L), un humectante (1 g/L) y una enzima alfa-amilasa (0,40 g/L). La cantidad de agua utilizada depende del número de prendas a desgomar; por ejemplo, 150 prendas requieren unos 400 litros de agua (Jurado y Suntaxi, 2020, pp. 10-11).

- Stone

Consiste en lavar el tejido con una piedra pómez, frotando mecánicamente las piedras en la superficie del tejido, dando el aspecto de un tejido gastado (Martínez, 2015, p. 20).

El procedimiento consiste en lavar la prenda en una solución de enzimas neutras que, según el tipo de enzima, le dan al producto terminado un tono turbio y un pH de 4 a 7. Entre 15 y 40 minutos a 40°C, la duración del proceso depende de la textura de la tela (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 11).

- Froster

Esta es la etapa que proporciona el mayor desgaste del color de la prenda, es decir, proporciona la mayor aparición de manchas blancas superficiales. El procedimiento consiste en añadir KMnO_4 durante 10 minutos a 40°C y un pH cercano a 10 (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 11).

- Neutralizado

Mantiene la resistencia de la tela o jeans original y evita la irritación de la piel causada por el exceso de oxidantes, en este paso se agregan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (2 g/L) y $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (1 g/L). A 60°C, se realiza durante 10 minutos (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 11).

- Teñido

Crea el tono adecuado para la textura rugosa según sea necesario. En este punto se introducen los auxiliares: igualante 1g/L, secuestrante 2g/L, sal 5g/L, álcali 1g/L, colorante 0,066g/L. El proceso se realiza durante 40 minutos a 60 °C con un pH de 11 para el efluente (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 11).

- Fijado

Para aumentar la resistencia del color a los efectos del lavado y la luz, se aplican productos químicos después del proceso de tintura (Malusin, 2019, p. 12). El pH del efluente líquido, que se descarga después de un lavado con fijador de 0,5 g/L durante 10 minutos a 50 °C, es de 5 (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 11).

- Blanqueo

Se hace para limpiar la prenda. Entran en esta etapa: humectante 0,50 g/L, detergente 0,50 g/L, lejía 0,25 g/L, NaOH 2 g/L, estabilizador 1 g/L y H₂O₂ 3 g/L. El lavado se lleva a cabo a 70°C durante 15 minutos (Jurado y Suntaxi, 2020, pp. 11-12).

- Suavizado

El proceso involucra el uso de suavizantes industriales a 40°C por 10 minutos para darle a la tela una textura suave y brillante. El pH del efluente líquido es 5 (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 12).

- Centrifugado

El proceso consiste en eliminar el agua de la ropa que sale de la lavadora, se desecha el exceso de piedra pómez y se centrifuga la ropa para eliminar la mayor parte del agua (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 13).

- Secado

Este proceso consiste en sacar la ropa de la centrifuga y colocarla en la secadora para eliminar cualquier resto de humedad (Malusin, 2019, p. 13).

1.2.3. Agua residual proveniente del lavado de jeans

La industria textil es una de las que más agua consume, ya que el proceso de fabricación requiere una media de 80 litros de agua por prenda y genera grandes cantidades de aguas residuales (Balladares, 2018, p. 9).

Una de las fases más intensivas en agua es el ciclo de acabado (lavado y aclarado), especialmente en empresas especializadas en tintura textil, que contiene concentraciones muy altas de compuestos como colorantes, detergentes, disolventes, entre otros. Por lo tanto, estas aguas residuales contienen altas concentraciones de demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión (SS), sólidos totales (TS), metales pesados, sales y, además, baja biodegradabilidad. Antes de ser vertidas a cualquier cuerpo de agua natural, las aguas residuales de todos los anteriores deben ser tratadas (Morales et al., 2017, p. 581).

1.2.4. Características del agua en la industria textil

Como se mencionó anteriormente, el proceso típico de obtención de tejido de mezclilla genera una gran cantidad de aguas residuales. Esta se divide en varias aguas residuales, cada una con propiedades diferentes. En última instancia, por lo tanto, la corriente es captada de alguna manera por una multitud de contaminantes ambientales. Estos son los contaminantes más destacados que se encuentran en las aguas residuales:

Color: La mayoría de los efectos de color son provocados por los restos de agua de los procesos de teñido y lavado. El tinte se usó para darle color a esta agua. Aunque es uno de los principales problemas que enfrenta la industria textil, el efecto del color es principalmente estético. Este es el caso debido a la alta concentración del tinte en las aguas residuales y su alta resistencia a la degradación oxidativa o inducida por la luz (Sepúlveda, 2019, p. 9).

Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Sólidos en Suspensión Totales (SST): La mayoría de los restos de fibra o partículas coloidales sobrantes arrastradas durante las distintas etapas del proceso son las que crean los sólidos que están presentes en el agua. Por un lado, afectan a la estética del agua, dándole color y sensación de suciedad, lo que rebaja la calidad del agua. TDS y SST, por otro lado, pueden ser tóxicos para los seres vivos y evitar la reutilización del agua en aplicaciones como la agricultura (Sepúlveda, 2019, p. 9).

DBO5 y DQO: Dos factores, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO), determinan la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales. La biodegradabilidad del agua se revela por estos dos elementos cuando se consideran colectivamente. Los valores altos de DBO5 y DQO producen aguas residuales altamente contaminadas y potencialmente tóxicas tanto para el medio ambiente como para los seres vivos. Como resultado, los niveles de estos dos parámetros deben disminuir (Sepúlveda, 2019, p. 9).

Metales tóxicos: Los metales tóxicos pueden estar presentes en el agua porque son impurezas sobrantes de los productos utilizados para tratarla. Los complejos metálicos en el proceso de aplicación del tinte también pueden provocar su aparición. El cromo es la sustancia que se descubre con mayor frecuencia en estas situaciones. Como su nombre lo indica, deben eliminarse del efluente final de aguas residuales porque son tóxicos para los animales, las plantas y la vida acuática en general (Sepúlveda, 2019, p. 10).

Otros compuestos: En algunas etapas del proceso se utilizan compuestos derivados tanto del cloro como del azufre. Si no se eliminan, estas sustancias pueden reaccionar con el oxígeno del agua para disminuir su concentración. Estas sustancias también deben reducirse porque pueden causar reacciones que den como resultado subproductos tóxicos. Adicionalmente, la remoción de aceites y grasas que han sido separados de la materia prima es de suma importancia debido a que su presencia puede dañar la maquinaria utilizada para el tratamiento de aguas residuales (Sepúlveda, 2019, p. 10).

1.2.5. Tratamientos de aguas residuales de la industria textil

El método más popular de tratamiento de efluentes de la industria textil es el proceso de coagulación-floculación (C-F), seguido de filtración por arena. Los avances más destacables en el tratamiento de efluentes de esta industria, según investigaciones recientes, son los procesos de oxidación avanzada y los tratamientos microbianos, que potencian la eficacia del tratamiento. El tratamiento por biofiltración, que normalmente consiste en la filtración a través de una columna vertical utilizando un lecho orgánico, es otra metodología utilizada para este fin. Esto se debe principalmente a que es menos costoso de implementar y operar que los tratamientos antes mencionados. Este "lecho" se puede construir a partir de una variedad de materiales orgánicos, la mayoría de los cuales tienen alta porosidad, adsorción y capacidad de absorción. Se han estudiado quitosano, cáscaras de limón, turba y otros materiales, por nombrar algunos (Morales, 2017, p. 581).

1.2.5.1. Coagulación – floculación

Para mejorar la capacidad de un proceso de separación física, que generalmente se lleva a cabo mediante sedimentación o filtración, la coagulación-floculación es un procedimiento de tratamiento químico del agua que se usa con frecuencia. Una masa gelatinosa que produce la coagulación atrapa (o aglutina) las partículas y aumenta su tamaño para que puedan quedar atrapadas en el filtro o sedimento además de neutralizar las cargas. Estas partículas se fusionan en masas más grandes que se asientan más fácilmente o se pueden filtrar después de moverlas suavemente o agitarlas mediante floculación (Mazille, 2019, p.5).

En ambos procesos se deben agregar coagulantes al proceso de tratamiento del agua, junto con la agitación física. Esto optimiza los costos de tratamiento, la calidad del agua y el tiempo de procesamiento. Al acelerar el tiempo que tardan las partículas en asentarse, estos procesos transforman el agua turbia en agua clara. Estas motas se pueden filtrar después de que se hayan asentado (Lmi, 2019, p.1).

Los coagulantes pueden ser orgánicos o inorgánicos y se utilizan ambos tipos. Las sales inorgánicas, también conocidas como coagulantes inorgánicos, suelen ser sales de aluminio o hierro. El cloruro férrico y el sulfato de aluminio, también denominados alumbre, son bien conocidos y se usan con frecuencia (Lmi, 2019, p.1).

Después de la sedimentación, el procedimiento de coagulación-floculación se utiliza con frecuencia como pretratamiento o como paso de postratamiento (Mazille, 2019, p.1).

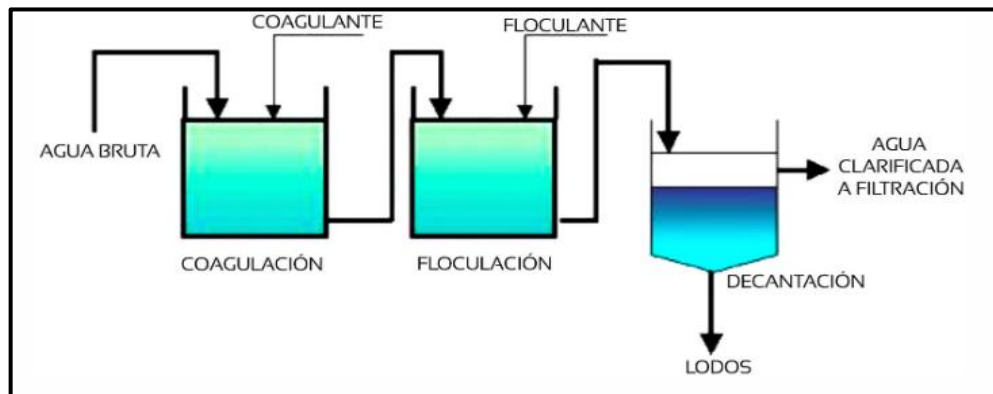


Ilustración 1-1: Proceso de coagulación-floculación en una planta potabilizadora

Fuente: Mazille, 2018.

- Coagulantes

Un coagulante es una sustancia química que, cuando se agrega al agua, tiene la capacidad de provocar una reacción química con la composición química del agua, especialmente con la alcalinidad del agua, formando generalmente un precipitado denso y altamente hidrofílico que contiene metales (Lemache y Silva, 2016, p.38).

- Coagulantes químicos

El sulfato de aluminio, el aluminato de sodio, el cloruro de aluminio, el cloruro de polialuminio, el cloruro férrico, el sulfato férrico y los polielectrolitos son los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el flóculo (Cordero, 2014, citado en Lemache y Silva, 2016, p.38).

- Sulfato de Aluminio

Se combinan para crear un flóculo ligeramente pesado. Los más conocidos son el aluminato de sodio, el sulfato de aluminio amoniacal y el sulfato de aluminio, también conocido como alumbre. Dado su bajo costo y su manejo comparativamente sencillo, el primero es el más utilizado (Cordero,

2014, p.6). El sulfato de aluminio es un compuesto inorgánico; la sal de fórmula $Al_2(SO_4)_3$ es un sólido o líquido, que puede ser marrón o blanco dependiendo de la fuente. Se utiliza comúnmente como floculante en la industria papelera y en la depuración de agua potable en la industria (Lemache y Silva, 2016, p.38).

- Sales de Hierro

Son utilizados el cloruro férrico, sulfatos férricos y ferrosos. Forman flóculos más pesados que sedimentan más rápido que las sales de aluminio (Cordero, 2014, p.7). En el tratamiento de aguas residuales y agua de riego para industrias agrícolas, el sulfato férrico se utiliza como coagulante (Lemache y Silva, 2016, p.38).

- Sulfato Férrico

Es un coagulante que se emplea en el tratamiento de aguas residuales, tratamiento de agua de riego y procesos de tratamiento de agua potable humana en la agricultura industrial (Cordero, 2014, p.8). Se emplea en el sector minero para filtrar metales pesados del agua utilizada para la extracción de materiales. (Lemache y Silva, 2016, p.41). Se utiliza para eliminar partículas coloidales en suspensión y metales pesados de origen industrial de efluentes de procesos industriales (Lemache y Silva, 2016, p.42).

- Cloruro Férrico

Tanto el agua potable como las aguas residuales se purifican con él. Cuando el $FeCl_3$ reacciona con iones de hidróxido en medios acuosos débilmente básicos, produce flóculos de $FeO(OH)$ que pueden eliminar los sólidos en suspensión. Debido a que el cloruro de hierro (III) se hidroliza cuando se disuelve en agua y genera calor en una reacción exotérmica, se utiliza como coagulante en el tratamiento de aguas y aguas residuales. El resultado es una solución ácida y corrosiva. Adicionalmente, principalmente en filtros prensa, se utiliza para acondicionar lodos orgánicos previo a su deshidratación. También se utiliza para la eliminación de fósforo como paso final en el tratamiento de aguas residuales (Lemache y Silva, 2016, p.48).

- Policloruro de Aluminio

El pH ideal para la coagulación podría ser más alto que cuando se usa alumbre. En aguas con alta alcalinidad, el pH de la coagulación y la distribución pueden ser idénticos. El PAC se puede utilizar frecuentemente en procesos de coagulación sin alcalinización. En comparación con el

alumbre, el PAC se desempeña mejor en la eliminación de sustancias orgánicas. Con PAC, los problemas con el agua fría y un proceso lento de formación de flóculos se resuelven con frecuencia porque reacciona más rápidamente que el alumbre (Ortega, 2009; citado en Lemache y Silva, 2016, p. 38). Los coagulantes PAC se han desarrollado en una variedad de grados a lo largo de los años. Una porción del grupo cloruro puede ser reemplazada por sulfatos, los productos pueden tener una basicidad diferente o pueden ser sólidos o líquidos. Es posible lograr una floculación muy rápida con una dosis química muy pequeña si se agrega un floculante junto con el coagulante polimerizado (Lemache y Silva, 2016, p.48).

- Coagulantes Naturales

Los coagulantes naturales son sustancias que se disuelven en agua y provienen de plantas o animales. Funcionan como coagulantes sintéticos porque recolectan sólidos en suspensión en el agua cruda, lo que les permite reducir la sedimentación y la contaminación en primer lugar. Algunos de estos coagulantes también tienen propiedades antimicrobianas, lo que explica cómo reducen o eliminan por completo la cantidad de microorganismos patógenos, que son los que pueden causar enfermedades (Arboleda, 2000, p.9).

Algunos de ellos actúan como coagulantes sintéticos, floculan las partículas suspendidas que se encuentran en el agua cruda, facilitan su deposición y disminuyen la turbidez inicial. Otros tienen propiedades floculantes. En muchos lugares ha sido utilizado empíricamente por nativos para trabajar con agua turbia con muy buenos resultados (Romero, 2002, p.5). Debido a que se deriva de la naturaleza, es seguro para los humanos y el lodo generado es biodegradable, por lo que también se puede utilizar en la agricultura (Lemache y Silva, 2016, p.45).

1.2.5.2. Electrocoagulación

Para eliminar los contaminantes del agua que están suspendidos, disueltos o emulsionados, se utiliza un proceso conocido como electrocoagulación. En esta tecnología se utilizan placas metálicas paralelas de diferentes materiales, con mayor frecuencia hierro y aluminio, para generar una corriente eléctrica en las aguas residuales. La corriente eléctrica proporciona una fuerza electromotriz que induce reacciones químicas que desestabilizan la forma en que reside el contaminante, ya sea en suspensión o emulsión. En el medio acuoso, los contaminantes se agregan posteriormente para producir coloides y partículas sólidas relativamente insolubles. Si esto sucede, se puede usar la separación secundaria para eliminar fácilmente los contaminantes que forman cargas y/o los restos hidrofóbicos (Alvarado, 2005, p. 50).

Al disolver los iones de aluminio o hierro de los electrodos de aluminio o hierro, respectivamente, el coagulante se produce in situ durante la electrocoagulación. Para ayudar a que las partículas floculadas floten y se eliminen, se producen iones metálicos en el ánodo y se liberan burbujas de gas hidrógeno en el cátodo (Alvarado, 2005, p. 50).

La electrocoagulación se utiliza para eliminar contaminantes de una amplia variedad de aguas residuales, como las de la industria galvánica, la galvanoplastia de metales, las fábricas de embalaje, la industria del papel, las peleterías, las acerías, las aguas residuales que contienen cromo, plomo o mercurio y las aguas residuales aceitosas como de talleres de máquinas, refinerías, talleres de automóviles, transporte, almacenamiento y distribución de aceites, efluentes de la industria alimentaria, lavanderías e industria textil, y finalmente se utilizaba para eliminar contaminantes de aguas destinadas al consumo humano y residuos domésticos (Alvarado, 2005, p. 50).

- Celda para la electrocoagulación

La celda electroquímica más simple, que está conectada a una fuente de energía externa y tiene su ánodo y cátodo dispuestos verticalmente, sirve como reactor para la electrocoagulación por lotes. El material anódico experimenta corrosión eléctrica por oxidación mientras que el cátodo es pasivo. El diseño de un solo par de electrodos no es ideal para el proceso porque se necesitan electrodos con grandes áreas de superficie para lograr una velocidad suficiente de disolución del metal. Esta es la lógica detrás del uso en paralelo o en serie de celdas con electrodos monopolares. Para que el sistema de electrocoagulación lea los valores actuales, se necesita una fuente de alimentación de cc (corriente continua), un regulador de densidad de corriente y un multímetro (Alvarado, 2005, p. 51).

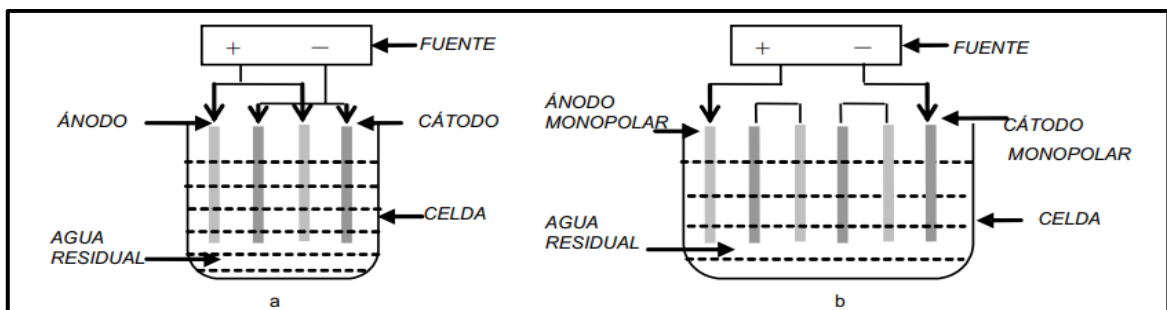


Ilustración 1-2: Reactores para electrocoagulación tipo Bach: (a) Reactor con electrodos monopolares en paralelo, (b) Reactor con electrodos monopolares en serie.

Fuente: Arango, 2005.

1.2.5.3. Filtración

Las aguas residuales se tratan frecuentemente con este método. En un filtro biológico, también conocido como percolador, las aguas residuales se mezclan con biomasa que se ha fijado a un medio de soporte en lugar de filtrarse o tamizarse. Su objetivo es asegurar una mayor calidad de los efluentes provenientes de aguas residuales domésticas o industriales mediante la remoción de sólidos, material no sedimentable, turbidez, fósforo, DBO, DQO, metales pesados y virus (Malusin, 2019, p. 27).

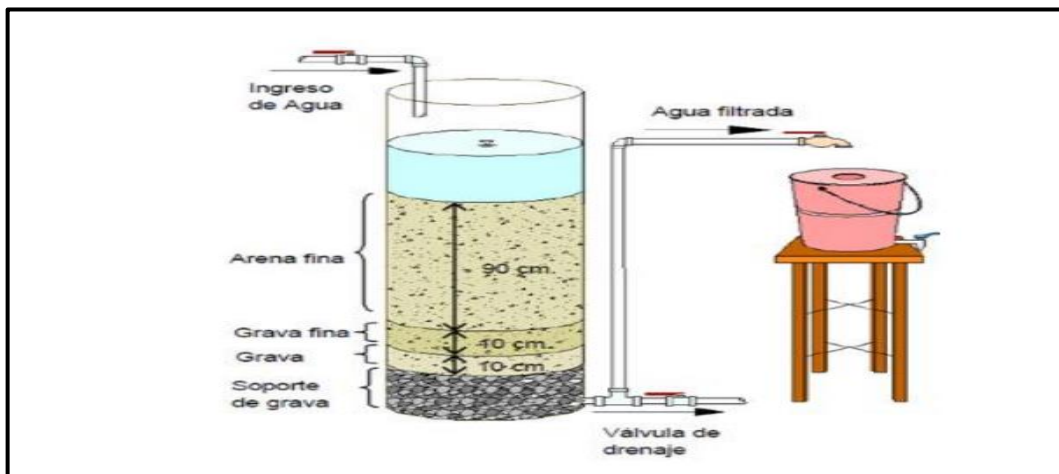


Ilustración 1-3: Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de un filtro

Fuente: Malusin, 2019.

- Tipos de filtros

Los filtros de gravedad, también conocidos como filtros lentos, y los filtros de presión, también conocidos como filtros rápidos, son las dos categorías principales de filtros:

Filtros lentos o de gravedad: Se le conoce como filtro lento y tiene un lecho de grava y arena a través del cual el agua es forzada únicamente por la gravedad. Por esta razón, los filtros de gravedad también se conocen como filtros lentos. Dada la lenta velocidad de filtración de este tipo de filtros, se necesita una superficie de filtración considerable (Malusin, 2019, p. 31).

Filtro rápido o filtro a presión: Similar a un filtro de gravedad, este filtro está construido con varias capas de grava y arena, con la grava más fina en el fondo y la más gruesa en la parte superior. El efluente, o agua filtrada, también se recolecta en una configuración de tubería o colector en la parte inferior del filtro. El agua también fluye hacia abajo y se distribuye desde la parte superior del filtro. A diferencia de un filtro rápido, que usa la presión de una bomba para

forzar el agua a través de sus diversas capas de material filtrante, un filtro lento usa la gravedad para mover el agua a través de sus medios (Malusin, 2019, p. 31).

- Presión hidráulica

Un fluido que se utiliza para generar fuerza es parte de un sistema cerrado. Al usar la presión del fluido hidráulico para generar una fuerza, la energía hidráulica ofrece una de las formas más simples y efectivas de producir cantidades significativas de fuerza dentro de un espacio pequeño. El fluido se moverá por igual en todas las direcciones de presión cuando se aplica presión a un fluido incompresible en equilibrio en un recipiente con paredes indeformables en un punto específico, según la ley de Pascal. Esto indica que es posible multiplicar una pequeña fuerza un número considerable de veces utilizando la presión hidráulica como medio. Las unidades de fuerza por unidad de área se utilizan para medir la presión hidráulica, como bar (kg/cm²) o PSI (libras de fuerza por pulgada cuadrada). Naturalmente, cuando un fluido está en reposo, la presión del agua es la misma en todas las direcciones, independientemente de dónde se encuentre dentro del fluido. Una bomba hidráulica genera presión hidráulica al inyectar fluido en un cilindro a través de mangueras hidráulicas flexibles unidas a la entrada del cilindro mediante un acoplador rápido (Hi-force, 2019, p. 31).

1.2.6. Carbón activado

Se puede utilizar una variedad de materias primas carbonáceas para crear el carbón poroso conocido como carbón activado. La cáscara de coco, el carbón, la turba y la madera se utilizan para fabricar la mayoría de los productos comerciales. Cuando se activa la materia prima, se le da un tratamiento químico o de vapor para crear una estructura porosa.

Desde la superficie de la gran superficie interna del carbón activado, están presentes las fuerzas de atracción. Las moléculas de los gases y líquidos cercanos se atraen entre sí por estas llamadas fuerzas de Van der Waals. Debido a las fuerzas de atracción y las moléculas del medio circundante, las moléculas se adsorben en la superficie del carbón activado. Es posible separar moléculas porque las estructuras de algunas moléculas las hacen más fáciles de adsorber que otras (Eurocarb, 2019, p.1).

1.2.6.1. Forma del carbón activado

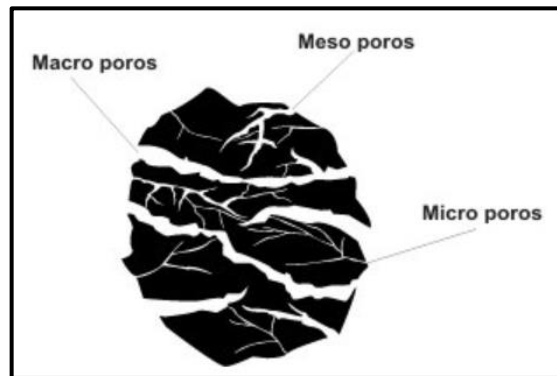


Ilustración 1-4: Forma del carbón activado

Fuente: Eurocarb, 2019.

El carbón activado es carbón producido a partir de varias materias primas de carbón. La mayoría de los productos industriales están hechos de madera, carbón vegetal, turba y cáscaras de coco. Durante el proceso de activación, la materia prima se trata con vapor o compuestos químicos para crear una estructura porosa. En la gran superficie interna del carbón activado, las fuerzas de atracción son visibles. Las moléculas de los gases y líquidos en el entorno inmediato son atraídas unas hacia otras por estas llamadas fuerzas de Van der Waals. Debido a las fuerzas de atracción entre las moléculas del medio circundante y la superficie del carbón activado, las moléculas se adsorben allí. Es posible separar moléculas porque las estructuras de algunas moléculas las hacen más fáciles de adsorber que otras (Camacho, 2021, p.7).

1.2.6.2. Función del carbón activado

Para adsorber moléculas orgánicas en sus diminutos poros, el carbón activado sirve como medio de adsorción. Se activa mediante procesos térmicos o químicos para potenciar su capacidad de adsorción (para crear poros) (Carbotecnia, 2020, p. 1).

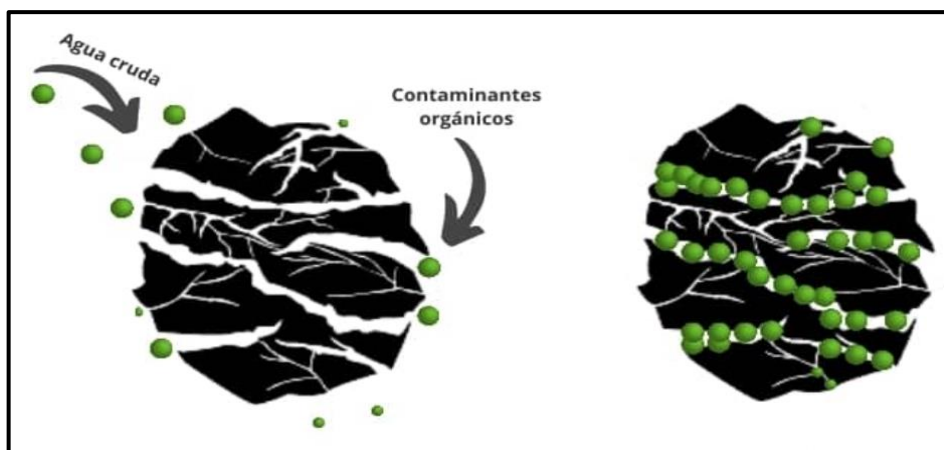


Ilustración 1-5: Grano de carbón activado virgen y grano de carbón agotado

Fuente: Carbotecnia, 2020.

1.2.6.3. Capacidad de adsorción del carbón activado

Un diámetro de perforación apropiado oscila entre una y cinco veces el tamaño de la molécula que debe adsorberse. Además de su área de superficie, la proporción de poros de tamaño adecuado en el carbón activado afecta qué tan bien puede contener una sustancia. Si se cumple este criterio, la capacidad va del 20% al 50% de su propio peso (Carbotecnia, 2020, p. 1).

1.2.7. Plátano verde

Uno de los principales productos que se cultivan en el Ecuador es el banano (*Musa paradisiaca*), miembro de la familia de las Musáceas, de fácil transporte y almacenamiento (Elbehri et al., 2015, p. 1). Según la Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador (AEBE), Ecuador exporta más banano que cualquier otro país del mundo. Las exportaciones de banano en 2018 aumentaron un 6% con respecto al año anterior a 344 millones de cajas (Hurtado, 2019, p. 7). Las cáscaras de plátano, que representan del 35 al 40 % de la fruta, son un subproducto importante del procesamiento industrial del plátano y dejan un residuo que se puede reciclar. La cáscara de plátano es una buena fuente de potasio, fibra dietética, proteína, aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales (Blasco y Gómez, 2014, p. 1) y está compuesta principalmente por celulosa (10 a 50%) y hemicelulosa (14%), además de lignina (17%) (Castro, 2015, p. 8). Por sus características, la cáscara de plátano ha sido utilizada en una serie de estudios, según Castro (2015, p. 8) la utilizó para obtener enzimas ligninolíticas y celulolíticas a partir de diversas clases de hongos para la bioadsorción de metales pesados (Jurado y Suntaxi, 2020, p. 45).

1.2.7.1. Cáscara de plátano verde como coagulante natural

Debido a su alto contenido de almidón y propiedades coagulantes únicas, los bananos (fruta, cáscara, desechos de biomasa y pseudotallo) se describen como coagulantes potenciales (Ortiz, 2020, p. 18). El estudio de (Carrasquero et al., 2017, p.6), informa que trabajaron con la pulpa del fruto del banano (*Musa paradisiaca*), en la clarificación de aguas, obteniendo buenos resultados y eficiencias superiores al 89%, en la remoción de la turbidez (Ortiz, 2020, p. 24).

El estudio de (Vejarano et al., 2018, p.2) en el cual se analizó la capacidad de la biomasa de la cáscara del banano (*Musa Paradisiaca*), en la remoción de plomo (Pb) con resultados de hasta el 98% de eficiencia; (Telenchano, 2018, p.7) trabajó extrayendo el almidón de la cáscara del plátano seda (*Musa paradisiaca* L.), probando su capacidad coagulante en aguas del río Monjas en Ecuador; y más recientemente el estudio de (Campos y Porras, 2019, p.9), mostró la efectividad en la remoción de hierro y manganeso de más del 80%, en agua extraída de un pozo, en Mayobamba, ciudad ubicada en la región norte del Perú, usando un filtro casero compuesto de arena y grava cuarzosa y harina de la cáscara de plátano (*Musa spp*) (Ortiz, 2020, p. 25).

1.2.8. Naranja

La naranja es una baya única que está formada por una parte intermedia que va unida a la anterior y es blanquecina y esponjosa (fibra). La parte intermedia es más o menos rugosa y de color anaranjado y presenta numerosas glándulas que contienen aceites esenciales. Por último, tiene una parte interna segmentada y desarrollada. El interior del fruto, que consta de siete a doce segmentos carnosos con vejigas rebosantes de jugo, se conoce como endocarpio y está formado por la piel exterior, también conocida como exocarpio o pericarpio, la capa blanca, también conocida como mesocarpio, y el interior de la capa blanca (Balladares, 2018, p. 9).

Citrus sinensis o piel de naranja, es una biomasa orgánica que generalmente se desecha cuando se extrae el jugo de naranja; representa entre el 40 y el 45 % del peso de una naranja. Como se ve en la ilustración 6-1, la composición interna de la piel de naranja está formada por cavidades porosas que están llenas de aceites esenciales, polifenoles, carbohidratos y agua. La cáscara se puede utilizar como biosorbente para eliminar metales pesados como el plomo, así como en procesos industriales y agrícolas (Fabara, 2020, p. 7).

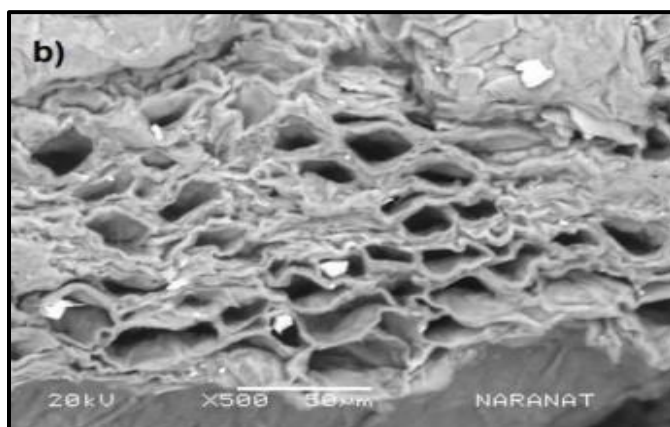


Ilustración 1-6: Estructura de la cáscara de la naranja.

Fuente: Fabara, 2020.

1.2.8.1. Cáscara de naranja como medio filtrante

Muchos autores utilizan la piel de naranja para la bioadsorción de metales pesados. En 2005, Pinzón realizó un estudio cualitativo debido a su característica como biosorbente y demostró que se puede utilizar como adsorbente para la eliminación de metales como el Cr (III) en soluciones acuosas.

Muñoz (2007, p. 6) investigó la remoción de Pb (II), reportando que a pH 5 se obtuvieron 0,2 g de cáscara de naranja (biosorbente) con tratamiento de entrecruzamiento y 50 ml de Pb (II) para biosorción de Pb de 141,50 mg/g de (II). Asimismo, Villanueva (2007, p.7) obtuvo una bioadsorción máxima de Cu (II) de 36,10 mg/g a un pH de 4,86 en 0,5 g de biomasa (piel de naranja) tratada con CaCl₂. Montero (2007, p. 3) desarrolló una columna de 16 cm que contenía 4 g de biosorbente seco y 250 mL de cromo hexavalente usando cáscaras de naranja pre-secadas para calibrar y evaluar un sistema continuo para la remoción de Cr (VI) de soluciones acuosas.

Alcanzó una capacidad de biosorción máxima de 6,188 mg/g, y la tasa de eliminación fue de alrededor del 97,07%. Rozas (2008, p. 7) usó chacay como carbón activado recubierto con quitosano para remover Cr (VI) con 25 mg de biosorbente a pH 7 y obtuvo 94.83% de remoción (Gutiérrez et al., 2013, p. 3). Soto (2009, p. 4) utilizó un procedimiento de entrecruzamiento para obtener una capacidad máxima de biosorción de Cu (II) de 91 mg/g por albedo de piel de naranja, utilizando un biosorbente de pH 5, biosorbente de 0,25 g/l, un tamaño de partícula entre 250 -500 m, y una concentración de 20 a 100 mg/l Cu (II). Todo lo mencionado anteriormente demuestra que la piel de naranja se puede utilizar como biosorbente de metales pesados (Gutiérrez et al., 2013, p. 4).

1.2.9. Coco

El mesocarpio, el endocarpio y el endospermo son los tres componentes principales del coco. El endocarpio, que tiene unos 5 mm de espesor y recubre la pulpa comestible, es una sustancia muy dura. Entre 3 y 5 cm de espesor, o el 35% del fruto, es el espesor del mesocarpio o corteza del coco. Las fibras, principalmente lignina y celulosa, constituyen el 90% del mesocarpio. La longitud de las fibras oscila entre 15 y 30 cm (Cabezas y Gallardo, 2018, p. 12).

A nivel mundial, el coco es una sustancia biodegradable. La cáscara de coco, que constituye el 90% del volumen de la materia prima, también es un material de desecho; solo del 5% al 6% se utiliza para producir aceite.

1.2.9.1. Cáscara de coco como medio filtrante

La capacidad de la cáscara de coco para retener las partículas en su interior se debe a la estructura molecular similar a una esponja de su material. La cáscara de coco se convierte así en un material muy intrigante que puede eliminar contaminantes orgánicos de manera muy efectiva porque tiene una estructura interna que puede absorber otras sustancias. También es un producto altamente resistente al desgaste.

La extracción de carbón de las cáscaras de coco implica la descomposición de restos vegetales y el posterior calentamiento con gases, lo que produce poros o espacios en el interior del carbón que atrapan tanto químicos como minerales como el oro, metales preciosos y contaminantes orgánicos.

El carbón activado desarrolla poros que permiten que los químicos se absorban o queden atrapados en la superficie del carbón. Como resultado de su alta porosidad, la sustancia es retenida por moléculas o iones que son adsorbentes (Pochteca, 2019, p.4).

Si bien la cáscara de coco es un desecho agroindustrial, es una fuente de fibra natural con un promedio de 36% de celulosa, 25% de hemicelulosa y 28% de lignina. Ha habido importantes avances científicos en su uso para purificar y eliminar contaminantes de aguas residuales y aguas industriales, incluida una patente de 2007 sobre el uso de mesocarpio, coco como material de filtro biológico en sistemas de tratamiento de aguas residuales. También se destacan estudios que utilizaron carbón activado del endocarpio y mesocarpio de este material vegetal como removedor y reciclador de durezas, fenoles, fluoruro, hierro, plomo y cromo en muestras de agua (Rondón et al., 2019, p. 12).

1.3. Normativa ambiental

1.3.1. Anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes:

- Recurso agua

El propósito de esta norma es prevenir y controlar la contaminación ambiental relacionada con los recursos hídricos.

- Aguas residuales

Agua de cualquier composición procedente de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, ganaderos y domésticos (incluido el fraccionamiento) y en general de cualquier otro uso que haya deteriorado su calidad original.

- Descargar

La descarga, infiltración, deposición o rociado continuo, periódico o accidental de aguas residuales en un receptor o sistema de alcantarillado.

- Efluente

Líquidos de procesamiento, procesos de fabricación u operaciones.

1.3.2. Criterios de calidad para aguas de uso industrial

Se entiende por aprovechamiento industrial del agua su utilización en las siguientes actividades:

- a) Los procesos relacionados o complementarios a los procesos de fabricación y/o industriales han cambiado o se han desarrollado.
- b) Generación de energía
- c) Minería.

Existe la necesidad de aplicar estándares de tecnologías limpias que reduzcan o eliminen los desechos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos) para uso industrial, lo que implica satisfacer diversas especificaciones de calidad para diversos procesos.

1.3.3. Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

Las actividades que están prohibidas incluyen el lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, el uso de aspersores manuales y aéreos, y el uso de recipientes que actualmente contienen o han contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Vierta los residuos líquidos sin tratar en el sistema de alcantarillado.

Los líquidos descargados de las plantas de tratamiento de agua no serán tratados en el sistema de aguas residuales a menos que la planta de tratamiento tenga una capacidad receptora que esté operativa o programada en el plan maestro o plan de control de contaminación. En este caso, se debe obtener un permiso de la autoridad ambiental nacional o de la autoridad ambiental correspondiente.

Cualquier sustancia que pueda obstruir los colectores o sus accesorios, producir vapores o gases explosivos, tóxicos o desagradables, o deteriorar significativamente los materiales de construcción, no puede eliminarse en un sistema de alcantarillado público sanitario, combinado o pluvial. Esto incluye, entre otras cosas, las sustancias y materiales enumerados a continuación:

- a) Pedazos de piedra, cenizas, vidrio, arena, basura, fibras, pedazos de cuero, textiles, etc. (Aun después de triturados, no se deben descargar sólidos).
- b) Plásticos, hidróxido de calcio, cemento y resinas sintéticas.
- c) Residuos líquidos con tendencia a endurecerse, como los restos de betún, alquitrán, látex, malta y levadura.
- d) Gasolinas, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos y álcalis.
- e) El cianuro, el ácido hidrazoico y sus sales, los carburos productores de acetileno y las sustancias tóxicas.

Para aquellos sujetos a regulación, la EPS podrá solicitar al Ente de Control Ambiental el permiso necesario para descargar parcial o totalmente los efluentes a la red de alcantarillado si su calidad excede los estándares establecidos por la norma vigente para la descarga a la red de alcantarillado. La EPS deberá apegarse a las restricciones de descarga establecidas en esta Norma para un cuerpo de agua.

Las concentraciones de la Tabla 1-1 corresponden a valores promedio diarios, y las actividades reguladas deben cumplir con al menos las normas antes mencionadas al momento de descargar los residuos al sistema de alcantarillado (TULSMA, 2003, p.1).

Tabla 1-1: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisibles
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Potencial de hidrógeno	pH	-	6-9
Sólidos sedimentables	-	mg/l	20,0
Sólidos suspendidos	-	mg/l	220,0
Sólidos totales	-	mg/l	1600,0
Sulfuros	-	mg/l	1,0

Fuente: Anexo I del Libro VI del TULSMA, 2017.

Realizado por: Paredes, L., 2023.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización de la investigación

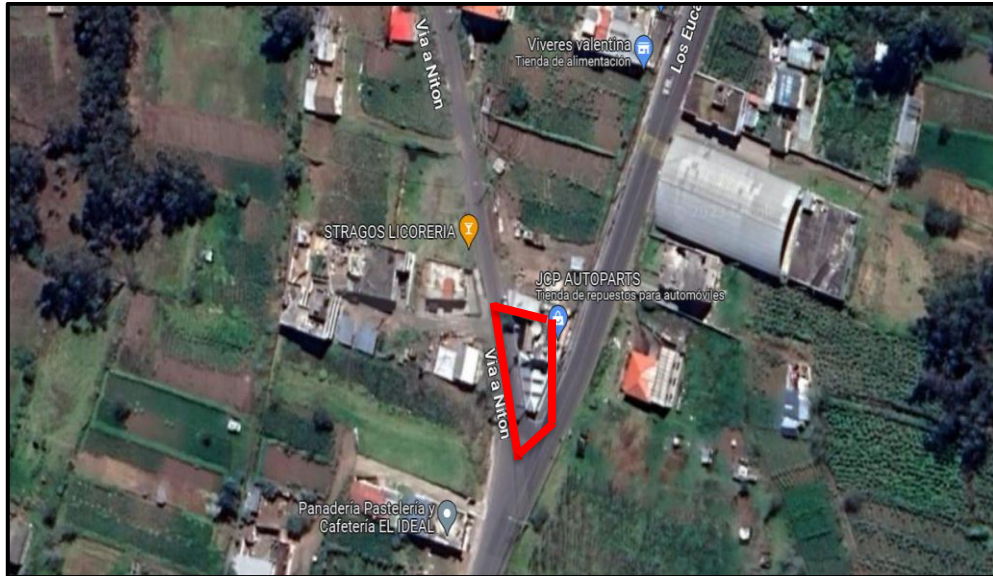


Ilustración 2-1: Ubicación de la lavadora “La raíz del jean”

Fuente: Google Maps, 2023.

Se recolectó muestras de agua en la lavadora de jeans “La Raíz del Jean” en el barrio La Libertad, cantón Pelileo, en la Provincia de Tungurahua, Ecuador.

La lavadora dispone de un almacén de aproximadamente 554m², las zonas de lavado, tintorería, productos químicos y almacenaje temporal de prendas confeccionadas están debidamente asignadas en el espacio asignado.

Funcionamiento básico de la lavadora La raíz del jean

Paso 1: Recepción, se recibe y registra la ropa para el lavado respectivo, puede ser duffle o denim.

Paso 2: Pesaje, el personal pesará la tanda de ropa a lavar.

Paso 3: Proceso

- **Desengome.** - Sólo es necesario eliminar las impurezas del tejido, en particular la goma o

cola que recubre la goma de urdimbre durante el proceso de tejido, para que el tejido sea más suave y apto para procesos posteriores. Sólidos, semi insolubles e insolubles son los tres tipos diferentes de removedores de adhesivos. Cada parada para esta actividad requiere 300 litros de agua, a 60 °C y un período de parada de 15 minutos. Las sustancias que se agregaron fueron:

Antiquebre	3 g/L	1500 g
Quimiquat o Resina	5 %	2500 g
Ácido Fórmico	0.1%	50 g

- **Focalizado.** - Permite el ajuste de color en el tejido mediante tipos específicos de piedras o productos químicos, envejeciendo el color del tejido sin envejecer el propio tejido, es decir, sin destruir el tejido. Cada parada utiliza 10 g/L de ácido acético y 50 g/L de agua.

Permanganato	50 g
Ácido Acético	10 g

- **Neutralizado.** - Se trata de utilizar agentes neutralizantes para eliminar los residuos químicos que quedan de los agentes blanqueadores. Debido a que se usa ácido para restaurar este pH, implica devolver el pH de la prenda a donde estaba antes del proceso anterior. Se utiliza 300L de agua. Las sustancias añadidas son:

Meta bisulfito de sodio	4%	1200 g
Acido oxálico	1%	250 g

- **Teñido.** - Dependiendo del tipo de algodón utilizado para confeccionar la prenda, se pueden aplicar diferentes tintes directos a la superficie del tejido. Cada parada en esta actividad requiere que la lavadora use 300 litros de agua, esté a 70 °C y dure 30 minutos.

Los químicos que se agregan son:

Igualante	0.3%	150 g
Estabilquest	0.3%	150 g
Carbonato de Sodio	1.0%	300 g
Secuestrante	1.0%	400 g
Colorante		2.0%

Sal	6.0%	18000 g
-----	------	---------

- **Fijado.** - Es el proceso en el que se utilizan químicos fijadores para asegurar que la tinta del jean se adhiera. Se utilizan 300 litros de agua en cada parada, que dura 15 minutos y requiere una temperatura de 40 °C. Las sustancias que se agregaron:

• Ácido acético	0.7%	200 g
• Fijador	5.0%	1500 g

- **Stone.** - Cada parada requiere 150 litros de agua, requiere una temperatura de 60 °C y dura 40 minutos. Se añaden las siguientes sustancias:

Ácido acético	0.65%	100 g
Encima acida	0.65%	100 g

- **Blanqueo.** - El proceso de decoloración tiene como objetivo limpiar la ropa para que se noten más los contrastes y darle brillo. Cada parada requiere 300 litros de agua, una temperatura de 70°C y un período de parada de 15 minutos. Se añaden las siguientes sustancias:

Brillo	0.3%	150 g
Peróxido de hidrogeno	1.0%	300 g
Supercling ultra	1.5%	350 g
Detergente	0.01%	30 g

- **Enjuague.** - Implica el uso de agua para lavar los residuos químicos. Consiste en la eliminación de residuos químicos utilizando 300L de agua. Cada parada recibe tres enjuagues.

- **Suavizado.** - Los procesos basados en enzimas que imparten suavidad al tacto evitan que la ropa se vuelva áspera. Cada parada requiere 300 litros de agua, una temperatura de 40°C y una duración de 10 minutos. Los productos químicos añadidos:

Novasilqat ultra (suavizante)	0.1 %	300 g
-------------------------------	-------	-------

Paso 4: Centrifugado, en este punto, la fuerza centrífuga hace que el agua se separe de la ropa, dejándola parcialmente seca.

Paso 5. Secado, para esto se utilizan secadoras industriales, y cada una tiene un tambor que hace girar la ropa mientras también les sopla aire caliente.

Paso 6. Despacho, la ropa terminada se empaqueta y entrega a los clientes de la lavadora en el paso final (Balladares, 2018, pp.31-34).

2.2. Tipo de investigación

El presente trabajo se trata de una investigación cuantitativa, debido a que se analizarán datos fisicoquímicos antes y después de implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales. Aplicada, porque tiene como fin disminuir los contaminantes de las aguas residuales provenientes de la industria textil mediante la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales utilizando desechos orgánicos naturales. Explicativa, porque detalla los métodos y técnicas utilizadas para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Experimental, porque se establecen dos grupos de estudio: Grupo Control y Grupo Experimental, ya que se propone un sistema de tratamiento de aguas residuales utilizando como medio filtrante cáscaras de naranja, coco y plátano verde, para la disminución de contaminantes de las aguas residuales de una industria textil, las cuales serán métodos experimentales. Hipotética- deductiva, porque parte de una hipótesis y se trata de probarla.

2.3. Diseño de la investigación

2.3.1. Cuasi experimental

Porque se realizará un grupo de control y una post prueba, además la toma de muestras no será al azar, por lo tanto, es no probabilístico.

2.3.2. Identificación de variables

Variable independiente: Sistema de tratamiento de aguas residuales

Variable dependiente: Disminución de contaminantes en las aguas residuales provenientes de una industria textil

Variable intermitente: Análisis de laboratorio (pH, conductividad, color, turbiedad, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos disueltos, sólidos totales, sulfuros).

2.3.3. Hipótesis de investigación

Un sistema de tratamiento de aguas residuales utilizando residuos orgánicos naturales como cáscara de plátano verde, cáscara de naranja y cáscara de coco seco, será eficiente para reducir los niveles de contaminantes de las aguas residuales de una industria textil.

2.4. Métodos y técnicas

2.4.1. Determinación de las propiedades físico – químicas de las aguas residuales generadas en la lavadora de jeans

2.4.1.1. Materiales

- 1 barril de 30 L
- 1 jarra de 4 L
- botellas plásticas de 2 L
- guantes y mascarilla
- Cooler
- Hielo

2.4.1.2. Método

- Primera recolección de muestra cruda

Se recolectó 2 litros de agua cruda de cada uno de los siguientes procesos: desengome, stone, oxidación, reducción, blanqueo, suavizado, con permanganato y 13 litros de agua estancada. Se obtuvo una muestra compuesta de 27 L en total.

Toda el agua cruda recolectada se mezcló en un tanque de 30 litros.

Para el análisis de laboratorio, se recolectó 2 litros de la mencionada muestra en una botella plástica con tapa, se la etiquetó y se la transportó hacia el laboratorio dentro de un cooler.

Se obtuvo un sobrante de 25 L de la muestra compuesta que se usó en la primera filtración, procedimiento que se detalla en el punto 2.9.2.1.

- Segunda recolección de muestra cruda

Se recolectaron 2 litros de agua cruda de cada uno de los siguientes procesos: desengome, stone, oxidación, reducción, blanqueo, suavizado, con permanganato y 13 litros de agua estancada. Es decir, se obtuvo una muestra compuesta de 27 litros en total.

Toda el agua cruda recolectada se mezcló en un tanque de 30 litros.

Para el análisis de laboratorio, se recolectaron 2 litros de la mencionada muestra en una botella plástica con tapa, se la etiquetó y se la transportó hacia el laboratorio dentro de un cooler.

Obteniendo un sobrante de 25 L de la muestra compuesta que se usará en la segunda filtración, procedimiento que se detalla en el punto 2.9.2.2.

- Tercera recolección de muestra cruda

Se recolectaron 2 litros de agua cruda de cada uno de los siguientes procesos: desengome, stone, oxidación, reducción, blanqueo, suavizado, con permanganato y 13 litros de agua estancada. Es decir, se obtuvo una muestra compuesta de 27 litros en total.

Toda el agua cruda recolectada se mezcló en un tanque de 30 litros. Para el análisis de laboratorio, se recolectaron 2 litros de la mencionada muestra en una botella plástica con tapa, se la etiquetó y se la transportó hacia el laboratorio dentro de un cooler.

Obteniendo un sobrante de 25 L de la muestra compuesta que se usará en la tercera filtración, procedimiento que se detalla en el punto 2.9.2.3.

2.4.1.3. Análisis de muestras en el laboratorio

Las muestras de agua cruda recolectadas fueron etiquetadas y transportadas en un cooler hacia el laboratorio SAQMIC, ubicado en la ciudad de Riobamba, en el cual se realizó los análisis respectivos. Se analizó los siguientes parámetros: pH, conductividad, color, turbiedad. DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos disueltos, sólidos totales y sulfuros. Los resultados se pueden observar en la Tabla 3-1, Tabla 3-2 y Tabla 3-3.

2.5. Diseño y construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales

2.5.1. Materiales

- Plancha de acero inoxidable 304 mate de 3mm
- Niplos roscados de acero inoxidable
- Codos PVC de 1/2 pulgada
- Tubo cuadrado de 3/4 de acero inoxidable
- Manguera de 1/2 pulgada
- Manómetro
- Malla medida Mesh #50 gruesa 0.30 mm
- Malla medida Mesh #75 mediana 0.20 mm
- Malla medida Mesh #100 fina 0.15 mm
- Breaker de 20 Amp
- Contactor de 1 hp
- Transformador
- Bomba centrífuga de presión 1/2 hp, 110 V, 20 Amp
- Cable monofilamento #4
- Cable monofilamento 3/8" 50 Amp
- Selector on/off
- Barril de 30 L

2.5.2. Método

Como metodología se denomina la serie de métodos y técnicas de rigor científico que se aplican sistemáticamente durante el proceso de fabricación para alcanzar un resultado deseado. En este sentido, la metodología funcionara como el soporte conceptual que rige de manera en que la aplicamos en los procedimientos para la construcción del equipo de filtración. El método que se aplicará para la fabricación del equipo de filtración será un procedimiento bastante sencillo, la construcción de la tolva invertida en plancha de acero inoxidable, enrollar el cilindro y el cono metálico, soldar con suelda tig, para obtener una superficie lisa. Acoplar las mallas internas de filtración. Dotar de válvulas de control de caudal para la entrada y salida de agua residual, colocar tubería PVC ½ pulgada con accesorios de acuerdo con la necesidad del diseño.

Integrar los componentes eléctricos y electrónicos para realizar la electrocoagulación del agua residual en el equipo de filtración. Una forma simple de dimensionar o calcular una tolva de filtración es tomar el volumen de agua (GPM) requerido y multiplicarlo por 3. De acuerdo con

las necesidades propias del proceso, se debe determinar el caudal de agua permanente, Q_s que se debe suministrar al sistema con presión mínima requerida. Será como mínimo igual al consumo continuo del sistema más el consumo discontinuo o esporádico, afectado por los factores de simultaneidad propios de cada instalación.

Presión y caudal de diseño

Antes de calcular el espesor del cono o ciclón invertido debemos calcular previamente la presión de trabajo, donde se estima la presión máxima y el cabezal hidrostático generado por el agua, en plancha de acero inoxidable 304 mate en 3mm, ya que no se puede utilizar otro material por la corrosión que provocaría en el equipo.

- **Brida** interior con perforaciones con un diámetro de 9mm, 3 tamices o mallas de diferentes medidas Mesh #50 gruesa 0,30mm, Mesh #75 mediana 0,20mm, Mesh #100 fina 0,15mm.
- **Tapones** de cabeza para ingreso de materiales filtrantes y control de equipo de presión.
- **Neplos** roscados para instalación y control de válvulas de paso y manómetro de presión.
- **Estructura o armazón** en tubo cuadrado de $\frac{3}{4}$ acero inoxidable con soldadura tig o mig para evitar fisuras o deterioro de la misma.
- **Sistema eléctrico y electrónico del equipo**
- **Caja eléctrica** de control con breaker de 30 amp, 110 voltios, contactor de 1 hp 110 voltios, selector de encendido y bloqueo.
- **Transformador** para el sistema de electrocoagulación del agua residual.
- **Celda eléctrica** de coagulación mediante descarga de amperaje controlado.
- **Bomba centrífuga** de presión de $\frac{1}{2}$ hp 110 voltios 20 amp.
- **Cableado eléctrico** cable mono filamento # 14, cable mono filamento $\frac{3}{8}$ " 50 amp.
- Breaker 30 amp, contactor 1hp. Selector off/on.

Una vez construido el filtro se procede a realizar un lavado del mismo con agua destilada para posteriormente introducir 1kg de piedra grava < 2cm, 1 kg de piedra grava < 1 cm, 1 kg de carbón obtenido de la cáscara de coco y 1 kg de carbón obtenido de la cáscara de naranja.

2.6. Obtención de carbón a partir de cáscaras de naranja y coco

La elaboración de carbón de las cáscaras de naranja y coco se realizó en el laboratorio de Biotecnología Industrial y el laboratorio de Petróleos y Metalurgia de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, perteneciente a la provincia de Chimborazo en Ecuador.

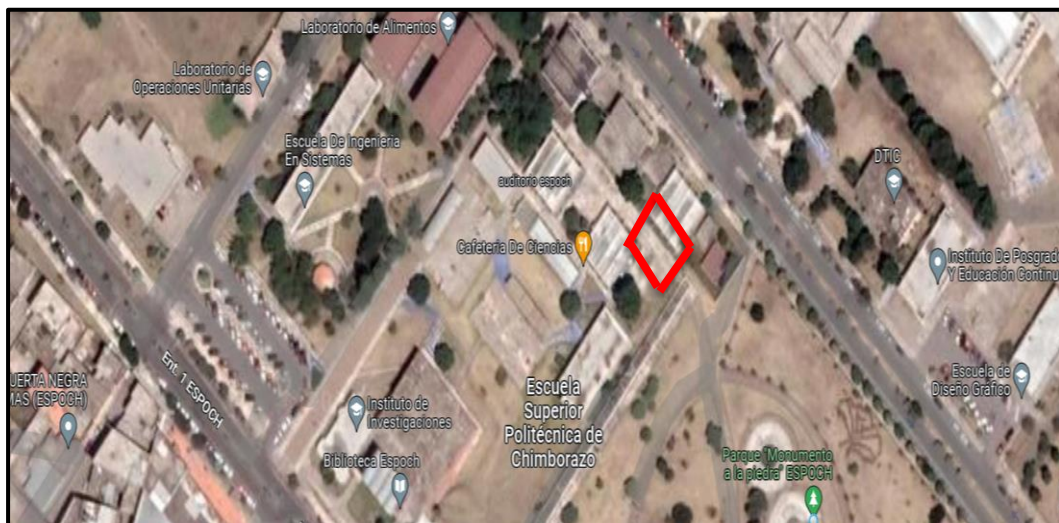


Ilustración 2-2: Ubicación del Laboratorio de Petr6leos y Metalurgia

Fuente: Google Maps, 2023.

Se utiliz6 las c6scaras de 100 naranjas y 20 cocos, las cuales se obtuvieron gracias a la colaboraci6n de vendedores de jugos del Mercado Rep6blica de Argentina del Cant6n Pelileo.

2.6.1. Materiales y equipos

- 100 naranjas
- 20 cocos
- 1 gal6n de agua tesalia
- 1 esponja
- 1 cuchillo
- 15 bandejas medianas de aluminio
- 1 esp6tula
- 1 paquete de fundas ziploc
- 1 mortero grande
- 1 martillo
- 10 c6psulas de porcelana
- 1 pinza
- 1 balanza anal6tica
- 1 estufa
- 1 mufla
- Guantes y mascarilla

2.6.2. Método

Se realizó la adecuada limpieza de las cáscaras, primeramente, se retiró parte de la pulpa que se encontraba dentro de las cáscaras, se las lavó con agua natural y se las talló un poco con una esponja para eliminar impurezas, en cuanto a las cáscaras de coco se les retiró las fibras que las cubrían.

A continuación, se colocó las cáscaras en bandejas de aluminio y se las introdujo por 24 horas en la estufa a 115 °C para secarlas y quitar toda la humedad.

Pasadas las 24 horas se sacó las bandejas de la estufa y se trituró las cáscaras de naranja en un mortero grande hasta obtener trozos de aproximadamente 1cm. En cuanto a las cáscaras de coco se las trituró con ayuda de un martillo hasta obtener trozos de aproximadamente 1 cm.

Las cápsulas que se utilizaron se las lavó adecuadamente y se las colocó en la estufa a 105 °C durante 4h.

Se retiró las cápsulas de la estufa y con ayuda de una pinza se las llevó hacia el desecador por unos minutos, posteriormente, se las llevó a la balanza analítica previamente tarada para pesarlas, una vez obtenido el peso de las capsulas sin muestra, se añadió 5 gramos de la muestra de naranja a cada cápsula, se realizó el mismo procedimiento con la muestra de coco. Después se llevó las cápsulas que contenían las muestras a una mufla a 550 °C por 5 minutos, pasado el tiempo establecido se dejó enfriar las capsulas que contenían las cenizas, a continuación, con ayuda de una pinza se llevó las cápsulas que contenían las cenizas a una balanza analítica y se procedió a pesar. En este caso, se obtuvo el peso de la cápsula incluidas las cenizas. Finalmente, se colocó las cenizas en una funda hermética.

2.7. Porcentaje de cenizas

La siguiente fórmula se utilizó para calcular el porcentaje de ceniza:

$$\%CT = \frac{Pf - Cv}{g \text{ muestra}} \times 100$$

Donde:

%CT = Porcentaje de cenizas totales

Pf = Peso final (peso de la cápsula con cenizas)

Cv = Peso de la cápsula vacía

g muestra = gramos de la muestra seca

2.8. Determinación de los coagulantes químicos que se usarán en la electrocoagulación

2.8.1. Materiales

- 1 jarra de 4 L
- 1 balde de 5 L
- 2 botellas plásticas de 350 ml con tapa
- Hipoclorito de sodio
- Poliacrilamida
- Sulfato ferroso
- Peróxido

2.8.2. Método

- Se recolectó 4L de agua cruda en un balde de 5L, se procedió a electro coagular la muestra dentro del balde por 5 minutos, después se dejó reposar por 5 minutos y se distribuyó la muestra en 2 botellas de 350 ml.
- En la primera botella se añadió 1 ml de hipoclorito de sodio, 1 ml de sulfato ferroso y 0.5 ml de poliacrilamida (floculante aniónico).
- En la segunda botella se añadió 0.5 ml de peróxido

2.9. Filtración

2.9.1. Materiales

- Filtro
- Un barril de 30 L
- Cáscaras de 2 plátanos verde
- Hipoclorito de sodio
- Sulfato ferroso

- Poliacrilamida
- Cal
- Botella plástica de 2L con tapa

2.9.2. Método

2.9.2.1. Primera filtración

Primeramente, se realizó una mezcla de 2 plátanos verdes con 100 ml de agua, para esto se utilizó la licuadora. Se procedió a cernir obteniendo 200 ml de sustancia viscosa, misma que se añadió al barril que contenía los 25L de agua cruda compuesta, también se añadió 25 ml de hipoclorito de sodio, 10 ml de sulfato ferroso y 10 ml de poliacrilamida, se introdujo la placa del electro coagulador en el barril, se lo encendió y se dejó actuar por 15 minutos, seguidamente, se dejó reposar el agua por 4 horas. Pasado el tiempo, se transfirió el agua del primer barril al segundo barril del sistema de filtración, todo esto con precaución, se evitó moverlo mucho y se dejó los sólidos sedimentados. Una vez que el agua estuvo en el segundo barril, se encendió el filtro, el proceso fue automático, el agua pasó primero por el carbón de naranja, carbón de coco, a continuación, por las piedras y finalmente por las mallas, y cuando la presión llegó a 10 psi se abrió la llave y se recolectó 2 litros de la muestra tratada de agua.

2.9.2.2. Segunda filtración

Primeramente, se realizó una mezcla de 2 plátanos verdes con 100 ml de agua, para esto se utilizó la licuadora. Se procedió a cernir obteniendo 200 ml de sustancia viscosa, misma que se añadió al barril que contenía los 25L de agua cruda compuesta, también se añadió 120 gramos de cal, 25 ml de hipoclorito de sodio, 10 ml de sulfato ferroso y 10 ml de poliacrilamida, se introdujo la placa del electro coagulador en el barril, se lo encendió y se dejó actuar por 15 minutos, seguidamente, se dejó reposar el agua por 4 horas. Pasado el tiempo, se transfirió el agua del primer barril al segundo barril del sistema de filtración, todo esto con precaución, se evitó moverlo mucho y se dejó los sólidos sedimentados. Una vez que el agua estuvo en el segundo barril, se encendió el filtro, el proceso fue automático, el agua pasó primero por el carbón de naranja, carbón de coco, a continuación, por las piedras y finalmente por las mallas, y cuando la presión llegó a 10 psi se abrió la llave y se recolectó 2 litros de la muestra tratada de agua.

2.9.2.3. Tercera filtración

Al igual que el segundo proceso de filtración, se realizó una mezcla de 2 plátanos verdes con 100 ml de agua, se procedió a cernir la mezcla y se añadió al barril que contiene los 25L de agua cruda compuesta, en este proceso se añadió 80 gramos de cal, 25 ml de hipoclorito de sodio, 10 ml de sulfato ferroso y 10 ml de poliacrilamida, se introdujo la placa del electro coagulador en el barril, se lo encendió y se dejó actuar por 10 minutos, seguidamente, se dejó reposar el agua por 5 días. Pasado el tiempo mencionado, se transfirió el agua del primer barril al segundo barril del sistema de filtración, todo esto con precaución, se evitó moverlo mucho y se dejó los sólidos sedimentados. Una vez que el agua estuvo en el segundo barril, se encendió el filtro, el proceso fue automático, el agua pasó primero por el carbón de naranja, carbón de coco, a continuación, por las piedras y finalmente por las mallas, y cuando la presión llegó a 10 psi se abrió la llave de salida del filtro para recolectar 2 litros de la muestra tratada de agua.

2.10. Determinación del caudal de salida

Para determinar el caudal de salida de las tres filtraciones se procedió a calcular cuanta cantidad de agua se recolecta en una jarra de 4 litros durante 1 minuto, para posteriormente aplicar la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde,

Q= caudal

V= volumen

t= tiempo

2.11. Análisis de las muestras de agua tratada

Las muestras de agua tratada recolectadas fueron etiquetadas y transportadas en un cooler hacia el laboratorio SAQMIC, ubicado en la ciudad de Riobamba, en el cual se realizaron los análisis respectivos, los cuales se pueden observar en la Tabla 9-3, Tabla 10-3 y Tabla 11-3.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Resultados de la determinación de las propiedades físico – químicas de las aguas residuales generadas en la lavadora de jeans.

Como se puede observar las muestras crudas recolectadas son similares en cuanto a características físicas, el color es el mismo, un color oscuro, turbio y el olor es fuerte, poseen un olor a ácido sulfhídrico, esto se debe a la excesiva cantidad de productos químicos y colorantes utilizados en los procesos de tinturado y lavado.

En cuanto a características físico-químicas tienen valores diferentes, los cuales se pueden observar en la Tabla 3-1, Tabla 3-2 y Tabla 3-3.



Ilustración 3-1: Muestra cruda para la primera filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-2: Muestra cruda para la segunda filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-3: Muestra cruda para la tercera filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Los respectivos análisis se los realizó en el laboratorio Saqmic utilizando métodos de análisis del Estándar Methods APHA AWWA, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3-1: Resultados de los análisis de la primera muestra de agua cruda

Parámetros	Unidades	Métodos de análisis	Limites	Resultado Muestra (cruda)
Ph	-	4500-H-B	6-9	7.31
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	-	3397
Color	Und. Pt/Co	2120-C	Inapreciable en solución	1625
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	500	1720
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	500
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-E	220	187
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	12.5
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C	-	2903
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	4572
Sulfuros	mg/L	4500-S ⁻² -E	1.0	119.0
Fecha: 14 de octubre del 2022				

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Se obtuvo un pH de 7.31, conductividad 3397 μSiems/cm, color 1625 Und. Pt/Co, DQO 1720 mg/L, DBO 500 mg/L, sólidos suspendidos 187 mg/L, sólidos sedimentables 12.5 mg/L, sólidos disueltos 2903 mg/L, sólidos totales 4572 mg/L y sulfuros 119.0 mg/L.

Se apreció que los valores de la DQO, DBO, sólidos totales y sulfuros estuvieron fuera de los límites máximos permisibles, mientras que los valores del pH, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables se encontraron dentro de los límites establecidos en la normativa.

Tabla 3-2: Resultados de los análisis de la segunda muestra de agua cruda

Parámetros	Unidades	Métodos de análisis	Limites	Resultado Muestra 1 (cruda)
pH	-	4500-H-B	6-9	7.48
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	-	3601
Color	Und. Pt/Co	2120-C	Inapreciable en solución	5090
Turbiedad	-	-	100	3864
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	500	850
Demanda	mg/L	5210-B	250	420

Bioquímica de Oxígeno				
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-E	220	1428
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	33
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C	-	2084
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	4380
Sulfuros	mg/L	4500-S ⁻² -E	1.0	64
Fecha: 08 de diciembre del 2022				

Realizado por: Paredes, L., 2023.

La Tabla 3-2 muestra que se obtuvo un pH de 7.48, conductividad 3601 μ Siems/cm, color 5090 Und. Pt/Co, turbiedad 3864, DQO 850 mg/L, DBO 420 mg/L, sólidos suspendidos 1428 mg/L, sólidos sedimentables 33 mg/L, sólidos disueltos 2084 mg/L, sólidos totales 4380 mg/L y sulfuros 64 mg/L.

Se apreció que los valores de la turbiedad, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales y sulfuros sobre pasaron los límites máximos permisibles, mientras que el valor del pH permaneció dentro de los límites establecidos en la normativa.

Tabla 3-3: Resultados de los análisis de la tercera muestra de agua cruda

Parámetros	Unidades	Métodos de análisis	Limites	Resultado Muestra 1 (cruda)
pH	-	4500-H-B	6-9	3.56
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	-	16250
Color	Und. Pt/Co	2120-C	Inapreciable en solución	12110
Turbiedad	-	-	100	1396
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	500	5010
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	320
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-E	220	2490

Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	21
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C	-	9905
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	18908
Sulfuros	mg/L	4500-S ⁻² -E	1.0	4730
Fecha: 02 de febrero del 2023				

Realizado por: Paredes, L., 2023.

La Tabla 3-3 muestra que se obtuvo un pH de 3.56, conductividad 16250 μ Siems/cm, color 12110 Und. Pt/Co, turbiedad 1396, DQO 5010 mg/L, DBO 320 mg/L, sólidos suspendidos 2490 mg/L, sólidos sedimentables 21 mg/L, sólidos disueltos 9905 mg/L, sólidos totales 18908 mg/L y sulfuros 4730 mg/L.

Se apreció que los valores de la pH, turbiedad, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales y sulfuros estuvo fuera de los límites máximos permisibles.

Debido a los resultados obtenidos, se determinó que las aguas residuales provenientes de la industria textil contenían altos valores de contaminantes, razón por la cual se optó por diseñar y elaborar un sistema de tratamiento de aguas residuales y de esa manera se disminuyó la carga contaminante de las aguas residuales de la industria textil.

3.2. Resultados del diseño y construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales

Una vez realizado todo el proceso de construcción, finalmente se obtuvo el sistema de tratamiento de aguas residuales conformado por:

- Estructura Metálica

La estructura metálica brinda el soporte necesario al filtro, la caja de mandos, la bomba y el electrocoagulador.



Ilustración 3-4: Estructura metálica con parte del filtro

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Filtro

Tolva invertida en plancha de acero inoxidable, con el cilindro enrollado y un cono metálico con una superficie lisa, en cuyo interior se mallas internas de filtración, la piedra grava y el carbón obtenido de las cáscaras.



Ilustración 3-5: Tolva con las respectivas mallas

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-6: Filtro

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Barril de almacenamiento de Agua Residual

El contenedor de almacenamiento utilizado tenía una capacidad de 30 litros, pero solo se llenó el 83% (25 litros).



Ilustración 3-7: Barril de almacenamiento de agua residual

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Conexiones con tubería

Las conexiones se realizaron con tubería de PVC de media pulgada.

- Caja de mandos

Dentro de la caja se encuentran realizadas las conexiones eléctricas respectivas para poder encender y apagar el sistema de tratamiento de aguas.



Ilustración 3-8: Caja de mandos

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Bomba

La bomba que se utilizó fue una bomba centrífuga JET de 110 – 230 V. Tiene un amperaje de 30 A. Es de ½ hp, 3400 rpm. Permite una salida de 0 a 40 L/min. En este caso permitió un caudal de salida de 3.5 L/min



Ilustración 3-9: Bomba

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Electro coagulador

Formado por una celda de acero inoxidable con electrodos conectados en serie, con un amperaje de 0 – 200 Amp y un voltaje de 20 a 30 V, trabajo con corriente directa.



Ilustración 3-10: Electro coagulador

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Agua residual sin tratar

El agua residual sin tratar llega al barril de almacenamiento de manera manual, ya que la muestra cruda es una muestra compuesta de varios procesos de lavado.



Ilustración 3-11: Agua sin tratar en barril de almacenamiento

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Material filtrante

El medio filtrante es carbón extraído de cáscaras de naranja y coco, que se usa para reducir la contaminación del agua residual del lavado de jeans, y se agregó grava como otro medio filtrante.

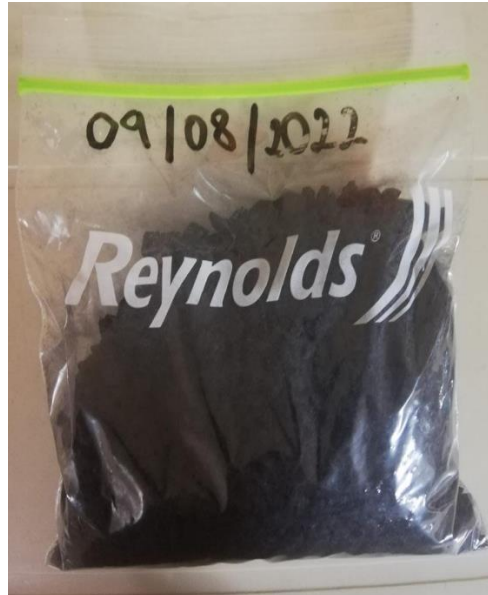


Ilustración 3-12: Carbón extraído de cáscaras de naranja y coco

Realizado por: Paredes, L., 2023.

- Agua residual tratada

El agua residual tratada es evacuada a través de una cavidad ubicada en la parte media del filtro, con un caudal promedio de 10,45 l/min.



Ilustración 3-13: Sistema de tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Paredes, L., 2023.

3.3. Resultados de la obtención de carbón a partir de cáscaras de naranja y coco

Una vez realizado el respectivo procedimiento en el laboratorio tanto de la limpieza de las cáscaras, como la obtención del carbón que se observan en la Ilustración 3-14, Ilustración 3-15, Ilustración 3-16, Ilustración 3-17, Ilustración 3-18 e Ilustración 3-19.



Ilustración 3-14: Cáscaras de naranja limpias

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-15: Cáscaras de coco limpias

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-16: Cáscaras de naranja y coco en la estufa

Realizado por: Paredes, L., 2023



Ilustración 3-17: Cáscara de naranja secas

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-18: Cáscara de naranja triturada

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-19: Cáscara de coco triturado

Realizado por: Paredes, L., 2023

Como resultado, se observó principalmente el cambio de color de los trozos de cáscara, es decir, se tornó de un color negro; en cuanto al tamaño no existió variación ya que se mantuvo en aproximadamente 1 cm, lo que sí se notó fue la disminución del peso, ya que se sintió más ligero en comparación con los trozos de cáscara antes de introducirlos en la mufla.



Ilustración 3-20: Carbón recién salido de la mufla

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-21: Trozos de carbón

Realizado por: Paredes, L., 2023.

3.4. Resultados del porcentaje de cenizas

Se tomó en cuenta los valores obtenidos del pesaje de 50 muestras de cáscara de naranja y 50 muestras de la cáscara de coco.



Ilustración 3-22: Carbón recién salido de la mufla

Realizado por: Paredes, L., 2023.



Ilustración 3-23: Pesaje de la cápsula con el carbón

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Tabla 3-4: Valores de los diferentes pesos de la cáscara de naranja

Nº muestra	Peso cápsula vacía (gr)	gr de muestra añadidos	Peso cápsula con muestra (gr)	Peso cápsula con cenizas (gr)
1	106,9394	5,0020	111,9414	108,4552
2	77,8229	5,0035	82,8264	79,7841
3	77,4227	5,0010	82,4237	79,8686
4	83,8383	5,0057	88,8440	85,0475
5	97,7820	5,0041	102,7861	99,8184
6	83,0227	5,0021	88,0248	84,8912
7	82,5230	5,0038	87,5268	84,6631
8	93,7903	5,0028	98,7931	95,7577
9	97,7672	5,0019	102,7691	99,4266
10	77,4153	5,0059	82,4212	80,0325
11	93,7915	5,0033	98,7948	96,1530
12	82,5385	5,0010	87,5395	84,7226
13	83,8319	5,0088	88,8407	86,1879
14	77,8165	5,0013	82,8178	80,3882
15	83,0247	5,0045	88,0292	85,4016
16	106,9389	5,0010	111,9399	109,4325
17	106,9203	5,0019	111,9222	109,0425
18	77,4116	5,0029	82,4145	79,3743
19	93,7846	5,0012	98,7858	96,2472
20	77,8110	5,0006	82,8116	79,9999
21	83,0154	5,0060	88,0214	85,3062
22	83,8285	5,0030	88,8315	85,9450
23	97,7828	5,0057	102,7885	99,9490

24	82,5440	5,0047	87,5487	84,3202
25	106,9215	5,0074	111,9289	109,1871
26	77,4132	5,0010	82,4142	79,6878
27	93,7898	5,0042	98,7940	96,0274
28	77,8103	5,0038	82,8141	79,9759
29	82,5320	5,0016	87,5336	85,3346
30	77,9814	5,0042	82,9856	80,4251
31	91,6144	5,0071	96,6215	94,3095
32	83,0222	5,0075	88,0297	85,4803
33	83,8360	5,0059	88,8419	86,3019
34	97,7866	5,0032	102,7898	100,2234
35	97,9700	5,0029	82,9729	100,4191
36	77,7728	5,0010	102,7738	80,2693
37	83,8306	5,0018	88,8324	85,9103
38	82,5315	5,0026	87,5341	84,7231
39	83,0176	5,0022	88,0198	85,5056
40	77,4178	5,0065	82,4243	79,9256
41	77,8210	5,0059	82,8269	80,3892
42	91,6089	5,0061	96,6150	94,1796
43	106,9363	5,0016	111,9379	109,1726
44	93,8007	5,0058	98,8065	95,7640
45	91,6088	5,0013	96,6101	94,1675
46	77,8130	5,0032	82,8162	80,5676
47	83,0204	5,0055	88,0259	85,5725
48	77,9819	5,0059	82,9878	80,8564
49	77,4236	5,0073	82,4309	79,2473
50	82,5433	5,0014	87,5447	84,2354

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Después se determinó el porcentaje de cenizas para lo cual se utilizó la respectiva fórmula.

$$\%CT = \frac{Pf - Cv}{g \text{ muestra}} \times 100$$

Tabla 3-5: Porcentajes de cenizas de la cáscara de naranja

%CT1	30,30%
%CT2	39,19%
%CT3	48,91%
%CT4	24,16%
%CT5	40,69%

%CT6	37,35%
%CT7	42,77%
%CT8	39,33%
%CT9	33,18%
%CT10	52,28%
%CT11	47,20%
%CT12	43,67%
%CT13	47,04%
%CT14	51,42%
%CT15	47,49%
%CT16	49,86%
%CT17	42,43%
%CT18	39,23%
%CT19	49,24%
%CT20	43,77%
%CT21	45,76%
%CT22	42,30%
%CT23	43,27%
%CT24	35,49%
%CT25	45,25%
%CT26	45,48%
%CT27	44,71%
%CT28	43,28%
%CT29	56,03%
%CT30	48,83%
%CT31	53,83%
%CT32	49,09%
%CT33	32,85%
%CT34	100%
%CT35	48,95%
%CT36	49,92%
%CT37	41,58%
%CT38	43,81%
%CT39	49,74%
%CT40	50,09%
%CT41	51,30%
%CT42	51,35%
%CT43	44,71%
%CT44	39,22%
%CT45	51,16%
%CT46	55,06%
%CT47	50,99%
%CT48	57,42%
%CT49	36,42%
%CT50	33,83%
%CTprom	45,82%

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Tabla 3-6: Valores de los diferentes pesos de la cáscara de coco

Nº muestra	Peso cápsula vacía (gr)	gr de muestra añadidos	Peso cápsula con muestra (gr)	Peso cápsula con cenizas
1	91,5958	5,0113	96,6071	92,1664
2	82,5319	5,0025	87,5344	83,2466
3	83,0161	5,0082	88,0243	84,2963
4	93,7904	5,0086	98,7990	95,0453
5	83,8296	5,0048	88,8344	84,8529
6	77,4185	5,0010	82,4195	78,5171
7	106,9383	5,0011	111,9394	108,3448
8	97,7802	5,0025	102,7827	99,1953
9	77,8196	5,0015	82,8211	79,0365
10	75,9815	5,0015	82,9898	77,9883
11	106,9260	5,0010	111,9270	107,8884
12	77,4144	5,0011	82,4155	78,1038
13	83,0222	5,0020	88,0242	83,7516
14	93,8055	5,0015	98,8070	94,4982
15	82,5408	5,0041	87,5449	83,0644
16	77,9642	5,0014	82,9656	78,5646
17	83,8162	5,0051	88,8213	84,4613
18	91,6024	5,0089	96,6113	92,3317
19	77,8165	5,0066	82,8231	79,1614
20	97,7878	5,0067	102,7945	99,1963
21	77,8174	5,0021	82,8195	78,7494
22	83,0178	5,0019	88,0197	83,7475
23	91,6054	5,0025	96,6080	92,5195
24	83,8363	5,0033	88,8396	84,7615
25	77,4334	5,0025	82,4359	78,1691
26	82,5273	5,0022	87,5295	83,2164
27	77,9736	5,0012	82,9748	78,5697
28	106,9842	5,0026	111,9868	107,6246
29	97,7772	5,0035	102,7807	98,3131
30	93,8221	5,0016	98,8237	94,5056
31	83,0146	5,0036	88,0182	83,8636
32	77,9736	5,0055	82,9791	78,8381
33	93,7920	5,0055	98,7975	94,7032
34	83,8361	5,0064	88,8425	84,7443
35	106,9367	5,0010	111,9377	108,4105

36	77,8114	5,0029	82,8143	79,1428
37	82,5312	5,0084	87,5396	84,3422
38	77,4145	5,0055	82,4200	78,8639
39	97,7810	5,0044	102,7854	99,4805
40	91,6180	5,0034	96,6214	93,1563
41	83,8245	5,0031	88,8276	85,5212
42	91,6077	5,0013	96,6090	93,3609
43	82,5358	5,0026	87,5384	83,9339
44	77,4159	5,0048	82,4207	78,9052
45	97,7841	5,0057	102,7898	98,9946
46	83,0097	5,0026	88,0123	84,2345
47	77,9752	5,0053	82,9805	79,0762
48	77,8128	5,0010	82,8138	79,1827
49	93,7962	5,0013	98,7975	95,1392
50	106,9360	5,0022	111,9382	108,2966

Realizado por: Paredes, L., 2023.

$$\%CT = \frac{Pf - Cv}{g \text{ muestra}} \times 100$$

Tabla 3-7: Porcentajes de cenizas de la cáscara de coco

%CT1	11,39%
%CT2	14,29%
%CT3	25,56%
%CT4	25,05%
%CT5	20,45%
%CT6	21,97%
%CT7	28,12%
%CT8	28,29%
%CT9	20,96%
%CT10	40,12%
%CT11	19,24%
%CT12	13,78%
%CT13	14,58%
%CT14	13,85%
%CT15	10,46%
%CT16	12,00%
%CT17	12,89%
%CT18	14,56%
%CT19	26,86%
%CT20	28,13%
%CT21	18,63%
%CT22	14,59%
%CT23	18,27%
%CT24	18,49%
%CT25	14,71%

%CT26	13,76%
%CT27	11,92%
%CT28	12,80%
%CT29	10,71%
%CT30	13,67%
%CT31	16,97%
%CT32	17,27%
%CT33	18,20%
%CT34	18,14%
%CT35	29,47%
%CT36	26,61%
%CT37	16,19%
%CT38	28,96%
%CT39	33,96%
%CT40	30,75%
%CT41	33,91%
%CT42	35,05%
%CT43	27,95%
%CT44	29,76%
%CT45	24,18%
%CT46	24,48%
%CT47	21,99%
%CT48	27,39%
%CT49	26,85%
%CT50	27,20%
%CTprom	21,34%

Realizado por: Paredes, L., 2023.

3.5. Resultados de la determinación de los coagulantes químicos que se usarán en la electrocoagulación

Se puede apreciar que la primera muestra a la que se le añadió hipoclorito de sodio, sulfato ferroso y poliacrilamida (floculante aniónico) tuvo un evidente cambio de color y olor, puesto que, la muestra cruda tenía un color oscuro debido a los colorantes usados en el proceso de teñido y un olor fuerte a ácido sulfhídrico, mientras que la muestra que contiene los coagulantes químicos tiene un color más claro, menos turbiedad y un olor a cloro y se puede apreciar que los sólidos empiezan a coagularse y sedimentarse.



Ilustración 3-24: Muestra de agua cruda con hipoclorito de sodio, sulfato ferroso y poliacrilamida

Realizado por: Paredes, L., 2023.

En cuanto a la segunda muestra que contiene solo peróxido, se puede apreciar que el color a comparación de la muestra cruda no varía tanto, sigue teniendo un color oscuro, turbio, el olor a ácido sulfhídrico bajó un poco, pero no se observa coagulación, ni sedimentación de los sólidos.



Ilustración 3-25: Muestra de agua cruda con peróxido de hidrógeno

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Una vez hechas las respectivas pruebas con los coagulantes químicos, se determinó que los coagulantes utilizados en la primera muestra fueran también utilizados durante el proceso de electrocoagulación, debido a que se observó mejores resultados.

3.6. Resultados de la filtración

Como se puede observar en la Ilustración 3-26, el agua tratada que se recolectó en la primera filtración, posee un color oscuro, esto debido a que al ser la primera filtración ciertas cenizas del carbón utilizado como medio filtrante fueron arrastradas junto con el agua debido a la fuerza con la que circula el agua dentro del filtro, sin embargo, se puede observar que no existe mucha turbiedad a comparación de la muestra cruda y también se puede evidenciar un cierto olor a cloro. En cuanto a las propiedades físico-químicas, se pueden observar las diferencias en la Tabla 3-9, Tabla 3-10 y Tabla 3-11.



Ilustración 3-26: Muestra tratada de la primera filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.

El agua tratada que se recolectó en la segunda filtración posee un color amarillento, sin turbiedad, esto debido a que en este proceso de filtración hay que recordar que se añadió cal en la electrocoagulación, puesto que la cal ayuda a la absorción del color y olor de la muestra, también se puede evidenciar un olor a cloro.

En cuanto a las propiedades físico-químicas, se pueden observar las diferencias en la Tabla 3-9, Tabla 3-10 y Tabla 3-11.



Ilustración 3-27: Muestra tratada de la segunda filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.

El agua tratada que se recolectó en la tercera filtración tiene un color ligeramente amarillento y sin turbiedad, claramente se observa un efectivo tratamiento, esto se debe a que la cantidad de cal añadida a la muestra cruda en la electrocoagulación fue menor en comparación a la añadida en segunda filtración, además que se dejó reposar la muestra electro coagulada por más tiempo, es decir, por 5 días antes del proceso de filtración.

En cuanto a las propiedades físico-químicas, se pueden observar las diferencias en la Tabla 3-9, Tabla 3-10 y Tabla 3-11.



Ilustración 3-28: Muestra tratada de la tercera filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.

3.7. Resultados de la determinación del caudal de salida

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 3-8: Valores para la determinación del caudal

N° de filtraciones	Volumen	Tiempo
Primera filtración	3500 ml	1 min
Segunda filtración	3450 ml	1 min
Tercera filtración	3500 ml	1 min

Realizado por: Paredes, L., 2023.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q1 = \frac{3500 \text{ ml}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} = 3,5 \text{ l/min}$$

$$Q2 = \frac{3450 \text{ ml}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} = 3,45 \text{ l/min}$$

$$Q3 = \frac{3500 \text{ ml}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} = 3,5 \text{ l/min}$$

$$Q_{\text{prom}} = 10,45 \text{ l/min}$$

3.8. Resultados de los Análisis de las muestras de agua cruda y tratada

Una vez obtenidos los resultados, se procedió a calcular el porcentaje de remoción y poder determinar la eficiencia del proceso, para esto se utilizó la fórmula: % de remoción = (afluente-

efluente/afluente) * 100 (American Society Foresting and Materials, 1994; citado en coronel, 2015).

Se consideró el TULSMA, específicamente el Anexo 1 del Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Sistema de alcantarillado (TULSMA, 2013; citado en Landeta, 2019, p.3). para establecer si los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

Tabla 3-9: Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la primera filtración.

Parámetros	Unidades	Métodos de análisis	Límites	Resultado Muestra 1 (cruda)	Resultado Muestra 2 (tratada)	% Remoción
pH	-	4500-H-B	6-9	7.31	7.99	
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	-	3397	1476	56.55
Color	Und. Pt/co	2120-C	Inapreciable en solución	1625	480	70.46
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	500	1720	600	65.12
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	500	270	46.00
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-E	220	187	2	98.93
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	12.5	<0.1	99.20
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C	-	2903	913	68.55
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	4572	1288	71.83
Sulfuros	mg/L	4500-S ² -E	1.0	119.0	11.0	90.76
Promedio de eficiencia	74.16					

Realizado por: Paredes, L., 2023.

En la Tabla 3-9: Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la primera filtración, se determinaron los parámetros del agua residual cruda (muestra 1) y el agua tratada (muestra 2). Los respectivos análisis se los realizó en el laboratorio Saqmic utilizando métodos de análisis del Standar Methods APHA AWWA, obteniendo los siguientes resultados: Muestra 1: Se obtuvo un pH de 7.31, conductividad 3397μSiems/cm, color 1625 Und. Pt/co, DQO 1720 mg/L, DBO 500 mg/L, sólidos suspendidos 187 mg/L, sólidos sedimentables 12.5 mg/L, sólidos disueltos 2903 mg/L, sólidos totales 4572 mg/L y sulfuros 119.0 mg/L.

Muestra 2: Se obtuvo un pH de 7.99, conductividad 1476 μSiems/cm, color 480 Und. Pt/co, DQO

600 mg/L, DBO 270 mg/L, sólidos suspendidos 2 mg/L, sólidos sedimentables < 0.1 mg/L, sólidos disueltos 913 mg/L, sólidos totales 1288 mg/L y sulfuros 11.0 mg/L.

Observando así, un crecimiento en el pH de 0.68 y una disminución en la conductividad del 56.55%, color 70.46%, DQO 65.12%, DBO 46.00 %, sólidos suspendidos 98.93%, sólidos sedimentables 99.20%, sólidos disueltos 68.55%, sólidos totales 71.83%, sulfuros 90.76%; logrando un porcentaje promedio de eficiencia del 74.16% de remoción en la primera filtración.

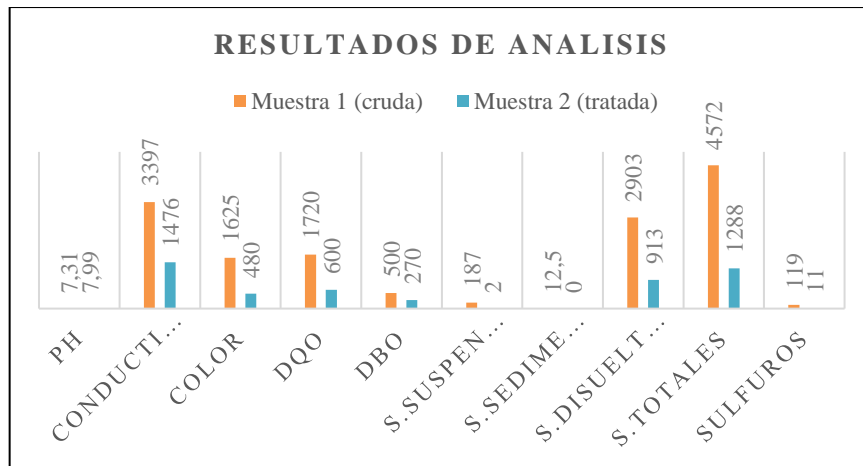


Ilustración 3-29: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la primera filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Como se puede apreciar en la Ilustración 3-29: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada en la primera filtración: el pH es el único parámetro que aumentó, con una diferencia de 0,68 entre la muestra 1 y la muestra 2, sin embargo, este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible que dicta la Normativa Ambiental, cabe mencionar, que la DQO, DBO y sulfuros de la muestra 2 no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, pero al igual que los demás parámetros como la conductividad, color, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos disueltos y sólidos totales se observa que existe una gran disminución a comparación de la muestra 1, cuyos valores son excesivos.

Tabla 3-10: Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la segunda filtración

Parámetros	Unidades	Métodos de análisis	Limites	Resultado Muestra 1 (cruda)	Resultado Muestra 2 (tratada)	% Remoción
Ph	-	4500-H-B	6-9	7.48	9.01	
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	-	3601	1811	49.71
Color	Und. Pt/co	2120-C	Inapreciable en solución	5090	135	97.35
Turbiedad			100	3864	9.2	99.76
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	500	850	360	57.65
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	420	200	52.38
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-E	220	1428	16	98.88
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	33	<0.1	99.70
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C	-	2084	1078	48.27
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	4380	1410	67.81
Sulfuros	mg/L	4500-S ⁻² -E	1.0	64	16	75.00
Promedio de eficiencia						74.65

Realizado por: Paredes, L., 2023.

En la Tabla 3-10: Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la segunda filtración: se determinaron los parámetros del agua residual cruda (muestra 1) y el agua tratada (muestra 2). Los respectivos análisis se los realizó en el laboratorio Saqmic utilizando métodos de análisis del Standar Methods APHA AWWA, obteniendo los siguientes resultados:

Muestra 1: Se obtuvo un pH de 7.48, conductividad 3601 μSiems/cm, color 5090 Und. Pt/co, turbiedad 3864 UTN, DQO 850 mg/L, DBO 420 mg/L, sólidos suspendidos 1428 mg/L, sólidos sedimentables 33 mg/L, sólidos disueltos 2084 mg/L, sólidos totales 4380 mg/L y sulfuros 64 mg/L.

Muestra 2: Se obtuvo un pH de 9.01, conductividad 1811 μ Siems/cm, color 135 Und. Pt/o, turbiedad 9.2 UTN, DQO 360 mg/L, DBO 200 mg/L, sólidos suspendidos 16 mg/L, sólidos sedimentables < 0.1 mg/L, sólidos disueltos 16 mg/L, sólidos totales 1410 mg/L y sulfuros 16 mg/L.

Observando así, un crecimiento en el pH de 1.53 y una disminución en la conductividad del 49.71%, color 97.35%, turbiedad 99.76%, DQO 57.65%, DBO 52.38 %, sólidos suspendidos 98.88%, sólidos sedimentables 99.70%, sólidos disueltos 48.27%, sólidos totales 67.81%, sulfuros 75.00%; logrando un porcentaje promedio de eficiencia del 74.65% de remoción en la segunda filtración.

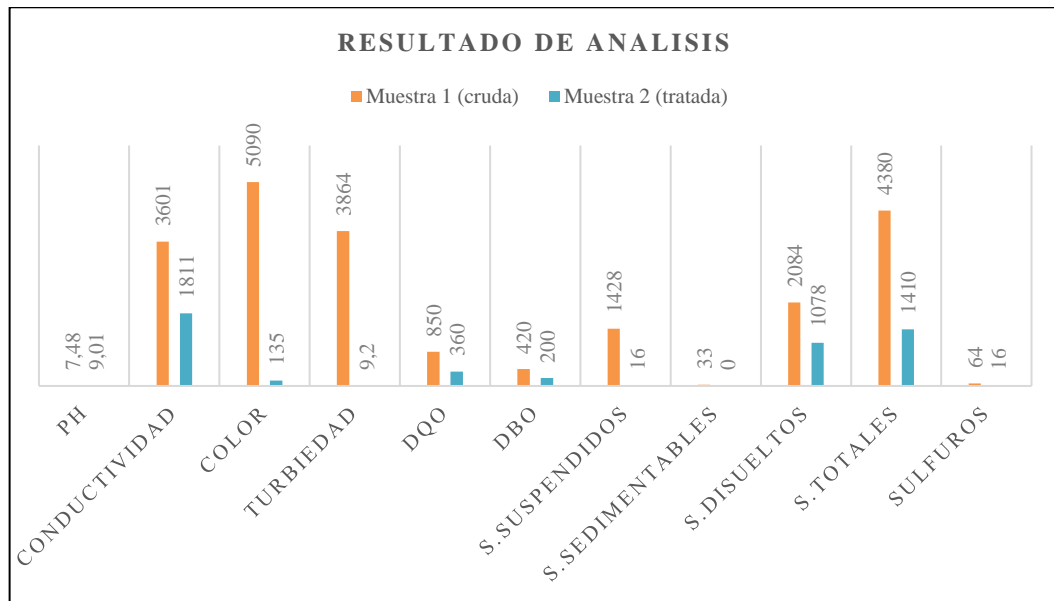


Ilustración 3-30: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la segunda filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Como se puede apreciar en la Ilustración 3-30: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la segunda filtración: el pH es el único parámetro que aumentó, con una diferencia de 1,53 entre la muestra 1 y la muestra 2; este parámetro al igual que los valores de sulfuros de la muestra 2 sobrepasan los límites máximos permisibles, sin embargo, los sulfuros al igual que los demás parámetros como la conductividad, color, turbiedad, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos disueltos y sólidos totales se observa que existe una gran disminución a comparación de la muestra 1, cuyos valores son excesivos.

Tabla 3-11: Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la tercera filtración.

Parámetros	Unidades	Métodos de análisis	Limites	Resultado Muestra 1 (cruda)	Resultado Muestra 2 (tratada)	% Remoción
pH	-	4500-H-B	6-9	3.56	7.92	
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	-	16250	554.5	96.59
Color	Und. Pt/co	2120-C	Inapreciable en solución	12110	126	98.96
Turbiedad			100	1396	6.2	99.56
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	500	5010	58	98.84
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	320	28	91.25
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-E	220	2490	11	99.56
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	21	<0.1	99.52
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C	-	9905	334	96.63
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	18908	424.0	97.76
Sulfuros	mg/L	4500-S ⁻² -E	1.0	4730	6.4	99.86
Promedio de eficiencia	97.85					

Realizado por: Paredes, L., 2023

En la Tabla 3-11: Resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la tercera filtración: se determinaron los parámetros del agua residual cruda (muestra 1) y el agua tratada (muestra 2). Los respectivos análisis se los realizó en el laboratorio Saqmic utilizando métodos de análisis del Standar Methods APHA AWWA, obteniendo los siguientes resultados: Muestra

1: Se obtuvo un pH de 3.56, conductividad 16250 μ Siems/cm, color 12110 Und. Pt/Co, turbiedad 1396 UTN, DQO 5010 mg/L, DBO 320 mg/L, sólidos suspendidos 2490 mg/L, sólidos sedimentables 21 mg/L, sólidos disueltos 9905 mg/L, sólidos totales 18908 mg/L y sulfuros 4730 mg/L.

Muestra 2: Se obtuvo un pH de 7.92, conductividad 554.5 μ Siems/cm, color 126 Und. Pt/Co, turbiedad 6.2 UTN, DQO 58 mg/L, DBO 28 mg/L, sólidos suspendidos 11 mg/L, sólidos sedimentables < 0.1 mg/L, sólidos disueltos 334 mg/L, sólidos totales 424.0 mg/L y sulfuros 6.4 mg/L.

Observando así, un crecimiento en el pH de 4.36 y una disminución en la conductividad del 96.59%, color 98.96%, turbiedad 99.56%, DQO 98.84%, DBO 91.25 %, sólidos suspendidos 99.56%, sólidos sedimentables 99.52%, sólidos disueltos 96.63%, sólidos totales 97.76%, sulfuros 99.86%; logrando un porcentaje promedio de eficiencia del 97.85% de remoción en la tercera filtración.

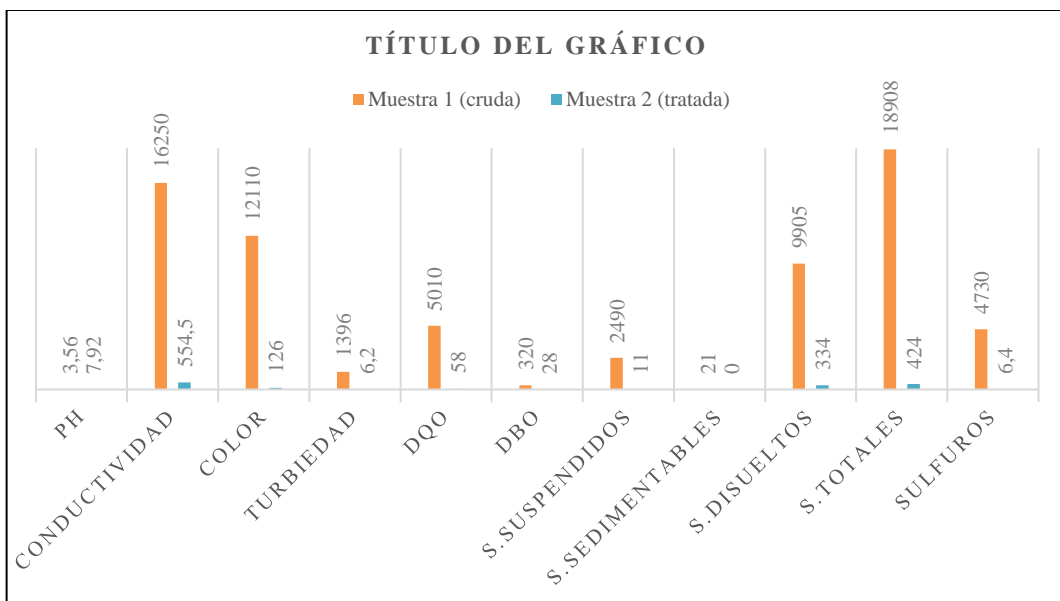


Ilustración 3-31: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la tercera filtración

Realizado por: Paredes, L., 2023.

Como se puede apreciar en la Ilustración 3-31: Comparación de los resultados de los análisis de las muestras de agua cruda y tratada de la tercera filtración: el pH es el único parámetro que aumentó, con una diferencia de 4,36 entre la muestra 1 y la muestra 2, sin embargo, este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible que dicta la Normativa Ambiental, cabe mencionar, que los valores de sulfuros de la muestra 2 no se encuentran dentro de los límites

máximos permisibles, pero al igual que los demás parámetros como la conductividad, color, turbiedad, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos disueltos y sólidos totales se observa que existe una gran disminución a comparación de la muestra 1, cuyos valores son excesivos.

Finalmente, al hacer la comparación entre los resultados obtenidos de las 3 filtraciones, se determinó que el valor del pH aumentó significativamente en la tercera filtración, ya que pasó de 3,56 a 7,92, esto se debe a la adición de cal a la muestra, lo cual hizo que el agua se vuelva alcalina, sin embargo, este parámetro a pesar del aumento en el valor, se encuentra dentro del límite máximo permisible; en cuanto a los valores de los demás parámetros se pudo apreciar una gran disminución en la tercera filtración, es así que, la conductividad obtuvo un porcentaje de remoción del 96,59 %, el color un 98,96%, la turbiedad un 99,56%, la DQO un 98,84%, la DBO un 91,25%, los sólidos suspendidos un 99,56%, los sólidos sedimentables un 99,52%, los sólidos disueltos un 96,63%, los sólidos totales un 97,76% y los sulfuros un 99,86%.

De esta manera se pudo concluir que tanto el material filtrante como el sistema de tratamiento de aguas en conjunto, dieron buenos resultados, obteniendo una eficiencia de remoción de 97,85%.

CONCLUSIONES

- Se evaluó la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria textil utilizando residuos orgánicos naturales como cáscaras de naranja y coco de las cuales se obtuvo carbón para usarlo como medio filtrante y plátano verde utilizado como floculante natural; esto se realizó a partir de la caracterización del agua cruda generada por la lavadora de jeans y el agua obtenida del proceso de filtración, observando que los valores obtenidos de los respectivos análisis de la muestra cruda se encuentran elevados, mientras que los valores que detallan los análisis de la muestra tratada disminuyen considerablemente, comprobando así, que el sistema de tratamiento de aguas residuales es eficiente.
- Se determinó las propiedades físico - químicas de las aguas residuales generadas en la lavadora de jeans obteniendo los siguientes resultados en la primera filtración, un pH de 7.31, conductividad 3397 μ Siems/cm, color 1625 Und. Pt/co, DQO 1720 mg/L, DBO 500 mg/L, sólidos suspendidos 187 mg/L, sólidos sedimentables 12.5 mg/L, sólidos disueltos 2903 mg/L, sólidos totales 4572 mg/L y sulfuros 119.0 mg/L; en la segunda filtración un pH de 7.48, conductividad 3601 μ Siems/cm, color 5090 Und. Pt/co, turbiedad 3864 UTN, DQO 850 mg/L, DBO 420 mg/L, sólidos suspendidos 1428 mg/L, sólidos sedimentables 33 mg/L, sólidos disueltos 2084 mg/L, sólidos totales 4380 mg/L y sulfuros 64 mg/L; y en la tercera filtración un pH de 3.56, conductividad 16250 μ Siems/cm, color 12110 Und. Pt/co, turbiedad 1396 UTN, DQO 5010 mg/L, DBO 320 mg/L, sólidos suspendidos 2490 mg/L, sólidos sedimentables 21 mg/L, sólidos disueltos 9905 mg/L, sólidos totales 18908 mg/L y sulfuros 4730 mg/L; estableciendo de esta manera que los parámetros evaluados se encuentran fuera de los límites máximos permisibles que dicta la normativa ambiental.
- Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales que consta de: una tolva invertida en plancha de acero inoxidable de 40 cm de alto y 28 cm de ancho, con el cilindro enrollado y un cono metálico con una superficie lisa, en cuyo interior se mallas internas de filtración, la piedra grava y el carbón obtenido de las cáscaras; una estructura metálica de 70 cm de largo, 40 cm de ancho y 35 cm de altura, la cual brinda soporte al filtro, la caja de mandos, la bomba y electro coagulador; un barril de almacenamiento con capacidad de 30 L, de 56 cm de alto y 30 cm de ancho; una caja de mandos de 30 cm de largo, 10 cm de ancho y 10 cm de altura, con las respectivas conexiones eléctricas para encender y apagar el filtro; una bomba centrífuga JET de 110 – 130 V, que posee un amperaje de 30 A, ½ hp, 3400 rpm, que permute una salida de 0 a 40 L/min; un electro coagulador formado por una celda de acero inoxidable con electrodos conectados en serie, con un amperaje de 0 – 200 A y un voltaje de 20 a 30 V, se trabajó con

corriente directa; las conexiones con tubería se realizaron con tubería de PVC de media pulgada conectada desde el barril de almacenamiento hacia la parte superior del filtro; también se utilizó como medio filtrante carbón obtenido de residuos orgánicos que en este caso fueron las cáscaras de naranja y coco; y la cáscara de plátano verde como coagulante natural.

- Se valoró la eficiencia del material filtrante por medio de análisis físico - químicos de las aguas obtenidas después del proceso de filtración, obteniendo los siguientes porcentajes de remoción en la primera filtración; conductividad 56.55%, color 70.46%, DQO 65.12%, DBO 46.00 %, sólidos suspendidos 98.93%, sólidos sedimentables 99.20%, sólidos disueltos 68.55%, sólidos totales 71.83%, sulfuros 90.76%; logrando un porcentaje promedio de eficiencia del 74.16% de remoción; en la segunda filtración una conductividad con 49.71%, color 97.35%, turbiedad 99.76%, DQO 57.65%, DBO 52.38 %, sólidos suspendidos 98.88%, sólidos sedimentables 99.70%, sólidos disueltos 48.27%, sólidos totales 67.81%, sulfuros 75.00%; logrando un porcentaje promedio de eficiencia del 74.65% de remoción; en la tercera filtración una conductividad con 96.59%, color 98.96%, turbiedad 99.56%, DQO 98.84%, DBO 91.25 %, sólidos suspendidos 99.56%, sólidos sedimentables 99.52%, sólidos disueltos 96.63%, sólidos totales 97.76%, sulfuros 99.86%; logrando un porcentaje promedio de eficiencia del 97.85% de remoción; demostrando de esta manera que las cáscaras de naranja, coco y plátano verde resultan ser una excelente opción al utilizarlos como material filtrante para tratar aguas residuales.

RECOMENDACIONES

- Construir el equipo bajo normativa internaciones: Normalización ASME para evitar fugas en el filtro y evitar accidentes.
- Para el cuidado del filtro, solo se necesita realizar un retro lavado con agua purificada y se puede utilizar un limpiador simple a base de un tensoactivo no iónico para eliminar sedimentos.
- Se recomienda añadir menos de 85 gr de cal por cada 25 litros de agua para que no exista un ascenso en los valores del pH y poder tener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes.
- Posterior a la electrocoagulación, se aconseja dejar reposar el agua por aproximadamente 7 días para que la mayor cantidad de sólidos se sedimenten y se obtengan buenos resultados en los análisis.
- Buscar y experimentar con otro tipo de desechos orgánicos que también puedan ser utilizados como medio filtrante, y así determinar sería es el más eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGROSPRAY.** *Pesticidas características y transporte en el ambiente.* 2020.
2. **ALFONSEL, M; & FERNÁNDEZ, J.** *Efecto de la temperatura e intensidad luminosa sobre el crecimiento y actividad fotosintética del alga chlamydo-monas reinhardtii.* Madrid: Junta de energía nuclear, 1985.
3. **ARANGO, A.** “La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales”. *Rev. Lasallista de investigación* [En línea]. 2005, 2(1) (Colombia). pp. 49-46. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>
4. **BAHAMONDE, M.** *Desarrollo de una norma técnica enfocada al uso de plaguicidas de tipo profesional en el Ecuador.* Quito: Facultad de Posgrados. UDLA, 2018. p. 109.
5. **BALLADARES, J.** Análisis de la cáscara de naranja como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de industrias de lavadoras de Jeans Fashion de la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2018. pp. 1-86. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27689/1/Tesis%201232%20-%20Balladares%20Pico%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>
6. **BRAÑEZ, M.; et al.** “Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil”. *UNFV* [En línea], 2018, 23(26) (Perú). pp. 129-144. [Consulta: 03 diciembre 2022]. ISSN 1812-6049. Disponible en:
7. **CARBOTECNIA.** ¿Qué es el carbón activado y para qué sirve? [En línea]. 2023. [Consulta: 09 enero 2023]. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>
8. **CARDONA, A.; et al.** “Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II)”. *Rev. Ingeniería* [En línea]. 2013, 17(1) (México), pp. 1-9. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46729718001.pdf>

9. **CARVALHO, F; et al.** *TRACKING PESTICIDES IN THE TROPICS*. S.l.: IAEA bulletin, 1998. pp. 24-30.
10. **CENTRO DE INFORMACIÓN DE LA ATSDR.** *Resúmenes de Salud Pública - Diazinón (Diazinón)*. s.l.: Centro de Información de la ATSDR, 2020.
11. **CIPOTATO.** *Clasificación de los plaguicidas*. s.l.: CIPOTATO, 2019.
12. **CONTENIDOS CEIBAL.** *Spirogyra*. s.l.: Contenidos Ceibal, s.f.
13. **CONTENIDOS EDUCATIVOS DIGITALES.** *Spirogyra spp.* s.l.: Contenidos Educativos Digitales, s.f.
14. **DAMIÁN, M.; & SILVA, C.** Diseño y construcción de un prototipo de clarificador circular de colchón de lodos para el estudio de eficiencia de los coagulantes obtenidos del exoesqueleto del camarón y el desecho del plátano en función del sulfato de aluminio [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo. Ambato-Ecuador. 2016. pp. 1-208. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3058/1/UNACH-ING-AMB-2016-0012.pdf>
15. **DECRETO EJECUTIVO 3516.** *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*
16. **EUROCARB.** ¿Qué es el carbón activado? [En línea]. 2019. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.eurocarb.com/es/productos/que-es-el-carbon-activado/#>
17. **FABARA, H.** Análisis de la cáscara de naranja como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero de aves ubicado en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2017. pp. 1-89. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26862/1/Tesis%201196%20-%20Fabara%20Mel%c3%a9ndez%20Hermel%20David.pdf>
18. **FERNANDEZ, José.** Nutrientes y medios de cultivo de microalgas. s.l.: Microalgal

Biotechnology, 2014.

19. **GALLARDO, L.** Análisis de la fibra de cómo como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Latacunga [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2017. pp. 1-110. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27238>
20. **GUATO, L.** Percepción local sobre el impacto territorial y la gobernanza socio-ambiental de la industria del jean en Ecuador. Caso: lavadoras y tintorerías de jeans en el cantón San Pedro de Pelileo [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias Administrativas. Quito-Ecuador. 2018. pp. 1-201. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19422/1/CD-8812.pdf>
21. **GUILLÉN, Antonio.** *Spirogyra*. s.l.: Biodiversidad Virtual, 2013.
22. **HI. FORCE.** Uso de la presión hidráulica para generar una fuerza. [En línea]. 2016. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.hi-force.com/es/blog-details/3/using-hydraulic-fluid-pressure-to-generate-a-force#:~:text=La%20presi%C3%B3n%20hidr%C3%A1ulica%20se%20mide,supuesto%20el%20fluido%20permanezca%20est%C3%A1tico>
23. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vEVIZvPh2qUJ:https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc/article/download/1369/1109&cd=14&hl=es&ct=clnk&gl=ec>
24. **INEC.** *Plaguicidas y productos afines de uso agrícola. Manejo y disposición final de envases vacíos tratados con triple lavado*. Ecuador: INEC. 2013.
25. **INEC.** *Uso y Manejo de Agroquímicos en la Agricultura 2014*. Ecuador: INEC. 2014.
26. **JURADO, P.; & SUNTAXI, G.** Evaluación de la cáscara de banano como material de empaque en un sistema de biofiltración para tratar aguas residuales provenientes del lavado y tinturado de jeans [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito-Ecuador. 2020. pp. 1-141. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20970/1/CD%2010492.pdf>

27. **LMI.** Coagulación y Floculación en el tratamiento de agua: Bombas dosificadoras y mezcladoras. [En línea]. 2019. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.lmipumps.com/es-ec/technologies/coagulation-and-flocculation-in-water-treatment#:~:text=La%20coagulaci%C3%B3n%20y%20la%20floculaci%C3%B3n,agua%20y%20reducen%20la%20turbidez>
28. **MALUSIN, L.** Análisis de la arena volcánica como filtro en el tratamiento de aguas residuales de la lavadora Ram Jeans del cantón Pelileo provincia de Tungurahua [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2019. pp. 1-105. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30583/1/Tesis%20I.%20C.%201360%20-%20Malus%C3%ADn%20Ramos%20Luc%C3%ADa%20Anabel.pdf>
29. **MANUAL DE PESTICIDAS DE CENTROAMÉRICA. CIHALOTRINA-LAMBDA.** s.l.: Manual de Pesticidas de Centroamérica, 2020.
30. **MAZILLE, F.; & SPUHLER, D.** Coagulación-Floculación. [En línea]. 2019. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n%2C-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
31. **MEDINA, M.** Evaluación de la contaminación generada por el vertido de aguas residuales provenientes de la Industria Textil en el cantón Pelileo periodo 2012-2015 [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales. 2015. pp. 1-75. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1472/1/Tesis_Milton_final_2015.pdf
32. **MORALES, F.; et al.** “Biofiltración sobre cama de turba, para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de jeans”. Revista Publicando [En línea], 2017, 4(10). pp. 579-590. [Consulta: 03 diciembre 2022]. ISSN 1390-9304. Disponible en: https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/515/pdf_337

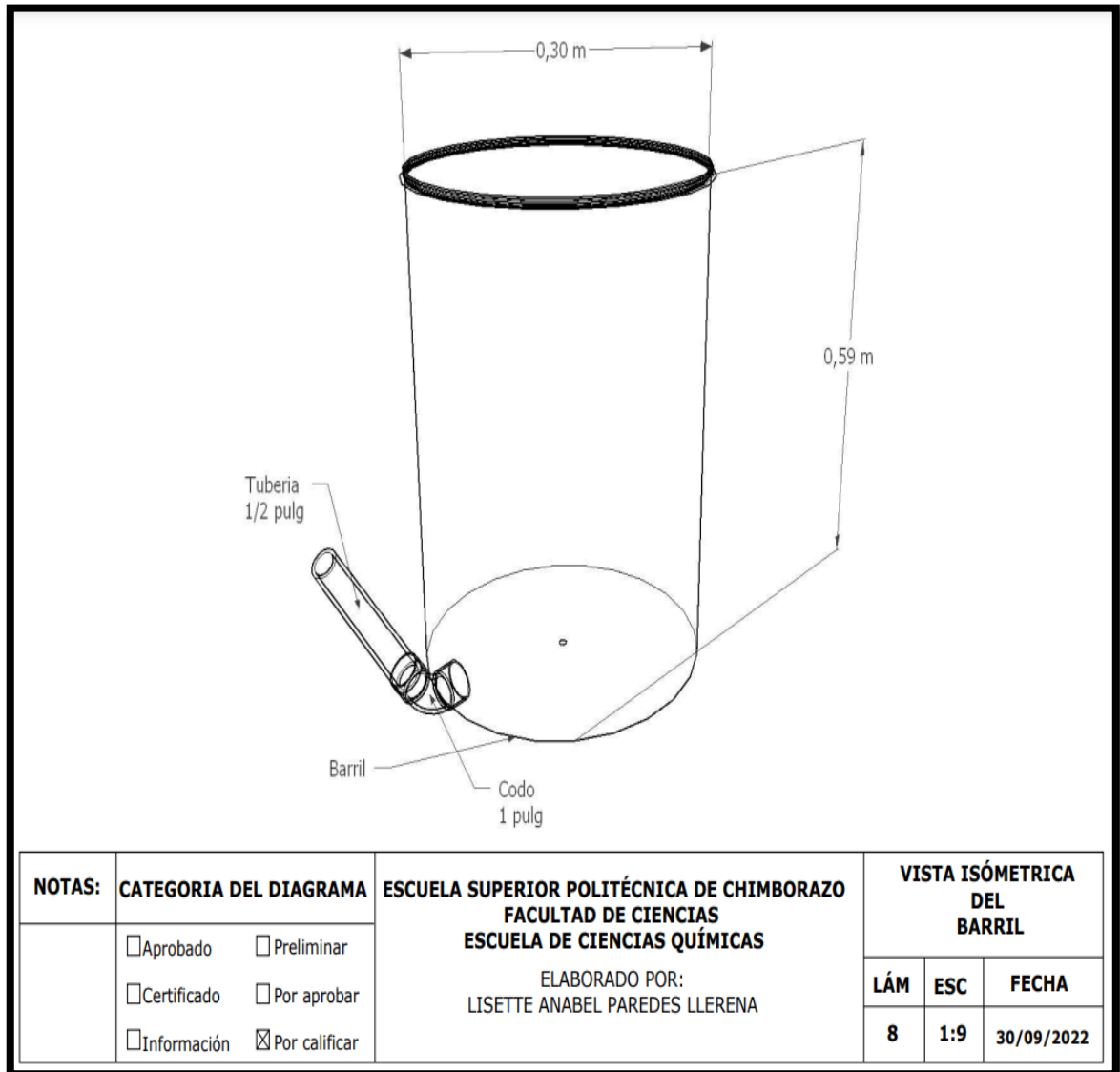
33. **MORELL, Ignacio; & CANDELA, Lucila.** *Plaguicidas aspectos ambientales, analíticos y toxicológicos*. España: Universitat Jaume I, 1998.
34. **ORTIZ, M.** Evaluación de la cáscara de Plátano (AAB SIMMONDS) como coagulante natural para la clarificación de aguas [En línea]. (Tesis de maestría). Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. [Consulta: 09 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1276/Ortiz%20Carvajal%20Mario%20Fernando-2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
35. **POCHTECA.** Carbón activado de cáscara de coco, uso especial en potabilización del agua. [En línea]. 2022. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://tienda.pochteca.com.mx/blog/post/carbon-activado-de-cascara-de-coco-uso-especial-en-potabilizacion-del-agua.html>
36. **PORTILLO, Germán.** *Bioacumulación*. s.l.: Energías Renovables, 2021.
37. **RODÓN, A.; et al.** “Uso de la cáscara de coco (Cocos nucífera) como medio filtrante en el tratamiento del agua del campo El Salto, Venezuela”. *Ingeniería y Desarrollo* [En línea], 38(1) (México). 2020. pp. 125-147. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/852/85270674008/html/>
38. **SEPÚLVEDA, J.** Diseño del tratamiento de las aguas residuales de una industria textil (70 m³/d) para la eliminación de fibras y reutilización del agua [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Valencia. España. 2019. pp. 1-119. [Consulta: 03 diciembre 2022]. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/125645/23884324C_TFG_15618950646128346690610068646736.pdf?sequence=1&isAllowed=y
39. **SILVA, Noemi.** Evaluación en el laboratorio de la sensibilidad de spirogyra spp. Como bioindicador de los plaguicidas: diazinón, lanvda cyhalotrina y spinosad [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017.
40. **THOMANN, María.** *Organismos bioindicadores - Definición, tipos y ejemplos*. s.l.: Experto animal, 2020.

41. **WAYLAND.** *Manual clínico sobre sustancias tóxicas.* s.l.: Organización Panamericana de la Salud, 1966.
42. **ZABALA-VELIN, Adriana Abigail; et al.** "Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya". *Tecnológicas*, vol. 23, N° 49 (2020)(Cantón Palora, Ecuador :), pp. 92-107.

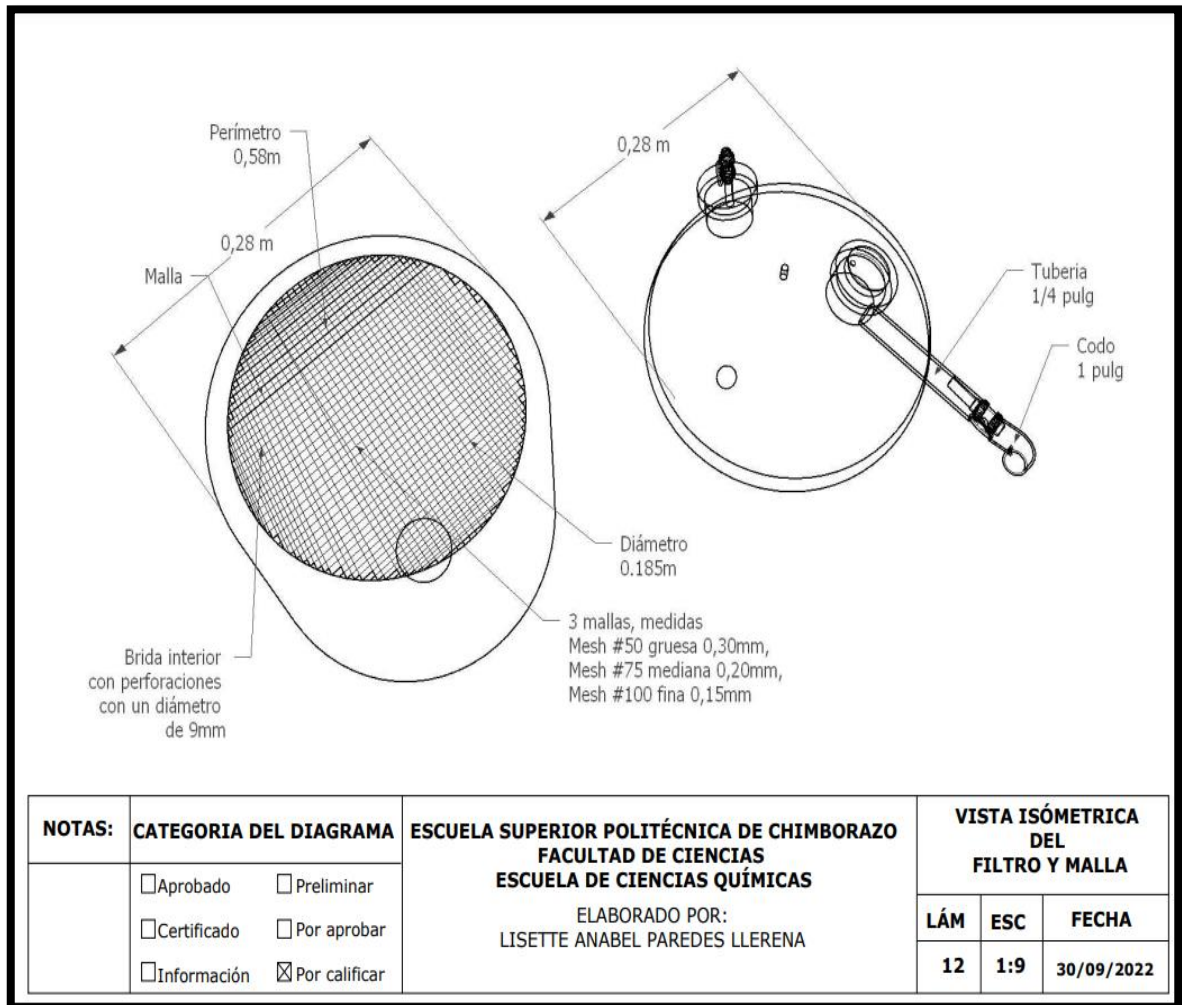


ANEXOS

ANEXO A: PLANO DEL BARRIL (VISTA ISOMETRICA)

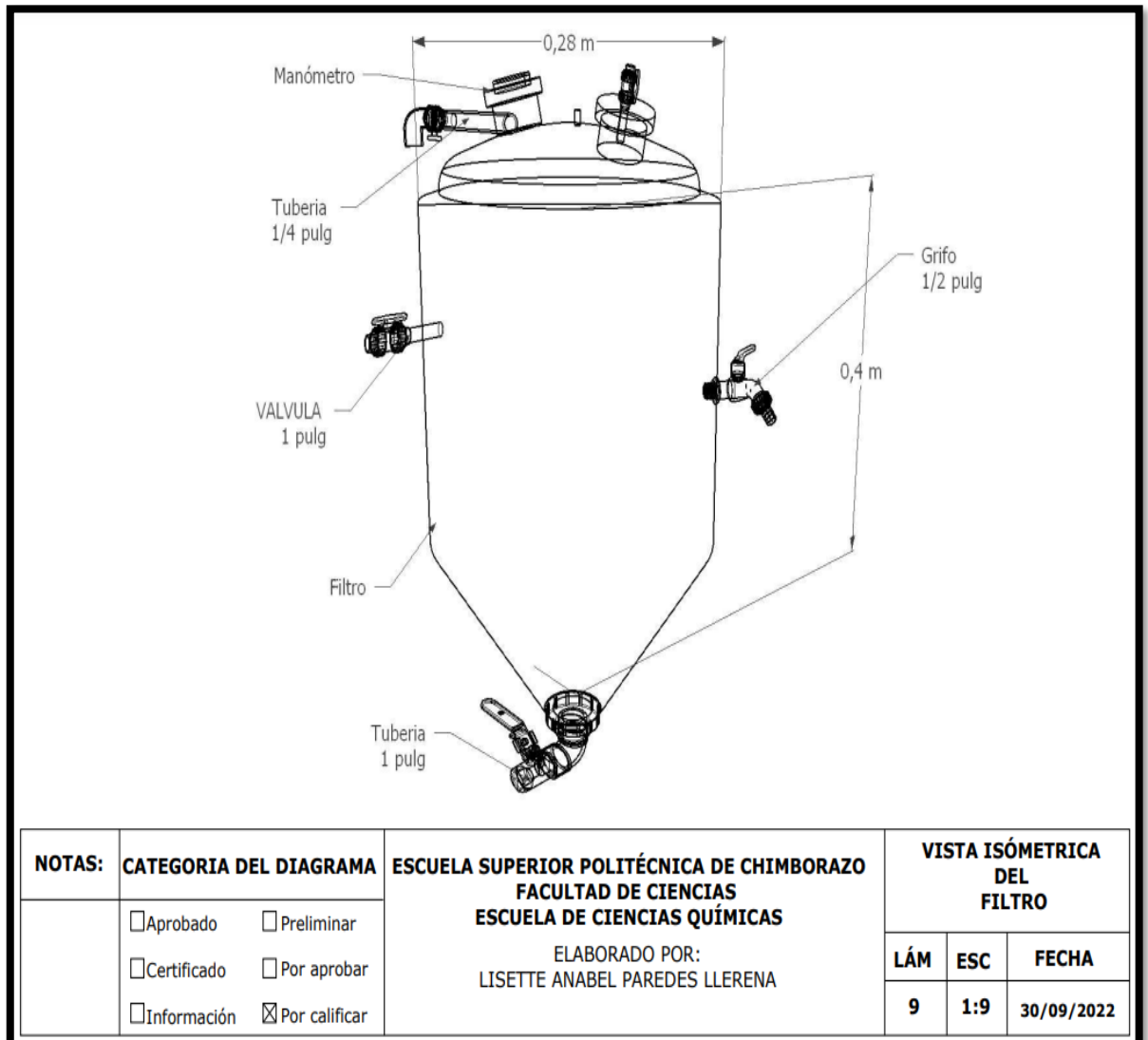


ANEXO B: PLANO DEL FILTRO Y MALLA (VISTA ISOMETRICA)



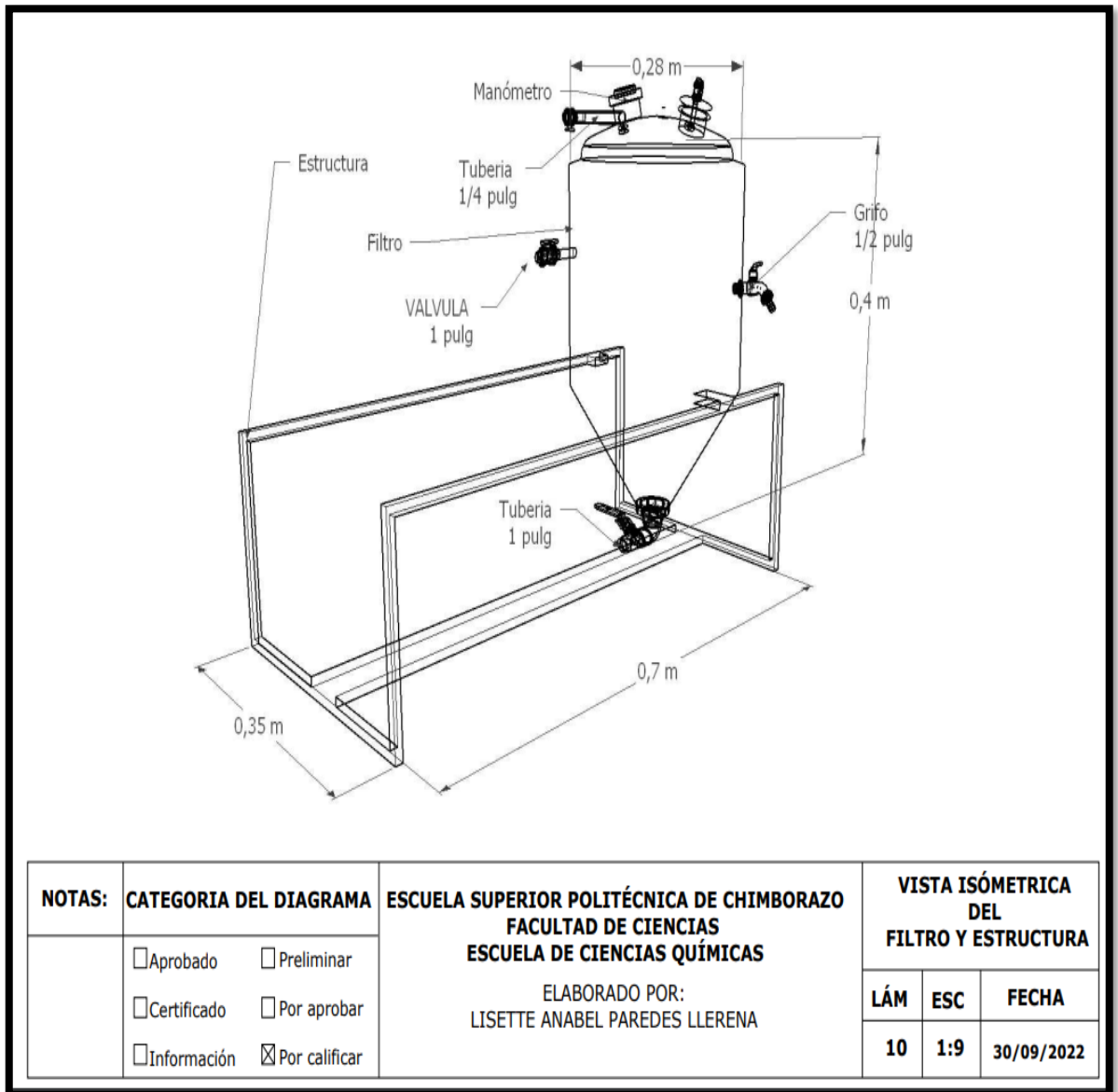
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA ISÓMETRICA DEL FILTRO Y MALLA		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁM	ESC	FECHA
			12	1:9	30/09/2022

ANEXO C: PLANO DEL FILTRO (VISTA ISOMETRICA)



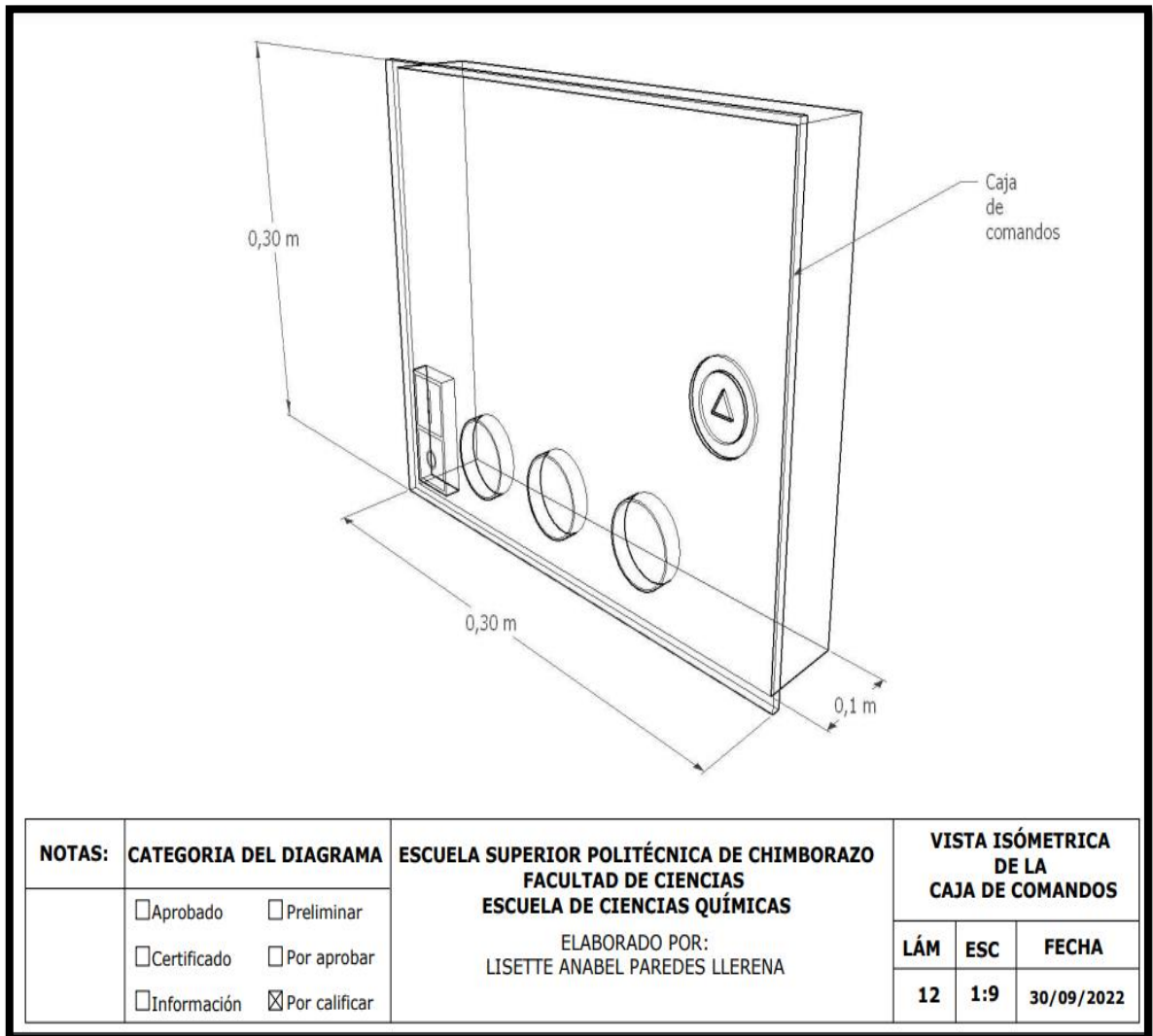
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA ISÓMETRICA DEL FILTRO		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁM	ESC	FECHA
			9	1:9	30/09/2022

ANEXO D: PLANO DEL FILTRO Y ESTRUCTURA SOPORTE (VISTA ISOMETRICA)

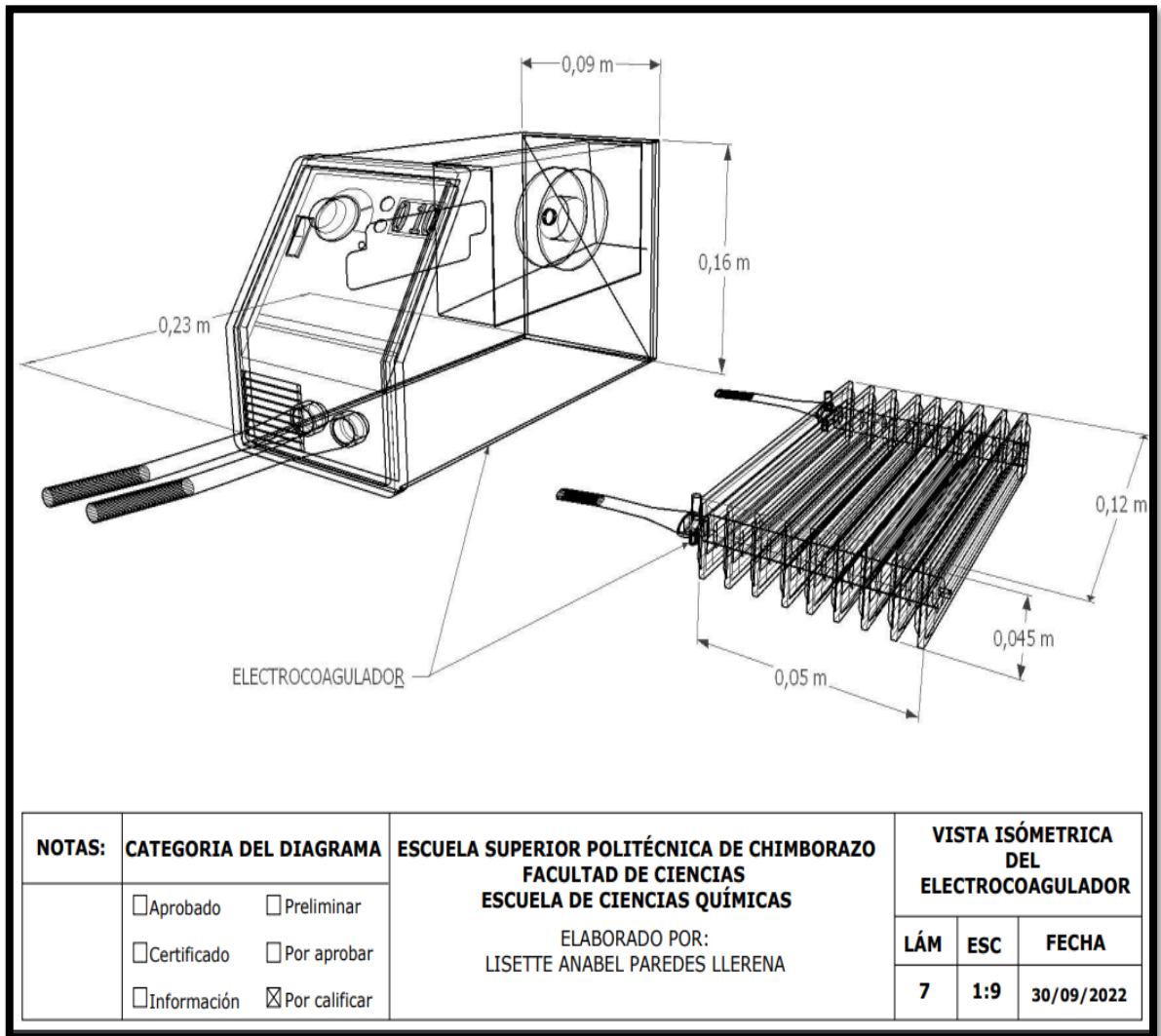


NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA ISÓMETRICA DEL FILTRO Y ESTRUCTURA		
			LÁM	ESC	FECHA
			10	1:9	30/09/2022

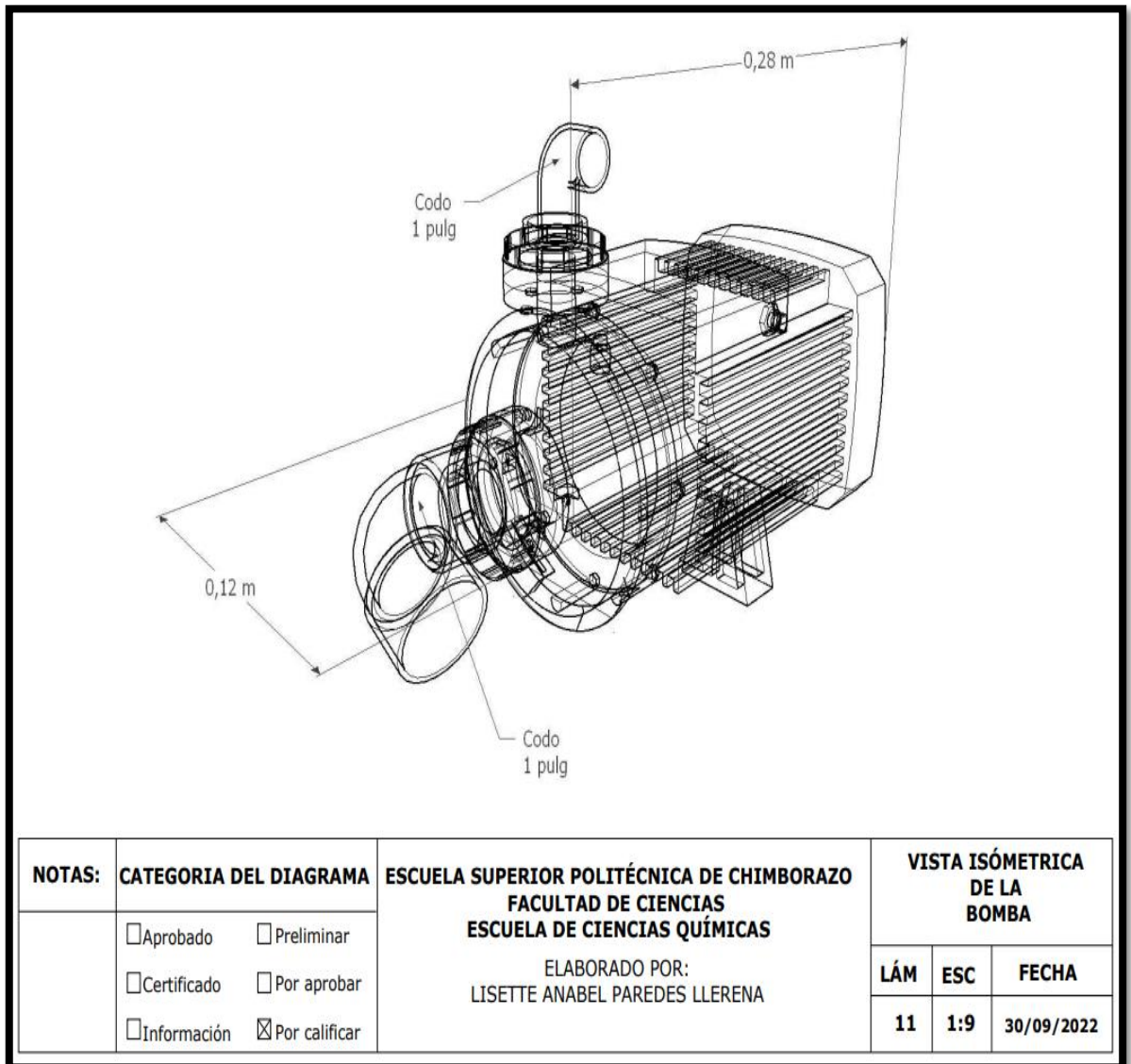
ANEXO E: PLANO DE CAJA DE COMANDOS (VISTA ISOMETRICA)



ANEXO F: PLANO DE ELECTRO COAGULADOR (VISTA ISOMETRICA)

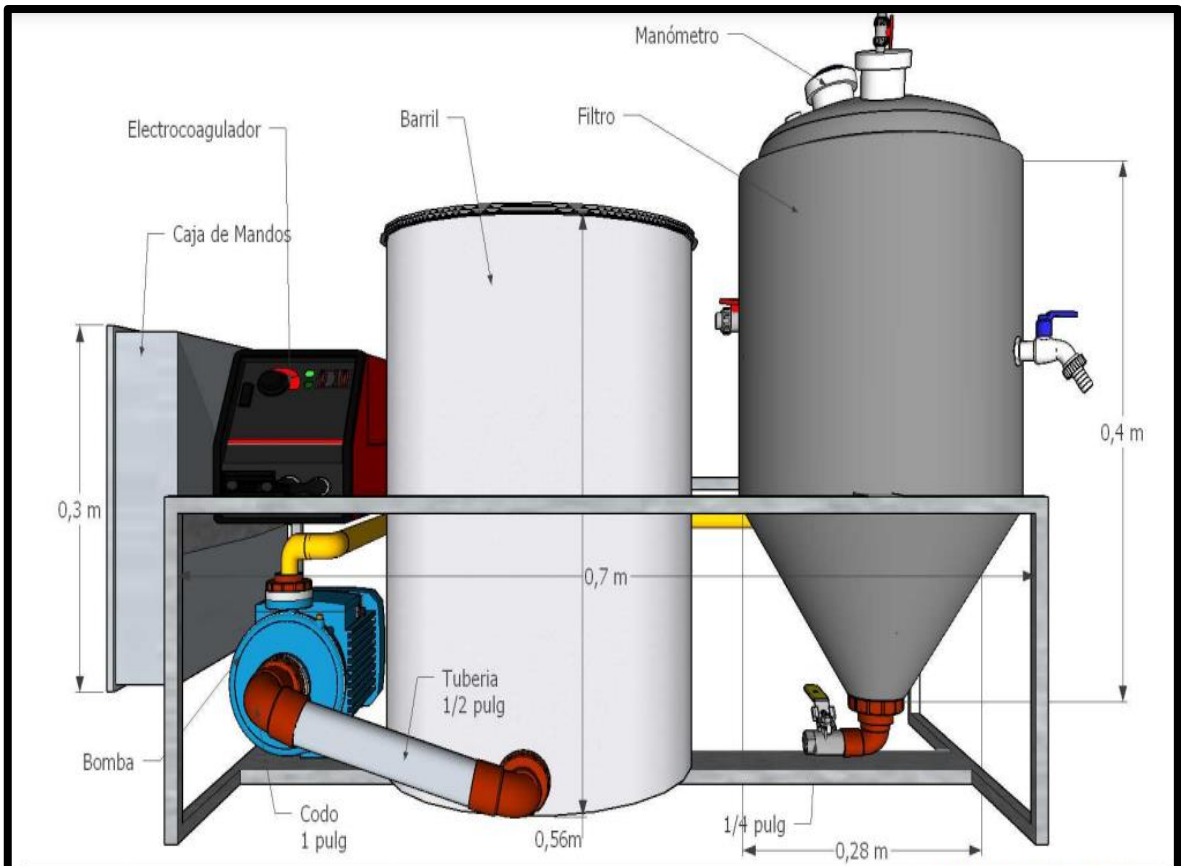


ANEXO G: PLANO DE LA BOMBA (VISTA ISOMETRICA)



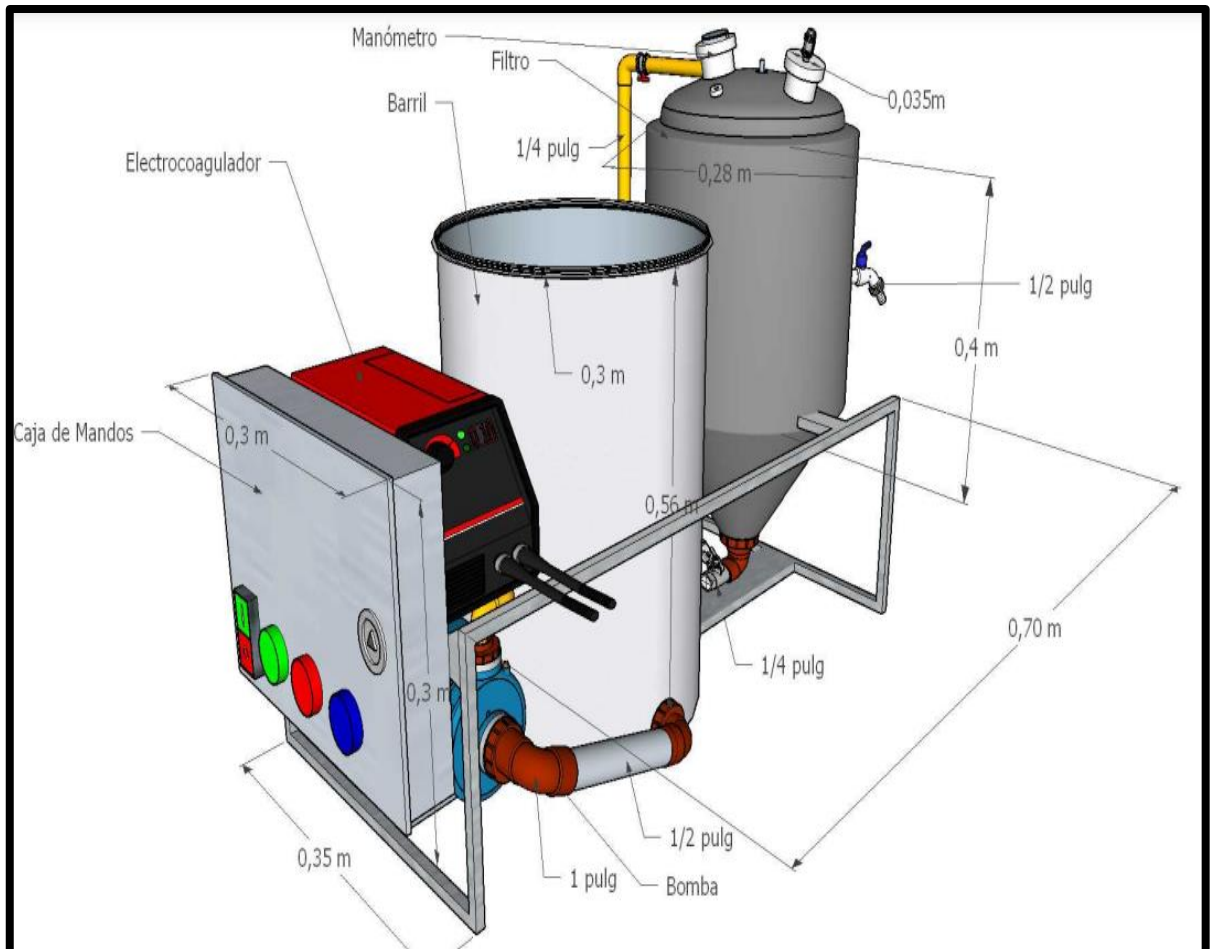
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA ISÓMETRICA DE LA BOMBA		
			LÁM	ESC	FECHA
			11	1:9	30/09/2022

**ANEXO H: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA FRONTAL)**



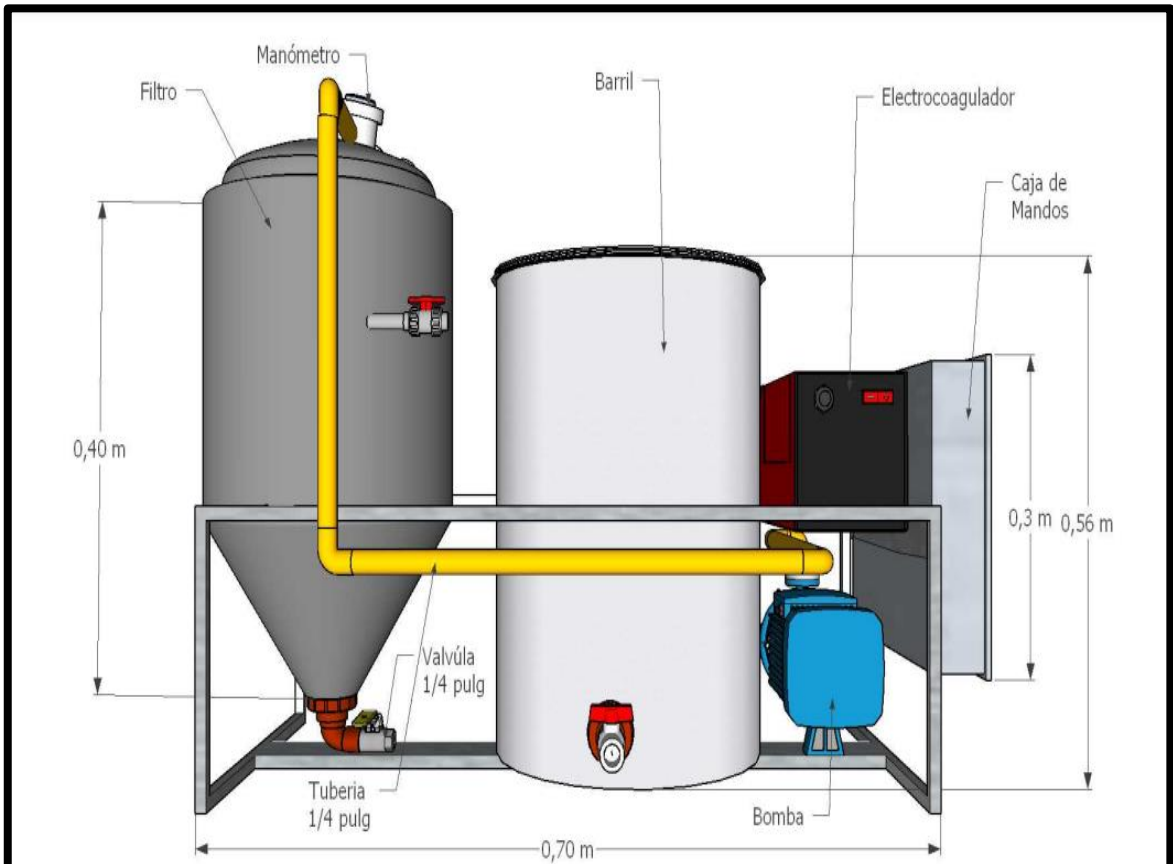
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA FRONTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES						
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁM</th> <th>ESC</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">3</td> <td align="center">1:9</td> <td align="center">17/02/2023</td> </tr> </tbody> </table>	LÁM	ESC	FECHA	3	1:9	17/02/2023
LÁM	ESC	FECHA							
3	1:9	17/02/2023							

**ANEXO I: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA ISOMÉTRICA)**



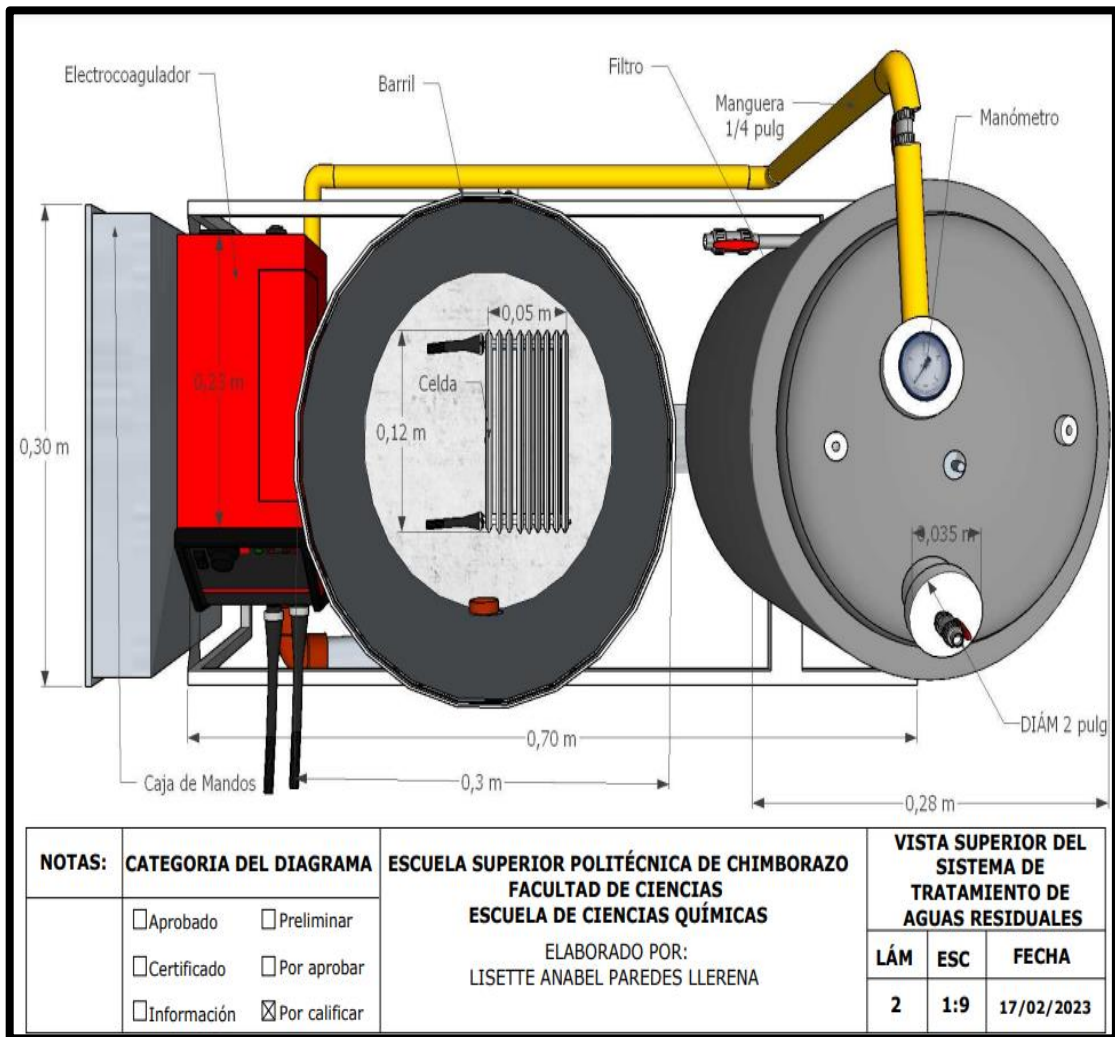
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA ISOMÉTRICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁM	ESC	FECHA
			1	1:9	17/02/2023

**ANEXO J: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA POSTERIOR)**



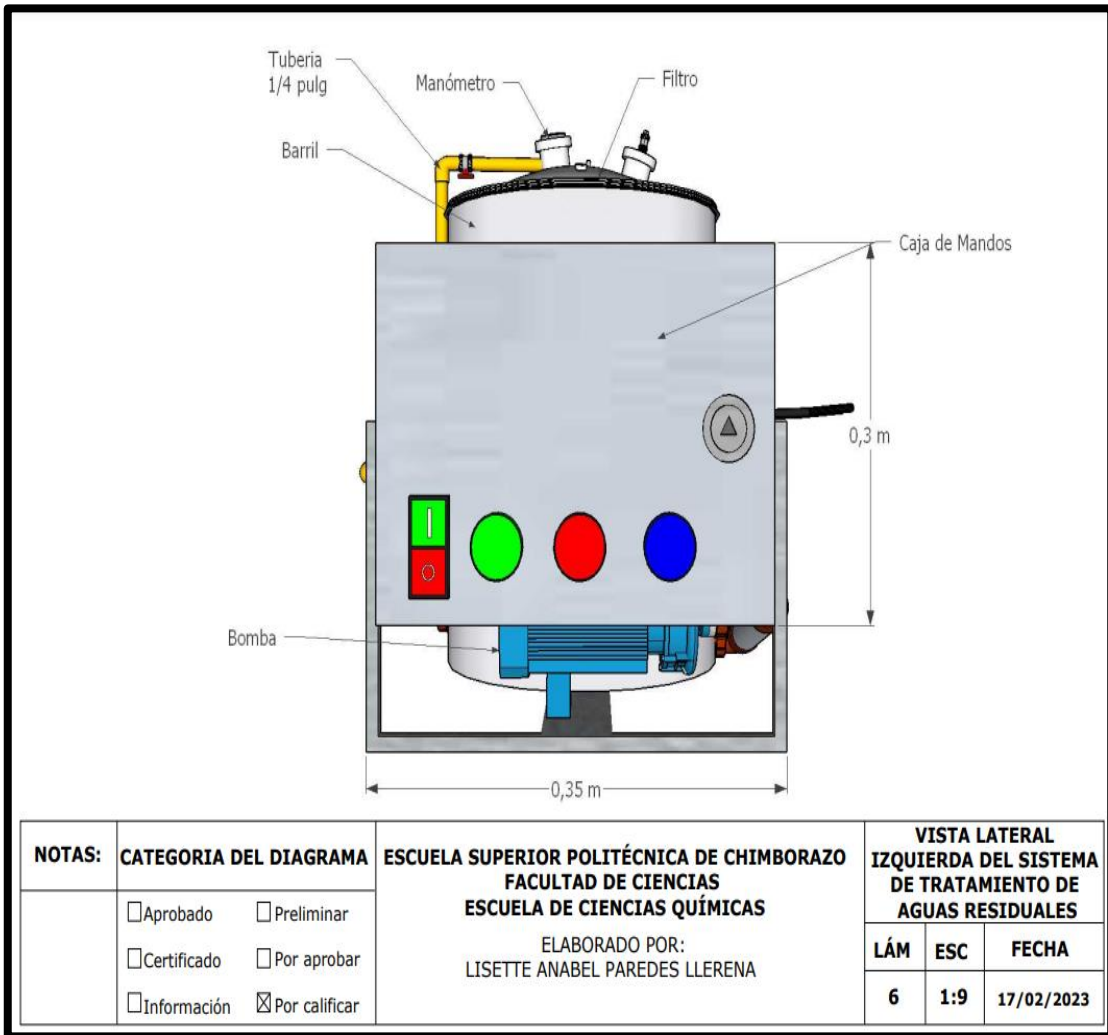
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA POSTERIOR DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁM	ESC	FECHA
			5	1:9	17/02/2023

**ANEXO K: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA SUPERIOR)**



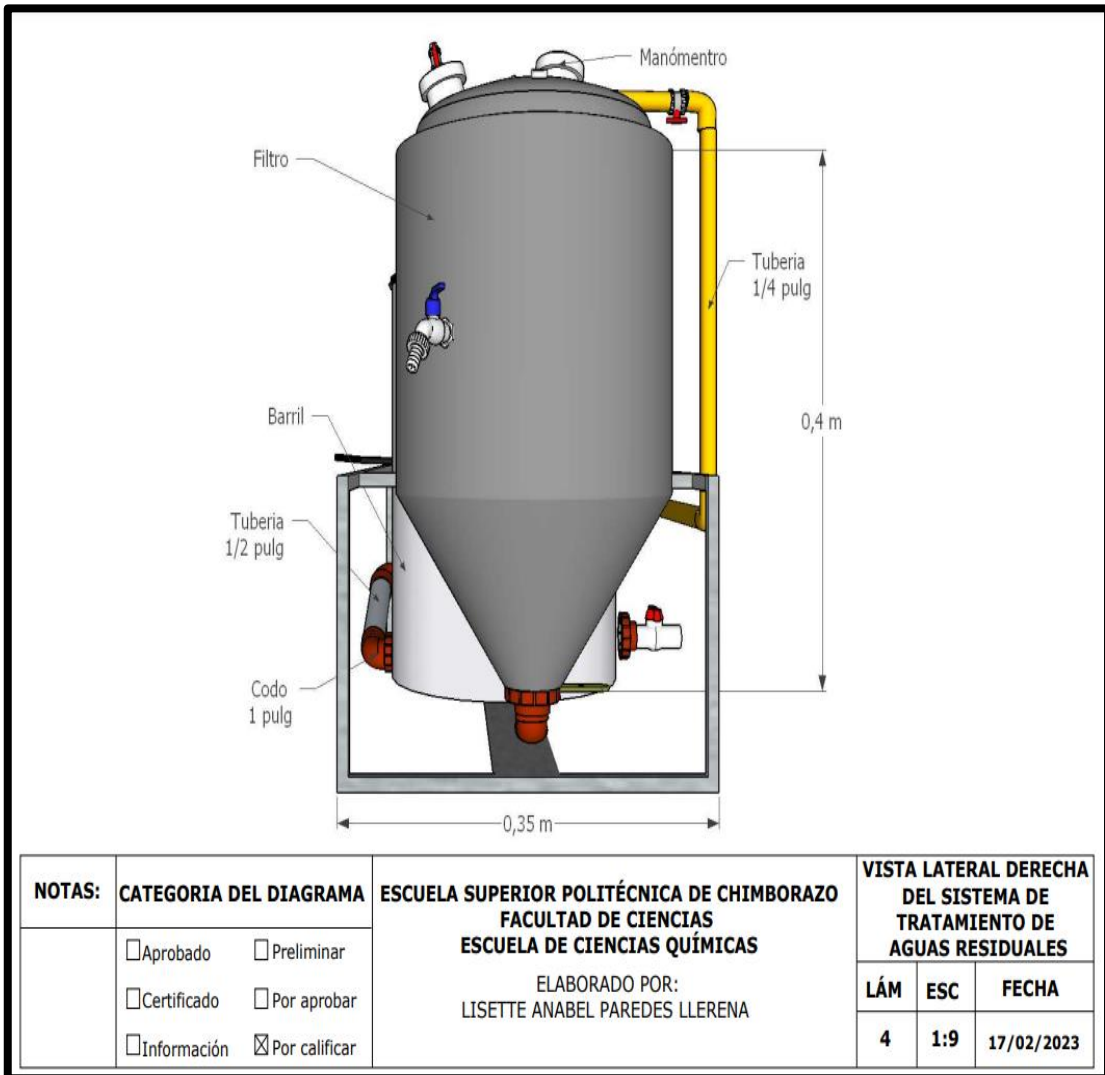
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES							
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁM</th> <th>ESC</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">2</td> <td align="center">1:9</td> <td align="center">17/02/2023</td> </tr> </tbody> </table>	LÁM	ESC	FECHA	2	1:9	17/02/2023	
LÁM	ESC	FECHA								
2	1:9	17/02/2023								

**ANEXO L: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA LATERAL IZQUIERDA)**



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA LATERAL IZQUIERDA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁM	ESC	FECHA
			6	1:9	17/02/2023

**ANEXO M: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
(VISTA LATERAL DERECHA)**



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS ELABORADO POR: LISETTE ANABEL PAREDES LLERENA	VISTA LATERAL DERECHA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁM</th> <th>ESC</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">4</td> <td align="center">1:9</td> <td align="center">17/02/2023</td> </tr> </tbody> </table>	LÁM	ESC	FECHA	4
LÁM	ESC	FECHA					
4	1:9	17/02/2023					

ANEXO N: INFORME DEL ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE LA PRIMERA FILTRACIÓN



Fecha: 14 de octubre del 2022
Análisis solicitado por: Srta. Lisette Paredes
Tipo de muestras: Aguas Residuales muestras compuestas
Localidad: LAVADORA DE JEANS "LA RAIZ DEL JEAN" Pelileo

Muestra 1: Muestra de agua cruda proveniente de los procesos de: Desengome, Stone, Oxidación, Reducción, , Blanqueo, Suavizado, con permanganato y estancada.

Muestra 2: Muestra de agua tratada con procesos de: Electrocoagulación, Electrofloculación y filtración, utilizando carbón obtenido de las cáscaras de naranja y coco

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados Muestra 1	Resultados Muestra 2
pH	-	4500-H-B	7.31	7.99
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	3 397	1 476
Color	Und. Pt/Co	2120-C	1 625	480
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	1 720	600
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	500	270
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-E	187	2
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	12.5	< 0.1
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C	2 903	913
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	4 572	1 288
Sulfuros	mg/L	4500-S ² -E	119.0	11.0

*Métodos de análisis del Standard Methods APHA AWWA. AGUA Y ALIMENTOS

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador



ANEXO O: INFORME DEL ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE LA SEGUNDA FILTRACIÓN



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 08 de diciembre del 2022

Análisis solicitado por: Srta. Lisette Paredes

Tipo de muestras: Agua Residual industria textil, lavado de jeans

Localidad: Empresa la Raíz del Jean. Cantón Pelileo

Muestra 1: Agua residual cruda (muestra compuesta) proveniente de los procesos de: Desengome, Stone, Oxidación, Reducción, Blanqueo, Suavizado, con Permanganato y Estancada

Muestra 2: Agua residual tratada (muestra compuesta) con procesos de: Electrocoagulación, Electroflotación y Filtración utilizando carbón de cáscaras de naranja y coco.

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados Muestra 1	Resultados Muestra 2
pH	-	4500-H-B	7.48	9.01
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	3 601	1 811
Color	Und. Pt/co	2120-C	5 090	135
Turbiedad	UTN	2130-B	3864	9.2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	850	360
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	420	200
Sulfuros	mg/L	4500-S ² -E	64	16
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2540-B	2 084	1 078
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	33	< 0.1
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-B	1 428	16
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	4 380	1 410

* Métodos de análisis del Standard Methods APHA AWWA.

Observaciones:

Atentamente.

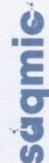
Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎ 0998580374 ☎ 032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador



ANEXO P: INFORME DEL ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE LA TERCERA FILTRACIÓN



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 02 de febrero del 2023

Análisis solicitado por: Srta. Lisette Paredes

Tipo de muestras: Agua Residual industria textil, lavado de jeans

Localidad: Empresa la Raiz del Jean. Cantón Pelileo

Muestra 1: Agua residual cruda (muestra compuesta) proveniente de los procesos de: Desengome, Stone, Oxidación, Reducción, Blanqueo, Suavizado, con Permanganato y Estandada

Muestra 2: Agua residual tratada (muestra compuesta) con procesos de: Electrocoagulación, Electro-floculación y Filtración utilizando carbón de cáscaras de naranja y coco.

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados Muestra 1	Resultados Muestra 2
pH	-	4500-H-B	3.56	7.92
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	16 250	554.5
Color	Und. Pt/co	2120-C	12 110	126
Turbiedad	UTN	2130-B	1 396	6.2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	5 010	58
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	320	28
Sulfuros	mg/L	4500-S ⁻² -E	4 730	6.4
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2540-B	9 905	334
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	21	< 0.1
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-B	2 490	11
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	18 908	424.0

* Métodos de análisis del Standard Methods APHA AWWA.

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

ANEXO Q: PARTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Filtro



Barril



Electro coagulator



Celda para la electrocoagulación



Bomba



Caja de mandos

ANEXO R: PROCESO DE OBTENCIÓN DEL CARBÓN



Cáscaras secas dentro de la estufa



Cáscaras trituradas



Pesaje de la cápsula de porcelana vacía



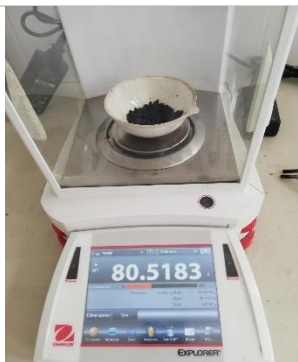
Pesaje de la cápsula de porcelana con la muestra añadida



Proceso de carbonización en la mufla



Obtención de carbón



Pesaje de la cápsula de porcelana con el carbón



Carbón



Carbón en funda ziploc y rotulada

ANEXO S: MUESTRAS CRUDAS Y FILTRADAS DE LAS 3 FILTRACIONES



Muestra cruda para la primera filtración



Muestra tratada de la primera filtración



Muestra cruda para la segunda filtración



Muestra tratada de la segunda filtración



Muestra cruda para la tercera filtración



Muestra tratada de la tercera filtración



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE
TRABAJO DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 29/ 05 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTORES
Nombres – Apellidos: Lisette Anabel Paredes Llerena
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera en Biotecnología Ambiental
 Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga, PhD. Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Juan Carlos González García, PhD. Asesor del Trabajo de Titulación

1712-DBRA-UPT-2023