TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA LAVANDERÍA MEDIANTE COAGULACIÓN CON PRETRATAMIENTO DE OXIDACIÓN CON HIPOCLORITO DE CALCIO"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Luis Fernando Huerto Quispe (0000-0001-5385-0023)

Kevin Alexander Medina Laguna (0000-0002-6650-4725)

Asesor:

Olga Vadimovna Kostenko De Caparo (0000-0001-8895-8982)

Lima – Perú

2025

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 13 de agosto de 2025.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. Noé Ordóñez Machicao
Miembro: Dra. María Magdalena Cardenas Gaudry
Miembro: Mg. Raul Lima Coasaca

Se reúnen para evaluar la tesis, con código de proyecto PRE-11-2023-00304, titulada :

"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA LAVANDERÍA MEDIANTE COAGULACIÓN CON PRETRATAMIENTO DE OXIDACIÓN CON HIPOCLORITO DE CALCIO"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Luis Fernando Huerto Quispe**
- **Kevin Alexander Medina Laguna**

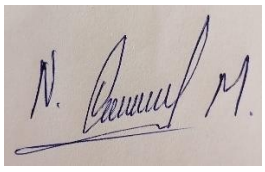
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Mg. Olga Vadimovna Kostenko

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Luis Fernando Huerto Quispe & Kevin Alexander Medina Laguna		Nota (en letras): 14 (Catorce)	
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

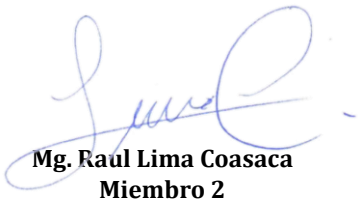
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dr. Noé Ordóñez Machicao
Presidente



Dra. María Magdalena Cardenas Gaudry
Miembro 1



Mg. Raul Lima Coasaca
Miembro 2



Mg. Olga Vadimovna Kostenko
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, 11 de marzo del 2026

Señor,
Dr. Percy Mayta Tristan

Vicerrectorado de Investigación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Luis Fernando Huerto Quispe y Kevin Alexander Medina Laguna, egresados de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con la asesora de tesis Olga Vadimovna Kostenko, declaramos que este informe final de tesis de investigación titulado: "Tratamiento de Aguas Residuales de una Lavandería Mediante Coagulación con Pretratamiento de Oxidación con Hipoclorito de Calcio", sustentado para obtener el título de Ingeniero Ambiental es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

LUIS FERNADO HUERTO QUISPE
DNI: 70311229

Olga V. Kostenko
DNI:10796382

Firma tesista
KEVIN ALEXANDER MEDINA LAGUNA
DNI: 74861997

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Tratamiento de aguas residuales de una lavandería mediante coagulación con pretratamiento de oxidación con hipoclorito de calcio

Autores. Luis Fernando Huerto Quispe; Kevin Alexander Medina Laguna

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2924125828)

Código de registro. PRE-11-2023-00304

Resultado de la evaluación. 7%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Tratamiento de aguas residuales

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	8%	6%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
4	network.bepress.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.vivienda.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.. "PAMA del Camal Conchucos-IGA0011540", R.D.G. N° 220-2015-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2020 Publicación	<1%

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL 3

ÍNDICE DE TABLAS 5

ÍNDICE DE FIGURAS 6

ÍNDICE DE ANEXOS 7

I. RESUMEN 8

II. ABSTRACT 10

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12

IV. MARCO TEÓRICO 17

4.1. Aguas residuales Textiles 17

4.1.1. Características de aguas residuales textiles 17

4.2. Procesos de tratamiento de aguas residuales textiles 18

4.2.1. Proceso de Coagulación 19

4.2.2. Proceso de Oxidación 20

4.2.2.1. Tratamiento de Oxidación con hipoclorito de calcio 20

4.3. Valores Máximos Admisibles 21

V. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 22

5.1. Objetivo general 22

5.2. Objetivos específicos 23

VI. HIPÓTESIS 23

6.1. HIPÓTESIS GENERAL 23

6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 23

VII. METODOLOGÍA 24

7.1. ÁREA DE ESTUDIO 25

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.2. Diseño de investigación 26

7.2.1. Preparación de equipos 26

7.2.2. Recolección de muestras 27

7.2.3. Procedimiento de evaluación y análisis 28

VIII. RESULTADOS 32

8.1. Caracterización del efluente 33

8.2. Evaluación de la eficiencia del tratamiento con Hipoclorito de Calcio (T1) 34

8.3. Prueba de Jarras.....36

8.4. Evaluación de la eficiencia del tratamiento con Hipoclorito de Calcio más Coagulante (T2).....36

8.5. Comparación entre tratamientos (T1 y T2).....42

IX. DISCUSIÓN 49

X. CONCLUSIONES..... 52

XI. .REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... 53

XII. ANEXOS 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Composición general de efluentes textil* 18

Tabla 2 *VMA para descargas al sistema de alcantarillado*..... 21

Tabla 3 *Relación de Equipos y Materiales para el proceso de recolección de muestras de efluente de lavandería textil*..... 26

Tabla 4 *Parámetros de Medición fisicoquímicos para la caracterización de las muestras de efluentes de lavandería textil* 28

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 5 *Composición del tratamiento (T1) con dosis de ($Ca(ClO)_2$) para la oxidación de la muestra de efluente de lavandería textil* 29

Tabla 6 *Dosis de coagulantes para el proceso de coagulación en muestras compuestas de efluentes de lavandería textil* 30

Tabla 7 *Composición del tratamiento (T2) con dosis de hipoclorito de calcio junto al coagulante para efluente de lavandería textil* 31

Tabla 8 *Caracterización de muestras compuestas de efluente de lavandería textil* 33

Tabla 9 *Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-01.* 34

Tabla 10 *Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-02.* 35

Tabla 11 *Determinación de dosis óptima de coagulante* $Fe_2(SO_4)_3$ *en la muestra de efluente de lavandería textil según muestra compuesta* 36

Tabla 12 *Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-01.* 37

Tabla 13 *Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-02.* 38

Tabla 14 *Porcentaje de remoción por cada semana* 43

Tabla 15 *Comparación de parámetros fisicoquímicos entre tratamientos* 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de Lavandería Fashion E.I.R.L. 25

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figura 2 Remoción de Sólidos Suspendidos Totales con T2 según muestras compuestas 39

Figura 3 Remoción Potencial de Hidrógeno 40

Figura 7 Comparación de Sólidos Suspendidos Totales por tratamientos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 8 Comparación de Potencial de Hidrógeno por tratamientos 45

Figura 9 Comparación de Demanda Química de Oxígeno por tratamientos 46

Figura 10 Comparación de Conductividad Eléctrica por tratamientos 47

Figura 11 Comparación de Turbidez por tratamientos 48

Figura 12 Comparación de Color por tratamientos..... 49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Informes de Análisis de Ensayo (S-3245) 72

ANEXO 2: Informes de Análisis de Ensayo (S-3379) 79

ANEXO 3: Certificado de Laboratorio Acreditado 86

ANEXO 4: Registro Fotográfico..... 88

ANEXO 5: Resolución de Aprobación de Proyecto de Tesis 92

ANEXO 6: Solicitud de Uso de Muestras de Agua ante Empresa Privada con Fines de Investigación..... 94

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

I. RESUMEN

Las industrias textiles como lavanderías vierten efluentes sin previo tratamiento en cuerpos de agua, estos efluentes presentan características que significan un riesgo potencial para los cuerpos de aguas. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivos evaluar la eficiencia de la oxidación del hipoclorito de calcio junto a un proceso de coagulación para el tratamiento de aguas residuales textiles de una lavandería en Lima y comparar la eficiencia entre la oxidación del hipoclorito frente a la oxidación del hipoclorito de calcio seguido de un proceso de coagulación. Para ello, se tomaron muestras compuestas (MC-01 y MC-02) del efluente de la lavandería IND Fashion y se realizaron pruebas con hipoclorito de calcio ($Ca(ClO)_2$) e hipoclorito de calcio ($Ca(ClO)_2$) más sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$) para determinar la remoción de los parámetros: sólidos suspendidos totales (SST), pH, conductividad eléctrica (CE), turbidez, demanda química de oxígeno (DQO) y color. Los resultados mostraron que la aplicación combinada presentaba reducciones de 87.44% (MC-01), 3.69% (MC-01) y 81.75% (MC-02) en SST, DQO y turbidez respectivamente, mientras que solo $Ca(ClO)_2$, obtuvo una remoción de 67.26% (MC-01), 1.52% (MC-01) y 34.81%(MC-02) para los mismos parámetros, sin embargo, en los parámetros restantes se observaron incrementos en ambos tratamientos. De lo cual se concluye que el tratamiento combinado es más efectivo en la remoción de SST,DQO y Turbidez. Esto sugiere la presencia de limitaciones en la remoción de los demás parámetros. Además, la remoción de SST, DQO y turbidez alcanzada demuestra ser eficiente y de bajo costo en comparación con tecnologías avanzadas como Photo-Fenton y procedimientos combinados.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Las actividades industriales textiles, particularmente las lavanderías, generan efluentes con elevada carga contaminante que, en muchas ocasiones, son vertidos sin tratamiento previo a cuerpos de agua receptores, representando un riesgo significativo para el ambiente acuático. En ese sentido, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del hipoclorito de calcio ($Ca(ClO)_2$) como agente oxidante, tanto de forma individual como combinado con un proceso de coagulación mediante sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$), para el tratamiento de aguas residuales textiles generada por una lavandería ubicada en Lima, Perú.

Palabras Clave: Hipoclorito de Calcio, lavandería, efluente, coagulación, oxidación

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

II. ABSTRACT

Textile industries, such as laundries, discharge effluents into water bodies without prior treatment. These effluents exhibit characteristics that pose a potential risk to aquatic ecosystems. In this context, the present study aims to evaluate the efficiency of calcium hypochlorite oxidation in combination with a coagulation process for the treatment of textile wastewater from a laundry facility in Lima. Additionally, it seeks to compare the efficiency of oxidation using calcium hypochlorite alone versus oxidation followed by coagulation. For this purpose, composite samples (MC-01 y MC-02) of the effluent from the IND Fashion laundry were collected, and tests were conducted using calcium hypochlorite ($Ca(ClO)_2$) alone and in combination with ferric sulfate ($Fe_2(SO_4)_3$) to determine the reduction of key parameters, including total suspended solids (TSS), pH, turbidity, electrical conductivity (EC), chemical oxygen demand (COD), and color. The results indicated that the combined treatment achieved removal efficiencies of 87.44% (MC-01), 3.69% (MC-01), and 81.75% (MC-02) for TSS, COD, and turbidity, respectively. In contrast, the application of $Ca(ClO)_2$ alone resulted in lower removal rates of 67.26% (MC-01), 1.52% (MC-01), and 34.81% (MC-02) for the same parameters. However, an increase in the remaining parameters was observed in both treatments. Based on these findings, it is concluded that the combined treatment is more effective in reducing TSS, COD, and turbidity. This suggests certain limitations in the reduction of other parameters. Furthermore, the achieved reduction in TSS, COD, and turbidity demonstrates an efficient and cost-effective alternative compared to advanced technologies such as the Photo-Fenton process and other combined treatment methods.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Textile industrial activities, particularly laundries, generate effluents with a high pollutant load that are often discharged untreated into receiving water bodies, posing a significant risk to aquatic ecosystems. In that sense, the aim of this study was to evaluate the efficiency of calcium hypochlorite ($Ca(ClO)_2$) as an oxidizing agent, both individually and in combination with a coagulation process using ferric sulfate ($Fe_2(SO_4)_3$), for the treatment of textile wastewater generated by a laundry located in Lima, Peru.

Keywords: Calcium hypochlorite, laundry, effluent, coagulation, oxidation

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las industrias en el mundo vierten entre 300 a 500 millones de toneladas (t) de efluentes a las fuentes hídricas con productos químicos, metales pesados, lodos, detergentes y disolventes (Organización de las Naciones Unidas, [ONU], 2011). Dentro de ellas, destaca la industria textil, la cual ha duplicado su producción a 100.000 millones en los últimos 22 años (Banco Mundial, 2019), y representa la segunda más contaminante, con una producción del 20% de las aguas residuales a nivel global (ONU, 2019). Las lavanderías industriales del sector textil generan aguas residuales con una alta carga de xenobióticos debido al uso de productos químicos como detergentes, blanqueadores, suavizantes, colorantes, entre otros, que son utilizados para el tratamiento y acabado de las prendas (Shih et al., 2022) .Por ejemplo, el efluente del proceso de lavado, en el que se decolora y suaviza los jeans para desfijar el tinte natural de la tela (Camilo et al., 2021), contemplan una composición compleja de compuestos químicos, como sólidos suspendidos totales (SST), metales pesados (Cu, Cr, Ni), almidón, tensioactivos, proteínas enzimáticas y colorantes xenobióticos (Costa et al., 2018) mutagénicos, teratogénicos y con potencial cancerígeno (Nicodermos et al., 2021). Esta composición compleja dificulta el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas (Holkar et al., 2016).

A nivel mundial, se estima que se descarga aproximadamente 280 000 t de colorantes provenientes de los efluentes textiles debido a la ineficiencia durante el proceso de lavado (Xian et al., 2007; Maas & Chaudhari, 2005). Estos efluentes transportan colorantes y SST: el primero inhibe el proceso de fotosíntesis y el segundo obstruye las branquias de los peces, ocasionando su muerte (Tüfekçi et al., 2007). En Turquía, los efluentes de una lavandería de jean registraron una alta concentración de coloración de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

30 ppm, demanda química de oxígeno (DQO) de 1300 mg/L y SST entre 450-500 mg/L (Yapar et al., 2015). Además de ello, también transportan materia orgánica, pues en Estados Unidos se determinó que aproximadamente se liberan entre 9000 a 14000 microfibras orgánicas por gramo de tejido lavado de interlok, el cual tiene en su composición algodón con moléculas de celulosa y glucosa, y que son vertidas en sus efluentes (Zambrano et al., 2021). China tiene mayor tasa de crecimiento en la industria textil, por lo que el 70% de sus ríos están contaminados con efluentes del proceso industrial textil de jean, incluido el lavado (el ÁGORA DIARIO, 2019), mientras que, en Bangladesh, solo 150 de las 866 instalaciones textiles de lavandería cuenta con un tratamiento de las descargas que cumplen los estándares del Departamento de Medio Ambiente (Khandaker et al., 2020).

En América Latina, alrededor del 70% de las aguas residuales carecen de tratamiento previo y son descargados en ríos (Yee-Bastista, 2013), ya que en algunos países de la región no cuentan con sistemas de tratamiento eficaces en comparación con los de Europa, presentando una baja capacidad de agua residual tratada (Vargas et al., 2020). Por ejemplo, en Tlaxcala (México), se reporta que los efluentes provenientes de las micro, pequeñas y medianas empresas de lavandería textil son descargados en el río Zahuapan (Solí et al., 2013). En Colombia, se evidencia que efluentes generados por sistemas existentes de tratamiento de aguas textiles, asociados al proceso de lavado, tintura, estampado y acabado no cumplen con los lineamientos de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda sobre el vertimiento con colorantes (Leyes y Peñuela, 2021).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En cuanto a la problemática peruana, Alvarado (2018) encontró que las muestras de agua del efluente textil de la empresa textil Cotexsur S.A. ubicada en Lurín, el cual realiza el proceso de tinturado, lavado y acabado presentan una DBO de 823 mg/L, DQO de 1747 mg/L y SST de 124 mg/L. En la lavandería (WALU) en Lima (Perú), se determinó la presencia de contaminación de agua por efluentes químicos con valores de DBO y DQO estimadas de 399.5 mg/L y 1476 mg/L, respectivamente; además del deterioro de las redes de alcantarillado, debido al uso de permanganato de potasio, resinas, siliconas, ácido acético, entre otros (Montoya, 2020). Por otro lado, Tinoco et al. (2011) evaluó una muestra sintética del efluente textil proveniente del proceso de tintura de una lavandería textil en el cono norte de Lima y presentó colorantes comerciales, como el rojo Synosol a una concentración de 100 ppm, y un pH comprendido entre 9 y 10. De igual forma, se evaluó las muestras de agua residual de las empresas de lavandería CORPORACIÓN VIKYCAR S.A.C y LAVA JEANS S.A., de las cuales se obtuvo efluentes con parámetros fisicoquímicos que no cumplieron con los estándares de calidad ambiental (ECA) (Dirección General de Salud Ambiental, [DIGESA], 2011).

Con el incremento de los efluentes de las lavanderías textiles en el mundo y su composición compleja de compuestos químicos, surge la necesidad de tratar estos volúmenes de agua. Sin embargo, algunos tratamientos demandan equipos y productos químicos con elevados costos (Khandaker et al., 2020). Por ejemplo, los tratamientos mediante la filtración por membrana suele ser un método eficaz; sin embargo, el elevado costo de instalación, equipos (bombas de presión y membranas preparadas) mantenimiento y producción de desechos con compuesto químicos desfavorece su aplicación (Koyuncu & Güney, 2013; Marszałek & Żyłła, 2021). Al mismo tiempo, los tratamientos biológicos son poco eficaces, ya que el organismo empleado no tiene la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

capacidad de degradar sales y colorantes no biodegradables, por lo que la biomasa resulta ser intolerante a compuestos tóxicos a altas concentraciones y temperatura (Hendaoui et al., 2018). En consecuencia, frente a la necesidad de desarrollar un tratamiento sostenible y accesible económicamente, se propone desarrollar un pretratamiento de oxidación con hipoclorito de calcio, seguido de un proceso de coagulación con sulfato de aluminio o sulfato férrico. Teniendo en cuenta que el hipoclorito de calcio es uno de los mejores desinfectantes del agua y es comúnmente usado para tratamiento de agua residual y agua potable (R-Chemical, s.f). Se han realizado estudios sobre su aplicación siendo un tratamiento efectivo para aguas residuales. Por ejemplo, Ma et al., (2022) realizaron un pretratamiento con hipoclorito de calcio para la remoción de sólidos suspendidos (SS) en aguas residuales lácteas, obteniendo que la aplicación de este compuesto en el pretratamiento permitió una mejora en la remoción de hasta un 80% de SS. Asimismo, Khandaker et al. (2020) determinaron que la aplicación del hipoclorito de calcio permitió la eliminación completa de color y una remoción de DQO en un 95% en aguas residuales textiles.

Al igual que el hipoclorito de calcio, el uso de coagulantes para el tratamiento de aguas residuales textiles es uno de los más usados. Por ejemplo, Jarvis et al. (2012) realizaron una comparación del rendimiento de la coagulación y las propiedades de flóculo utilizando coagulante férrico y se obtuvo una remoción del 80.5% de DQO. Por su lado, Smotraiev et al. (2022) obtuvieron una remoción de 91% para SST y 96.4% para turbidez en presencia de un coagulante de aluminio y otros.

Los efluentes de una lavandería textil se caracterizan por presentar una mezcla de residuos y compuestos químicos que significan un riesgo potencial para los cuerpos de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

aguas superficiales (Solís et al., 2013). Adicionalmente, el proceso de lavado es la operación que emplea mayor consumo de recursos, principalmente el agua entre 2500 a 3200 L semanales (Montoya, 2020). En ese contexto, la Lavandería "E.I.R.L. Fashion", ubicada en Lima (Perú), vierte sus efluentes al sistema de alcantarillado sin previo tratamiento (E. Quispe, Comunicación personal, 10 de octubre de 2022). Aunque desde 2016 las PTAR La Chira y Taboada han permitido tratar alrededor del 80% de las aguas residuales de Lima y Callao (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020), la descarga de efluentes industriales sin tratamiento adecuado sigue representando un impacto económico y ambiental significativo.

Al respecto, una tecnología de tratamiento de aguas residuales exige mayor inversión de capital que la requerida para implementar solo proceso de oxidación con agentes químicos locales, como el hipoclorito de calcio (Khandaker et al., 2020). Asimismo, en el Perú, existe escasa bibliografía sobre la calidad de efluentes de una lavandería textil (Montoya, 2020; DIGESA, 2011). Las aplicaciones de $Ca(ClO)_2$ para pretratamientos de aguas residuales de una lavandería no han sido documentadas con frecuencia, a pesar de mostrar un alto grado de reducción mayor al 80% de DQO, SS y color (Khandaker et al., 2020b; Ma et al., 2022).

En adición, existe una optimización de la remoción de hasta 90% en la DQO, turbidez y SST al pasar por un proceso de coagulación con compuestos accesibles y pocos costosos como el sulfato de aluminio (Cabrera et al., 2009; Smotraiev et al., 2022) o sulfato férrico (Jarvis et al., 2012).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Aguas residuales Textiles

La industria textil hace gran uso de productos químicos, la cual luego de su uso, el 90% es vertido como desecho (Paredes, 2013), por lo que este efluente es uno de los más contaminantes y se caracteriza por ser muy variable con amplia diversidad de productos como colores azoicos, compuestos organoestánicos, disolventes clorados, entre otros, provenientes de cada proceso.

Los efluentes textiles se componen de diferentes descargas proveniente de procesos comodesencolado, tintura, aclarado, jabonado y suavizado, estos contienen una amplia diversidad de productos como materia orgánica difícilmente biodegradable y tintes (López & Crespi, 2015). Asimismo, el proceso de tintura es de los más contaminantes debido a la diversidad de productos colorantes y tintes que se emplean (Solís et al., 2013), cuya composición presenta variaciones según el tipo de fibra textil, con la finalidad de dotar de color al tejido. Es decir, se hace uso de colorantes textiles que son aplicados al sustrato con la finalidad de proporcionar color (Zaruma et al., 2018).

Estos colorantes se caracterizan por absorber luz visible y se encuentran en altas concentraciones dentro del efluente textil. Asimismo, al estar disueltos en el efluente poseen resistencia a la luz, ácidos, bases y oxígeno por lo que es de difícil tratamiento con métodos convencionales debido a su deficiente biodegradabilidad (Boda Manoj, 2017).

4.1.1. Características de aguas residuales textiles

Las aguas residuales industrias textiles contienen contaminantes complejos, generando características variables al momento de estudiarla. Puede estar compuesta por colorantesácidos, tintes reactivos, entre otros (Shih et al., 2022).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Las características de composición en general en la industria textil se clasifican en químico, físico y biológico (Tabla 1).

Tabla 1

Composición general de efluentes textil

Clasificación	Parámetro
Químico	Demanda química de oxígeno
	pH
	Materia en suspensión
Físico	Turbidez
	Conductividad eléctrica
	Color
Biológico	Carbono orgánico total
	Demanda biológica de oxígeno
	Materias inhibidoras

Fuente: Elaboración propia

4.2. Procesos de tratamiento de aguas residuales textiles

Los principales métodos para el tratamiento de aguas residuales textiles son los tratamiento fisicoquímico y biológico. El proceso fisicoquímico, presenta diferentes tratamientos o métodos como la oxidación o la electroquímica. Estas son ampliamente aplicadas por su alto grado de eficiencia, simples por el poco mantenimiento y/o materiales en sus procesos y aplicables sobre efluentes con contaminantes orgánicos persistentes (Santanaet al., 2023a). Por su parte, el proceso biológico engloba a los métodos de humedales construidos, ya sea vertical u horizontal.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

La eficiencia de los tratamientos con un proceso físicoquimico se encuentra alrededor del 80-99% (Cifci, 2023; Gholizade et al., 2023). Siendo, el método deoxidación uno de los más eficientes con un valor medio del 95% de remoción del color (Guo et al., 2023, Jiang et al.,2018, Ersoz et al.,2014). Asimismo, potencia la mineralización de materia orgánica y reduce la DQO (Gholizade et al., 2023; Mondal et al., 2022).

Por otro lado, para mejorar la eficiencia de remoción de contaminantes, los tratamientos fisicoquímicos como la oxidación, suelen combinarse con otros procesos complementarios como el proceso de coagulación, debido a sus características para desestabilizar partículas coloidales (Patel et al., 2025).

4.2.1. Proceso de Coagulación

El proceso de coagulación es un método de pretratamiento eficaz que ofrece varios beneficios importantes en el tratamiento de aguas residuales. El proceso de coagulación se utiliza para separar los sólidos de los efluentes poliméricos industriales y garantizar las propiedades adecuadas para su vertimiento (Zaki et al., 2023), para lo cual, este proceso consiste en desestabilizar partículas coloidales negativas mediante la adición de sales metálicas con carga positiva que neutraliza la carga negativa de las partículas coloidales (Lekhlif et al., 2014), por tanto, esta reacción entre coagulante, carga neutra y la formación de pequeños flóculos, forman flóculos más grandes (Kumar et al., 2023), facilitando su aglomeración y posterior remoción mediante sedimentación (Al-tohamy et al., 2022).

Asimismo, el proceso de coagulación posee beneficios importantes en el tratamiento de aguas residuales textiles, producto de su capacidad de reducción de parámetros como el color y la turbidez (Freitas et al., 2015), además, genera efectos sinérgicos en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

tratamiento fisicoquímicos como la oxidación para la eliminación de contaminantes presente en aguas residuales de tintura (Zhao et al., 2009).

4.2.2. Proceso de Oxidación

El tratamiento de oxidación es uno de los procesos más comunes en el tratamiento de aguas residuales. Existen diferentes tipos de oxidación, siendo las principales los procesos químicos el cual pueden oxidar los compuestos orgánicos y eliminar sólidos de aguas contaminadas mediante el cual puede llegar a eliminar cerca del 90% del color (Boss Tech, 2020). Asimismo, se tiene el proceso de oxidación avanzada, este proceso es utilizado cuando se emplean radicales hidroxilos como oxidante y eliminan compuestos solubles no biodegradables que se encuentran dentro de las aguas residuales (Castañeda., 2014). Incluye la ozonización, oxidación de Fenton, hipoclorito, fotocatálisis, Peróxido (H_2O_2) y cavitación (Gujar S. et al., 2021).

4.2.2.1. Tratamiento de Oxidación con hipoclorito de calcio

El hipoclorito de calcio es un compuesto químico ampliamente utilizado como desinfectante en varios campos (Jeong et al., 2024), principalmente usado para la desinfección de agua potable y aguas residuales. Su accionar consiste en la liberación de cloro gaseoso (Cl_2) al entrar en contacto con el agua para formar ácido hipocloroso (HCl) e iones hipoclorito (OCl_2), eficaces para la eliminación de bacterias, además, son agentes oxidantes por lo que descomponen la materia orgánica y decoloran manchas, eliminando diversos tipos de suciedad (Tracy et al., 2008).

En aguas residuales textiles, el hipoclorito de calcio es eficaz para la reducción de DQO en comparación a otros agentes oxidantes como peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio (Paul & Chavan, 2011). Asimismo, el hipoclorito de calcio, actúa descomponiendo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

cromófores de tintes, logrando la decoloración de aguas residuales textiles (Rafiq et al., 2024).

4.3. Valores Máximos Admisibles

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecen las concentraciones máximas permitidas de sustancias o parámetros físicos y químicos en efluentes no domésticos destinados a su descarga en la red de alcantarillado sanitario, cuyo incumplimiento puede generar afectaciones inmediatas o acumulativas en la infraestructura y en los equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

Tabla 2

VMA para descargas al sistema de alcantarillado

Parámetros	Unidad	Simbología	VMA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SST	500
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	100
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN-	1

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr^{+6}	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Magneso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Niquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO_4^{-2}	1000
Sulfuros	mg/L	S^{-2}	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH^{+4}	80
Potencial de Hidrógeno	Unid. pH	pH	6-9
Sólidos Sedimentales	ml/l/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA

V. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de la oxidación del hipoclorito de calcio junto a un proceso de coagulación para el tratamiento de aguas residuales textiles de una lavandería en Lima (Perú).
- Comparar la eficiencia entre la oxidación del hipoclorito frente a la oxidación del hipoclorito de calcio junto a un proceso de coagulación para el tratamiento de aguas residuales textiles de una lavandería en Lima-Perú.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la muestra de agua del efluente de la lavandería.
- Determinar la dosis óptima del coagulante seleccionado empleando la prueba de jarras.
- Determinar los parámetros de pH, Conductividad Eléctrica, DQO, SST, Color y Turbidez después de aplicar un tratamiento previo con hipoclorito de calcio junto a un proceso de coagulación.
- Calcular el porcentaje de remoción entre el tratamiento con hipoclorito de calcio y el tratamiento con hipoclorito de calcio más coagulación.

VI. HIPÓTESIS

6.1. HIPÓTESIS GENERAL

El tratamiento combinado de oxidación con hipoclorito de calcio y coagulación con sulfato férrico es más eficiente en la remoción de los parámetros de calidad de agua (DQO, SST, turbidez, etc.) de las aguas residuales textiles de una lavandería en Lima, en comparación con el tratamiento con hipoclorito de calcio solo.

6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- El efluente de la lavandería textil presenta niveles elevados de SST, DQO, turbidez y otros parámetros físico-químicos, que requieren tratamiento adecuado.
- La aplicación de la prueba de jarras permite identificar una dosis óptima de coagulante (sulfato férrico) que genera una remoción significativa de turbidez.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- El tratamiento con hipoclorito de calcio seguido de coagulación con sulfato férrico produce una remoción visible de los parámetros físico-químicos del agua residual, principalmente SST y turbidez.
- El tratamiento combinado (hipoclorito + coagulación) muestra porcentajes de remoción más altos en comparación con el tratamiento que emplea solo hipoclorito de calcio.

VII. METODOLOGÍA

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, dado que se realizó la recolección y el análisis de datos numéricos para evaluar la eficiencia de diferentes tratamientos aplicados a aguas residuales textiles. El método aplicado fue el experimental, dado que se intervinieron las muestras de agua residual con diferentes tratamientos (oxidación con hipoclorito de calcio y coagulación con sulfato férrico) para evaluar su efecto en parámetros físico-químicos. El diseño corresponde a un diseño preexperimental con comparación entre tratamientos, ya que se aplicaron los tratamientos a un solo grupo de estudio (sin grupo control) y se analizaron los resultados antes y después de la intervención.

La investigación fue de tipo aplicada, ya que se orientó a resolver un problema ambiental específico de una lavandería textil, y la modalidad fue de campo y laboratorio, porque implicó tanto la recolección de muestras en el sitio como el tratamiento y análisis en laboratorio.

Cabe señalar que, debido a la naturaleza exploratoria del estudio y a la cantidad limitada de datos por grupo, los resultados fueron analizados mediante herramientas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

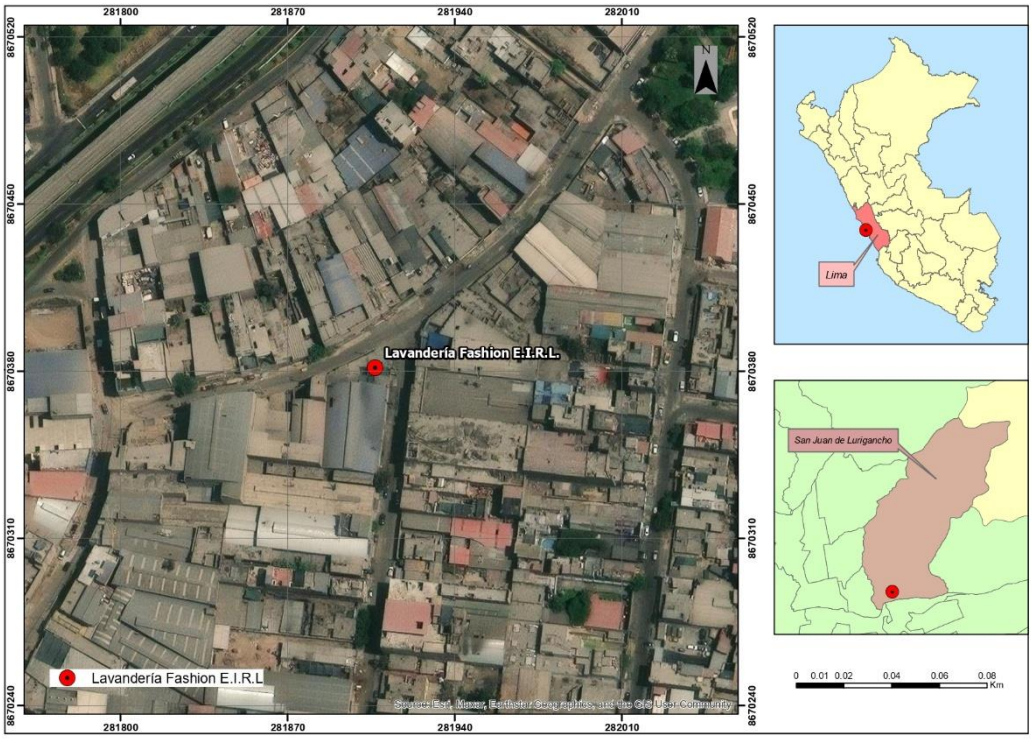
descriptivas y comparativas, sin aplicación de pruebas inferenciales, priorizando la interpretación basada en tendencias y porcentajes de remoción.

7.1. ÁREA DE ESTUDIO

Se determinó como área de estudio la lavandería "Fashion E.I.R.L.", ubicada en la Calle Santa Amelia Nro. 698, distrito de San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima. Esta lavandería inició sus actividades operativas hace 18 años realizando procesos como teñido, enzimático, desengomado, suavizado, fijado, contaminado, focalizado, frosteado/Stone wash, centrifugado, planchado, entre otras actividades. Dentro de estas actividades se hace uso de diferentes insumos químicos, algunos de estos son: Legía, detergentes, ácido acético, ácido acético, colorantes, permanganato, bisulfito, etc.

Figura 1

Ubicación de Lavandería Fashion E.I.R.L.



Fuente: Elaboración propia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.2. Diseño de investigación

7.2.1. Preparación de equipos

Para llevar a cabo el proceso de recolección de muestras primero se realizó la compra de los equipos y materiales que fueron utilizados para la toma de muestra. A continuación, se muestra el inventario de materiales utilizados.

Tabla 3

Relación de Equipos y Materiales para el proceso de recolección de muestras de efluente de lavandería textil

Equipos y/o materiales	Cantidad
Balde (15 L)	2
Bidones (5 L)	6
Bidones (10 L)	2
Balde (1L)	1
Lapiceros	2
Cuadernillo	1
Plumón indeleble	2
Celulares	2
Botas de seguridad	2
Bata	2
Mascarillas	2
Guantes desechables	12

Fuente: Elaboración propia

Estos materiales fueron almacenados dentro de la lavandería “Fashion E.I.R.L.” a condiciones de baja luminosidad y humedad; y quedaron dispuestos para el inicio del proceso de toma de muestra.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.2.2. Recolección de muestras

Para el desarrollo del presente estudio de investigación se tomaron dos muestras compuestas, cada muestra es una mezcla de tres submuestras recolectadas en tres días consecutivos para minimizar los efectos de las variaciones de los procesos de la lavandería.

El proceso de recolección se desarrolló a la salida del efluente de la lavandería IND Fashion E.I.R.L., los tres primeros días de la semana (lunes, martes y miércoles) durante dos semanas consecutivas. Se utilizó un balde de 1 L de capacidad para recolectar y almacenar submuestras en recipientes plásticos de 5 L, debidamente rotulados conforme al protocolo de monitoreo de la Calidad de los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (Sistema Nacional de Información Ambiental, 2013). Las muestras fueron conservadas a condiciones de baja luminosidad sobre un piso de concreto y a temperatura ambiente, para evitar alteraciones en los resultados, en base a lo establecido en el protocolo de inspección de efluentes de España, (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013) pues se ajusta mejor al ser un protocolo de evaluación de efluentes vertidos a los canales de dominio público hidráulico como SEDAPAL. Además, la técnica de recolección de muestra se ejecutó tomando como referencia el trabajo de Raj, Singh & Bhattacharya, (2023) y Badawi & Zaher (2021), así como la guía de toma de muestra de agua residual de Bolivia (Senasba, 2015).

Posteriormente, al tercer día (miércoles) de cada semana, se realizó la mezcla de las submuestras recolectadas, con el fin de obtener y homogenizar la muestra compuesta. Este proceso se realizó en un balde de 15 L con agitación constante de 1 minuto para

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

luego almacenarla en un recipiente plástico de 10 L de capacidad y ser trasladado al laboratorio de Slab Perú para los análisis correspondientes.

El proceso de toma de muestras se encuentra en el Anexo 3 “Registro fotográfico”.

7.2.3. Procedimiento de evaluación y análisis

7.2.3.1. Caracterización de Muestra

Para el desarrollo del procedimiento de tratamiento, primero se llevó a cabo la caracterización de las muestras en el laboratorio “SLab Perú” para conocer las características fisicoquímicas iniciales de cada muestra compuesta. Para lo cual se evaluó los siguientes parámetros descritos en la Tabla 4.

Tabla 4

Parámetros de Medición fisicoquímicos para la caracterización de las muestras de efluentes de lavandería textil

Parámetros	Unidad
DQO	mg/L
pH	Unidad de pH
SST	mg/L
Turbidez	NTU
Conductividad eléctrica	S/cm
Color	UC

Fuente: Elaboración propia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.2.3.2. Aplicación de Oxidante y determinación de dosis óptima de Coagulante

7.2.3.2.1. Aplicación de la dosis de Oxidante ($Ca(ClO)_2$)

Primero, se agregó 1 L de muestra en cada jarra con una agitación leve. Después de 30 segundos, con ayuda de una pipeta volumétrica, se agregó la dosis de $Ca(ClO)_2$ a una pureza del 70%, en un tiempo de agitación 6 minutos a una velocidad de 200 rpm (Boukhoubza et al., 2009). La dosis de hipoclorito de calcio se basa en estudios previos con efluentes de características fisicoquímicas similares. Ma et al. (2022) evaluaron efluentes lácteos (alta carga orgánica, SST, DQO y DBO), comparables a los efluentes de lavanderías, mientras que Massoudinejad et al. (2015) emplearon 1 g/L en efluentes textiles poliacrílicos logrando eficiencias significativas. Estos antecedentes justifican la dosis ajustada de 0.8 g/L, dada la similitud en los mecanismos oxidativos. Finalmente, se dejó reposar durante 30 segundos para la sedimentación.

Tabla 5

Composición del tratamiento (T1) con dosis de ($Ca(ClO)_2$) para la oxidación de la muestra de efluente de lavandería textil

Tratamiento	Agente oxidante	Pureza (%)	Dosis de agente oxidante	Composición
T1	$Ca(ClO)_2$	70%	0.8 g/L	1 L de muestra y 0.8 g de $Ca(ClO)_2$

Fuente: Elaboración propia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.2.3.2.2. Determinación de dosis óptima de coagulante

El coagulante (sulfato férrico) se eligió dependiendo del análisis previo del pH y temperatura, siendo esta última un valor que va desde 19 a 25 ºC (temperatura ambiente) (Maroto, 2013) para el sulfato férrico. Posteriormente, se realizó pruebas de jarra en el laboratorio SLab a distintas concentraciones a fin de determinar la cantidad óptima de coagulante. Para ello, se tomó como referencia las cantidades propuestas por (Schmitt et al., 2021) de 15, 30 y 50 mg/L, con un tiempo de agitación de 9 minutos a una velocidad de 50 rpm.

El proceso para determinar la dosis óptima consistió en realizar una agitación previa a 150 rpm durante 15 segundos para luego verter 1L de muestra compuesta en tres recipientes. Seguido de la adición del coagulante (sulfato férrico) utilizando una pipeta volumétrica con una suave agitación por 1 minuto. Posterior a ello, se procedió a una agitación lenta a 50 rpm durante 9 minutos con el fin de incrementar el tamaño de los flóculos. Finalmente, se dejó reposar la muestra por 10 minutos para facilitar la sedimentación.

Tabla 6

Dosis de coagulantes para el proceso de coagulación en muestras compuestas de efluentes de lavandería textil

Muestras compuestas (MC)	Dosis	Código	Composición
MC-01	15 mg/L	Mc1d1	1 L de muestra y 15 mg de coagulante
	30 mg/L	Mc1d2	1 L de muestra y 30 mg de coagulante

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

	50 mg/L	Mc1d3	1 L de muestra y 50 mg de coagulante
MC-02	15 mg/L	Mc2d1	1 L de muestra y 15 mg de coagulante
	30 mg/L	Mc2d2	1 L de muestra y 30 mg de coagulante
	50 mg/L	Mc2d3	1 L de muestra y 50 mg de coagulante

Fuente: Elaboración propia.

7.2.3.3. Aplicación de hipoclorito de calcio y dosis óptima de coagulante

Inicialmente, en un vaso de precipitado con 1L de muestra compuesta, se agregó la dosis de hipoclorito de calcio con agitación leve de 200 rpm durante 6 minutos y se dejó sedimentar por 30 segundos. Después, se adicionó inmediatamente la dosis óptima de coagulante a 50 rpm durante 9 minutos y, se dejó sedimentar por 10 minutos.

Finalmente, se realizó la medición de los parámetros propuestos y se procedió a comparar los resultados con los obtenidos en la etapa de caracterización.

Tabla 7

Composición del tratamiento (T2) con dosis de hipoclorito de calcio junto al coagulante para efluente de lavandería textil

Tratamiento	Muestras compuestas	Composición
T2	MC-01	1 L de muestra y 0.8 mg de hipoclorito de calcio + coagulante (mg)
	MC-02	1 L de muestra y 0.8 mg de hipoclorito de calcio + coagulante (mg)

Fuente: Elaboración propia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7.2.3.4. Análisis Estadístico

El procesamiento y evaluación de resultados obtenidos en laboratorio se realizó utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versión 30.0.0 y Microsoft Excel 2019. Ambos programas permitieron organizar, visualizar y calcular los principales indicadores de eficiencia del tratamiento aplicado a las aguas residuales textiles.

Dado que el diseño metodológico de esta investigación fue preexperimental, sin grupo control y sin réplicas por grupo de tratamiento, el análisis se realizó bajo un enfoque descriptivo, mediante el cálculo de medias, valores individuales y porcentajes de remoción de parámetros como SST, turbidez, pH, DQO y conductividad eléctrica.

No se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales ni de normalidad debido a que la cantidad de datos por grupo (n=1 por semana-tratamiento) no permite estimar la variabilidad interna ni realizar comparaciones con validez estadística. Aun así, los resultados obtenidos permiten identificar tendencias claras en la eficiencia de los tratamientos evaluados, los cuales fueron representados mediante gráficos comparativos y tablas resumen.

Finalmente, se realizó una comparación cualitativa con estudios similares disponibles en la literatura científica, con el fin de contrastar los resultados obtenidos y contextualizar su aplicabilidad.

VIII. RESULTADOS

Los resultados que se presentan en este capítulo fueron obtenidos a partir de los informes de laboratorio correspondientes a las muestras compuestas denominadas MC-

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

01 y MC-02, identificadas con los códigos S-3245 y S-3379, respectivamente. Estas muestras fueron analizadas considerando parámetros físico-químicos relevantes para el análisis de la calidad del agua residual. La información contenida en dichos informes fue procesada y complementada mediante un análisis estadístico, con el propósito de interpretar de manera rigurosa los efectos del tratamiento aplicado y establecer comparaciones representativas entre ambas muestras.

8.1. Caracterización del efluente

Se realizó la caracterización de 1 L del agua residual procedente de la lavandería textil, con el objetivo de determinar los valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos a evaluar, conforme se muestra a continuación:

Tabla 8

Caracterización de muestras compuestas de efluente de lavandería textil

Parámetros	Unidad	Resultados	
		MC-01	MC-02
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	223	132
Potencial de Hidrógeno	Unid. pH	7.01	6.75
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	461	171
Conductividad Eléctrica	ms/cm	2.51	3514.0
Turbidez	NTU	2.61	49.70
Color	UC	<5.00	<5.00

Fuente: Elaboración propia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

8.2. Evaluación de la eficiencia del tratamiento con Hipoclorito de Calcio (T1)

Se realizó el análisis utilizando Hipoclorito de Calcio ($Ca(ClO)_2$) únicamente. Como resultado del tratamiento aplicado, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 9

Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-01.

Parámetros	Unidad	Resultados		
		Inicio	Fin	Remoción (%)
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	223	73	67,26
Potencial de Hidrógeno	Unid. pH	7.01	7.63	-
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	461	454	1.52
Conductividad Eléctrica	ms/cm	2.51	7.41	-195.22
Turbidez	NTU	2.61	7.51	-187.55
Color	UC	<5.00	<5.00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9 muestra que, con la aplicación del tratamiento con hipoclorito de calcio únicamente, los sólidos totales suspendidos disminuyeron, evidenciando una remoción del 67.27%. El pH aumentó ligeramente mostrando una tendencia a alcalinidad. La demanda química de oxígeno presentó una disminución mínima de apenas un 1.52% de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

reducción. La conductividad eléctrica se incrementó en 195.22%. La turbidez aumentó de 2.61 NTU a 7.51 NTU, y el color se mantuvo por debajo de <5 UC sin cambios.

Tabla 10

Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-02.

Parámetros	Unidad	Resultados		
		Inicio	Fin	Remoción (%)
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	132	170	-28.79
Potencial de Hidrógeno	Unid. pH	6.75	8.37	-
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	171	109	36.26
Conductividad Eléctrica	ms/cm	3514.0	4387	-24.84
Turbidez	NTU	49.70	32.4	34.81
Color	UC	<5.00	<5.00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Como muestra la Tabla 10, la MC-02 mostró un incremento de 28.79 de los sólidos suspendidos. El pH subió de 6,75 a 8,37, indicando una tendencia más marcada de alcalinidad. La demanda química de oxígeno sí presentó una remoción del 36,26%. La conductividad eléctrica aumentó en 24.84%. La turbidez bajó de 49,70 NTU a 32,4 NTU. El color permaneció sin variación significativa.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

8.3. Prueba de Jarras

Se realizó la prueba de jarras preliminarmente a diferentes concentraciones de coagulante, con el objetivo de obtener la dosis óptima, la cual se reflejará con la mayor remoción de turbidez.

Tabla 11

Determinación de dosis óptima de coagulante $Fe_2(SO_4)_3$ *en la muestra de efluente de lavandería textil según muestra compuesta*

Tratamientos	$Fe_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Resultados de Turbidez (NTU)	
		MC-01	MC-02
Jarra 1 (J1)	15	5.29	1.68
Jarra 2 (J2)	30	6.02	2.45
Jarra 3 (J3)	50	5.63	17.2

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11, se evidencia que los menores valores de turbidez (NTU) se presenciaron en la Jarra 1 (J1) con valores de 5.29 NTU y 1.68 NTU en la 1° muestra compuesta (MC-01) y 2° muestra compuesta (MC-02), respectivamente. Por tal razón, la dosis óptima de coagulante para este efluente industrial textil es 15 mg/L de $Fe_2(SO_4)_3$, el cual será utilizado para su aplicación junto al hipoclorito de calcio.

8.4. Evaluación de la eficiencia del tratamiento con Hipoclorito de Calcio más Coagulante (T2)

De la evaluación del tratamiento con hipoclorito de calcio sumado la dosis óptima de coagulante (15 mg/L de $Fe_2(SO_4)_3$) se obtuvo los siguiente:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 12

Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-01.

Parámetros	Unidad	Resultados		
		Antes	Después	Remoción (%)
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	223	28	87,44
Potencial de Hidrógeno	Unid. pH	7.01	7.84	-11,84
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	461	444	3,69
Conductividad Eléctrica	ms/cm	2.51	3.55	-41,43
Turbidez	NTU	2.61	18.60	-612,64
Color	UC	<5.00	<5.00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la Tabla 12, el tratamiento combinado reflejó que, los sólidos suspendidos se redujeron drásticamente en 87.44%. El pH incrementó ligeramente de 7.01 a 7.84. Por el contrario, se observó que el parámetro demanda química de oxígeno presentó remoción del 3.69%. La conductividad eléctrica incrementó en 41.43%, y la turbidez aumentó notablemente de 2.61 NTU a 18.60 NTU. El color permaneció en valores menores a 5 UC.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 13

Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento combinado – MC-02.

Parámetros	Unidad	Resultados		
		Antes	Después	Remoción (%)
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	132	1088	-724,24
Potencial de Hidrógeno	Unid. pH	6.75	6.86	-1,63
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	171	103	39,77
Conductividad Eléctrica	ms/cm	3514.0	4677.0	-33,10
Turbidez	NTU	49.70	9.07	81,75
Color	UC	<5.00	<5.00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Del tratamiento combinado en la MC-02 evidenciado en la Tabla 13, los sólidos suspendidos aumentaron significativamente EN 724.24%. El pH se mantuvo estable, subiendo ligeramente de 6.75 a 6.86. Por el contrario, el parámetro demanda química de oxígeno presentó remoción del 39.77%. La conductividad eléctrica se incrementó en 33.10%. La turbidez disminuyó notablemente de 49.70 NTU a 9.07 NTU. El color se mantuvo sin cambios.

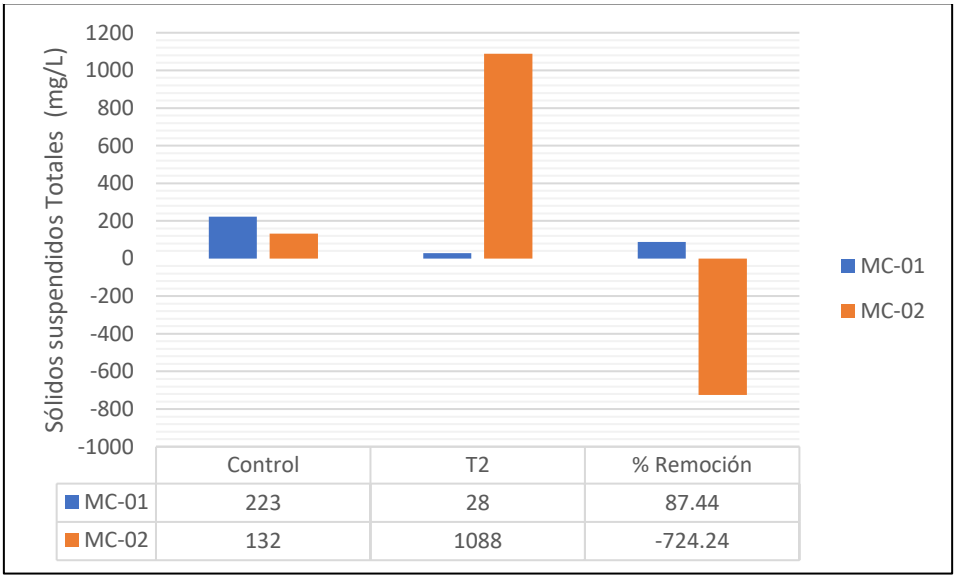
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Estos resultados difieren significativamente de los obtenidos en MC-01 con el mismo tratamiento, ya que en la primera muestra se registró una reducción considerable de SST y un incremento de la turbidez, mientras que para la MC-02 se observó el efecto contrario: un incremento de SST y una disminución de la turbidez.

Del análisis de la Tabla 10 y Tabla 11, se desprende las siguientes figuras:

Figura 2

Remoción de Sólidos Suspendidos Totales con T2 según muestras compuestas



	Control	T2	% Remoción
MC-01	223	28	87.44
MC-02	132	1088	-724.24

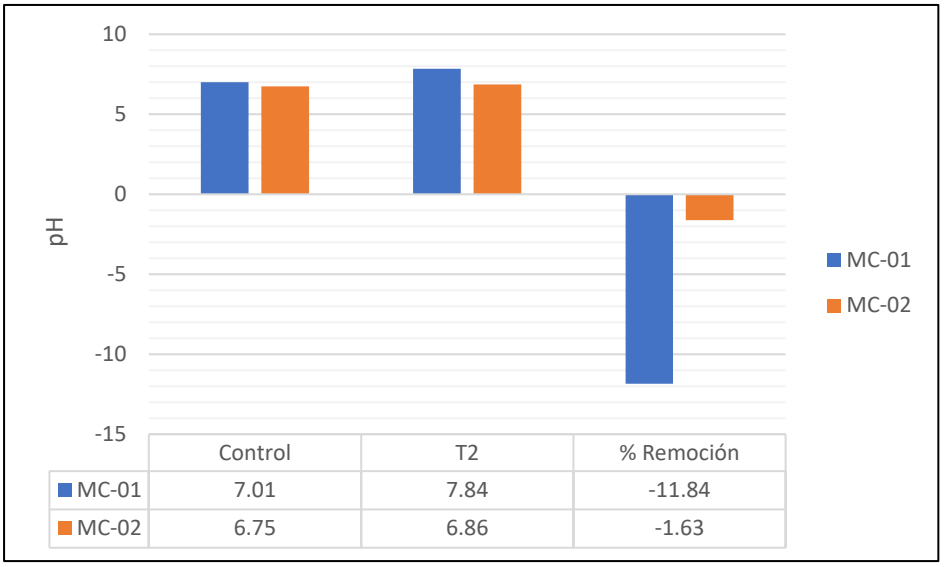
Fuente: Elaboración propia.

La figura 2 muestra que los valores del parámetro sólidos suspendidos totales presentaron una remoción solo en la MC-01, con el 87.44 % . Caso contrario, en la MC-02 se presentó un aumento significativo del 724.24 %.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 3

Remoción Potencial de Hidrógeno



	Control	T2	% Remoción
MC-01	7.01	7.84	-11.84
MC-02	6.75	6.86	-1.63

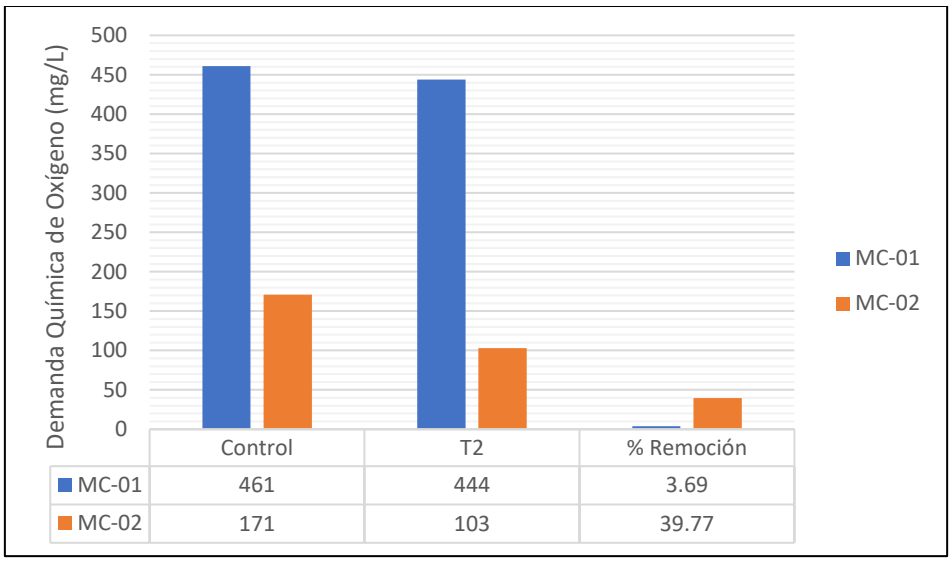
Fuente: Elaboración propia

Como se presenta en la figura 3, los valores de pH presentaron un incremento en la MC-01 y MC-02 donde se registra un aumento del 11.84 % y 1.63%, respectivamente.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 4

Remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO)



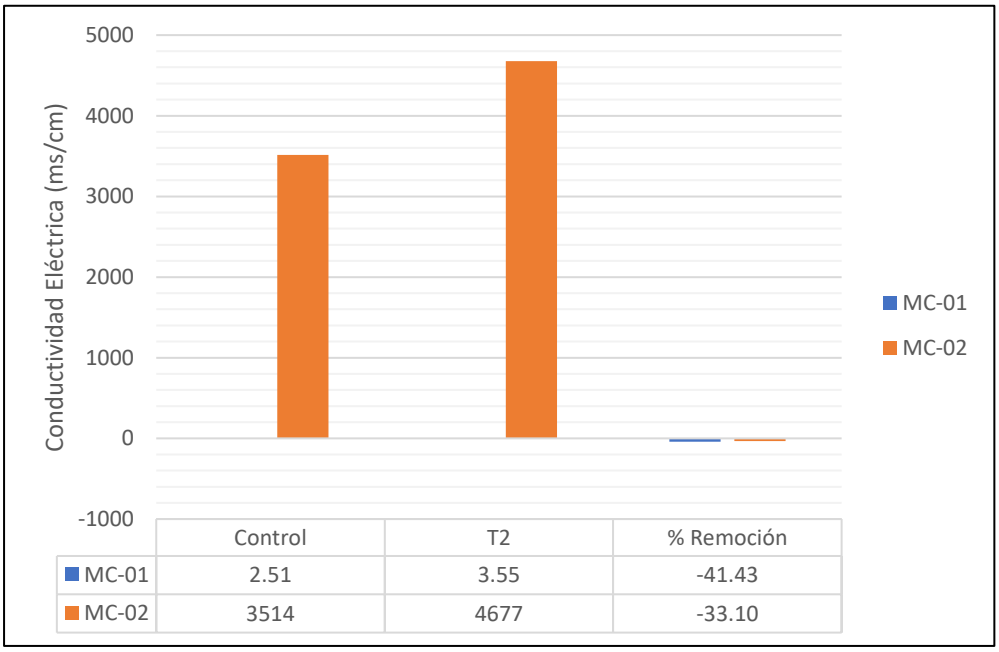
	Control	T2	% Remoción
MC-01	461	444	3.69
MC-02	171	103	39.77

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 detalla que los valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) presentaron reducciones en la MC-01 y MC-02, logrando el 39.77 % y 3.69 % de remoción, respectivamente.

Figura 5

Remoción de Conductividad Eléctrica (CE)



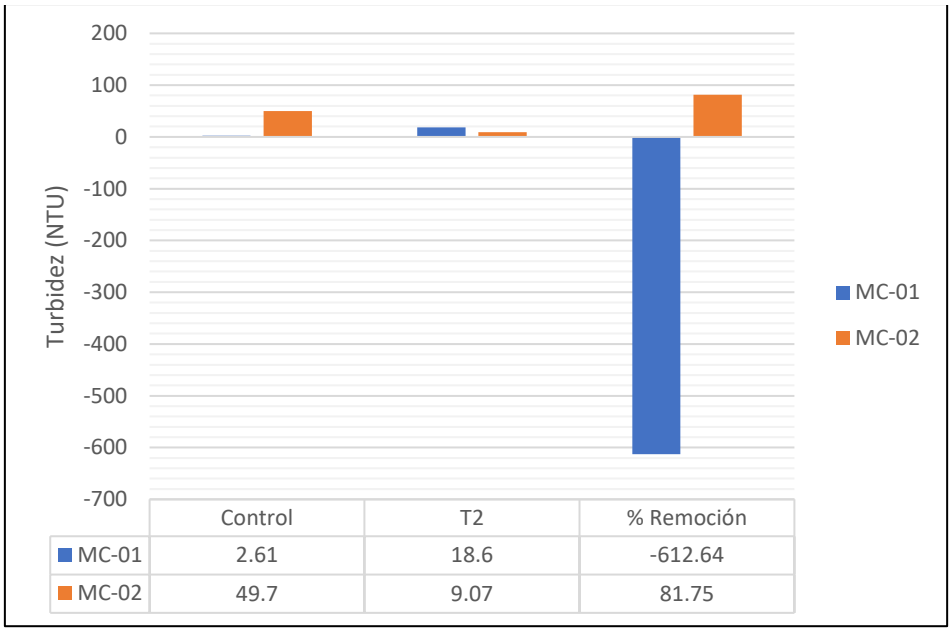
	Control	T2	% Remoción
MC-01	2.51	3.55	-41.43
MC-02	3514	4677	-33.10

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En la figura 5 se muestra que los valores de la Conductividad Eléctrica presentaron un aumento en la MC-01 y MC-02 con valores del 41.43 % y 33.10%, respectivamente.

Figura 6

Remoción de Turbidez



	Control	T2	% Remoción
MC-01	2.61	18.6	-612.64
MC-02	49.7	9.07	81.75

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de Turbidez, presentados en la figura 6, presentaron una remoción solo para la MC-02, logrando el 81.75 %. Caso contrario, para la MC-01 se presentó un aumento significativo del 612.64 %.

8.5. Comparación entre tratamientos (T1 y T2)

La comparación se realizó a partir de los valores obtenidos de dos muestras compuestas, empleando análisis descriptivos y gráficos para identificar diferencias en la eficiencia de remoción.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 14

Porcentaje de remoción por cada semana

	Parámetros	Unidad	LMC	Control	T1	Remoción (%)	T2	Remoción (%)
Semana 1 (MC-01)	SST	mg/L	5	223	73	67,26	28	87,44
	pH	Unidad pH	0,1	7,01	7,63	-8,84	7,84	-11,84
	DQO	mg/L	10	461	454	1,52	444	3,69
	Conductividad	ms/cm	0,1	2,51	7,41	-195,22	3,55	-41,43
	Turbidez	NTU	0,1	2,61	7,51	-187,74	18,6	-612,64
	Color	UC	5	<5.00	<5.00	0,00	<5.00	0,00
Semana 2 (MC-02)	SST	mg/L	5	132	170	-28,79	1088	-724,24
	pH	Unidad pH	0,1	6,75	8,37	-24,00	6,86	-1,63
	DQO	mg/L	10	171	109	36,26	103	39,77
	Conductividad	ms/cm	0,1	3514	4387	-24,84	4677	-33,10
	Turbidez	NTU	0,1	49,7	32,4	34,81	9,07	81,75
	Color	UC	5	<5.00	<5.00	0,00	<5.00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Comparación de parámetros fisicoquímicos entre tratamientos

Parámetros	Unidad	Resultados			
		N	Mínimo	Máximo	Media
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	4	28.00	1088.00	339.7500
Potencial de Hidrógeno	Unid. pH	4	6.86	8.37	7.6750

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

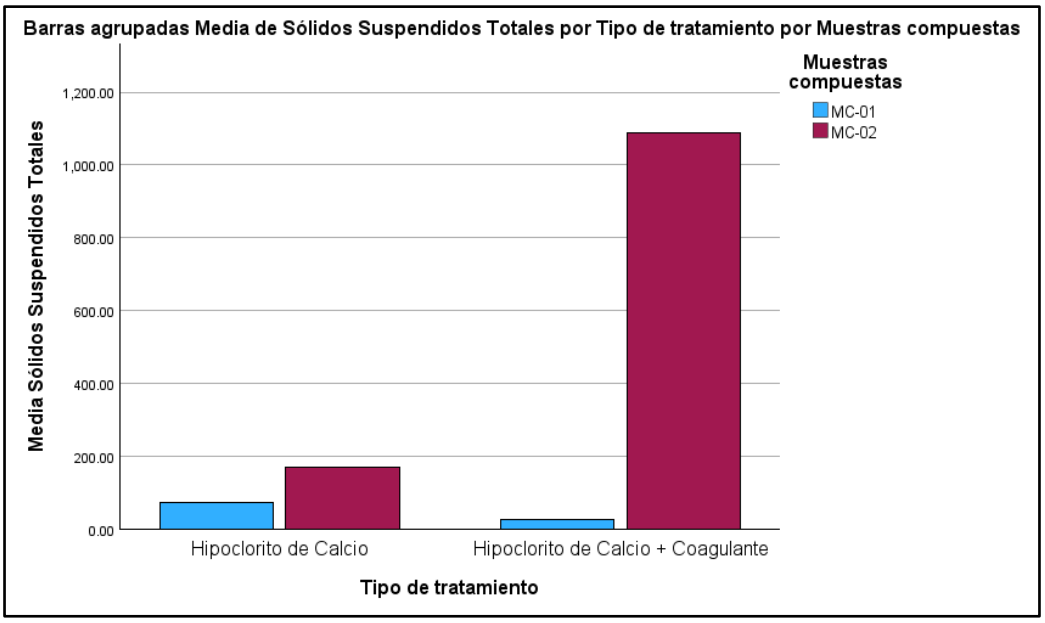
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4	103.00	454.00	277.5000
Conductividad Eléctrica	ms/cm	4	3.55	4677.00	2268.7400
Turbidez	NTU	4	7.51	32.40	16.8950
Color	UC	4	<5.00	<5.00	5.0000

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 15, se desprende las siguientes figuras:

Figura 7

Comparación de Sólidos Suspendidos Totales por tratamientos



Fuente: Elaboración propia.

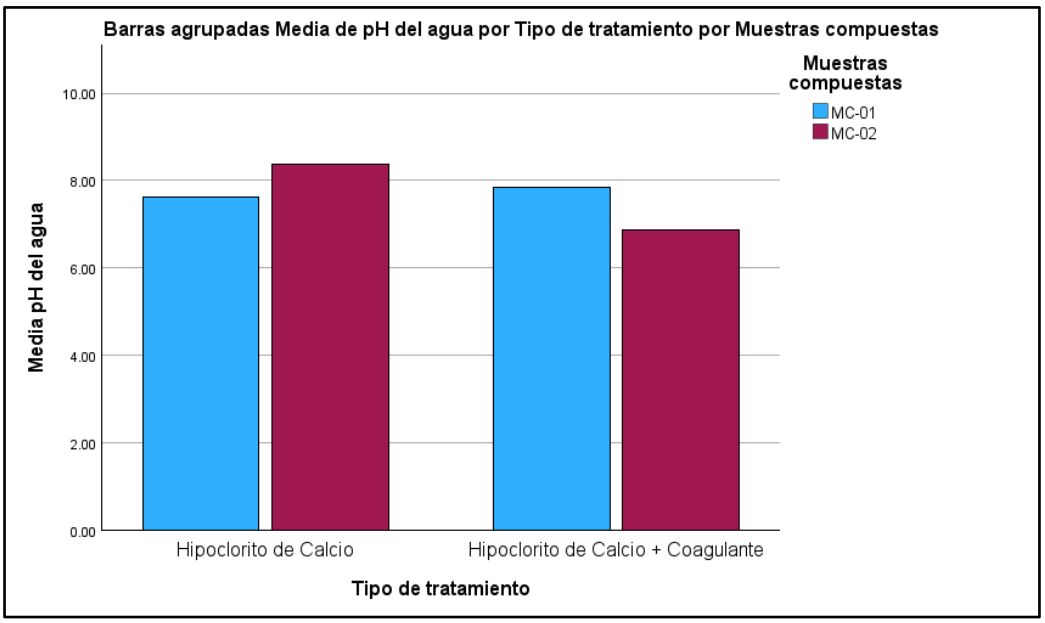
La figura 7 revela un incremento drástico en la muestra MC-02 al aplicar el tratamiento con Hipoclorito de Calcio más coagulante, alcanzando valores superiores a 1,000 mg/L. En comparación, los niveles en MC-01 se mantienen bajos y relativamente constantes. Esto podría interpretarse como una mayor formación de flóculos en MC-02 por efecto

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

del coagulante, los cuales aumentan la cantidad de sólidos detectados durante el análisis.

Figura 8

Comparación de Potencial de Hidrógeno por tratamientos



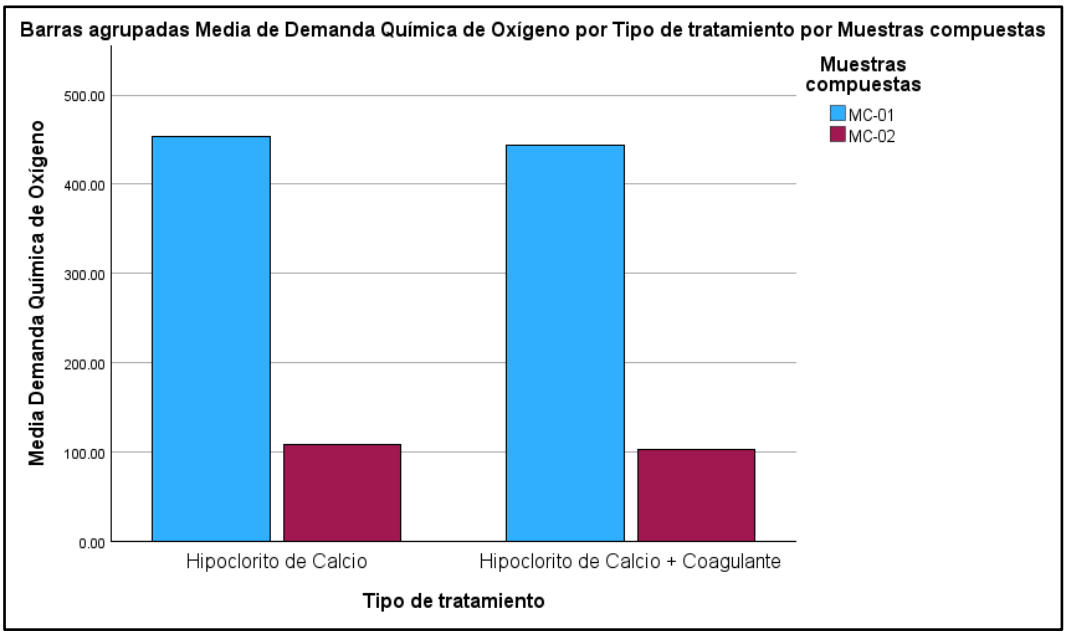
Fuente: Elaboración propia

La figura 8, evidencia que los dos tratamientos mantienen el pH en un rango cercano a la neutralidad. Para el tratamiento con Hipoclorito de Calcio, la muestra MC-02 presenta un pH ligeramente superior al de MC-01. Sin embargo, al incorporar el coagulante, el pH en MC-02 disminuye, mientras que en MC-01 se mantiene relativamente estable. Esto sugiere que la adición del coagulante tiene un efecto diferenciador sobre el pH según el tipo de muestra.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 9

Comparación de Demanda Química de Oxígeno por tratamientos



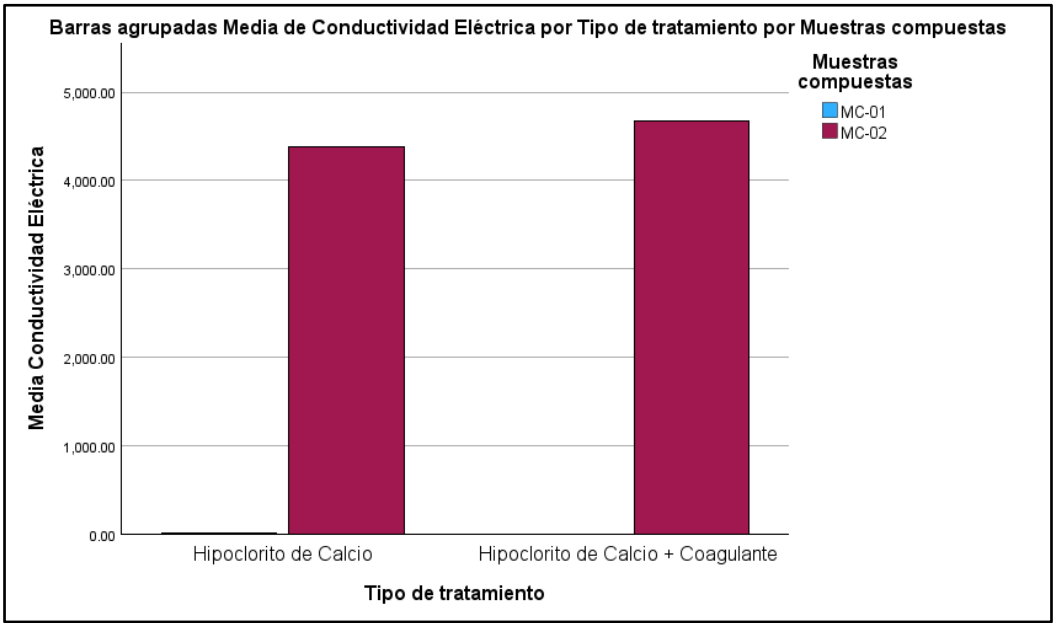
Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, se evidencia una diferencia considerable entre las dos muestras. La muestra MC-01 presenta valores de DQO significativamente más altos que MC-02, lo que indica una mayor cantidad de materia orgánica susceptible de oxidarse. Esta diferencia se mantiene tanto en el tratamiento con solo hipoclorito de calcio como en el tratamiento combinado. En cambio, MC-02 muestra valores bajos y constantes alrededor de los 100 mg/L.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 10

Comparación de Conductividad Eléctrica por tratamientos



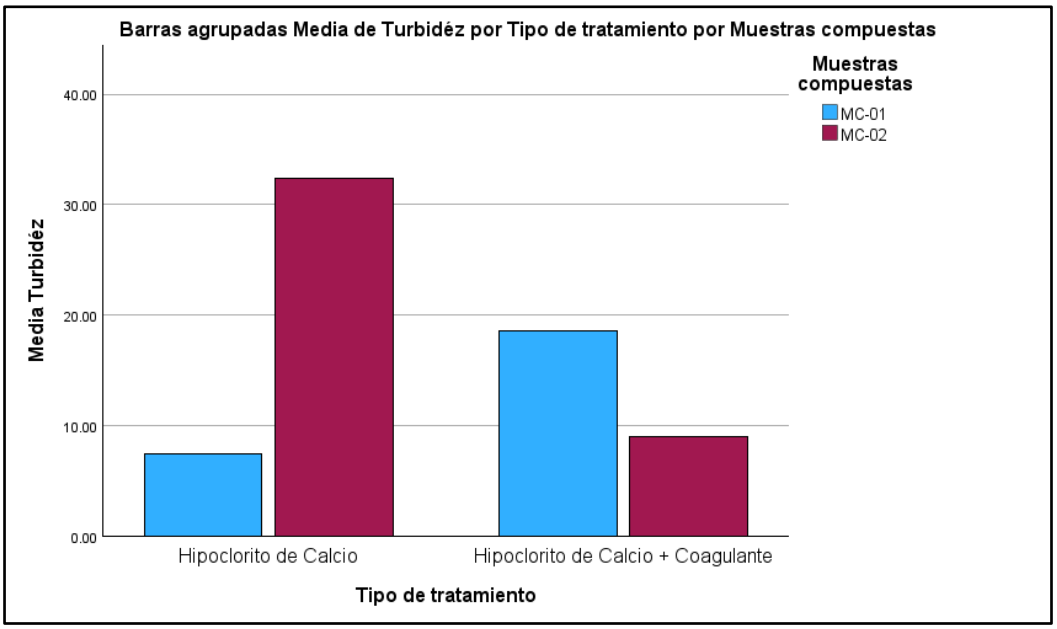
Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se presentan valores significativos para la muestra MC-02. Esta muestra evidencia una alta concentración de iones disueltos, tanto en el tratamiento con solo hipoclorito de calcio como en el tratamiento combinado con coagulante, con promedios por encima de los 4,000 µS/cm. Por otro lado, la muestra MC-01 presenta valores muy bajos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 11

Comparación de Turbidez por tratamientos



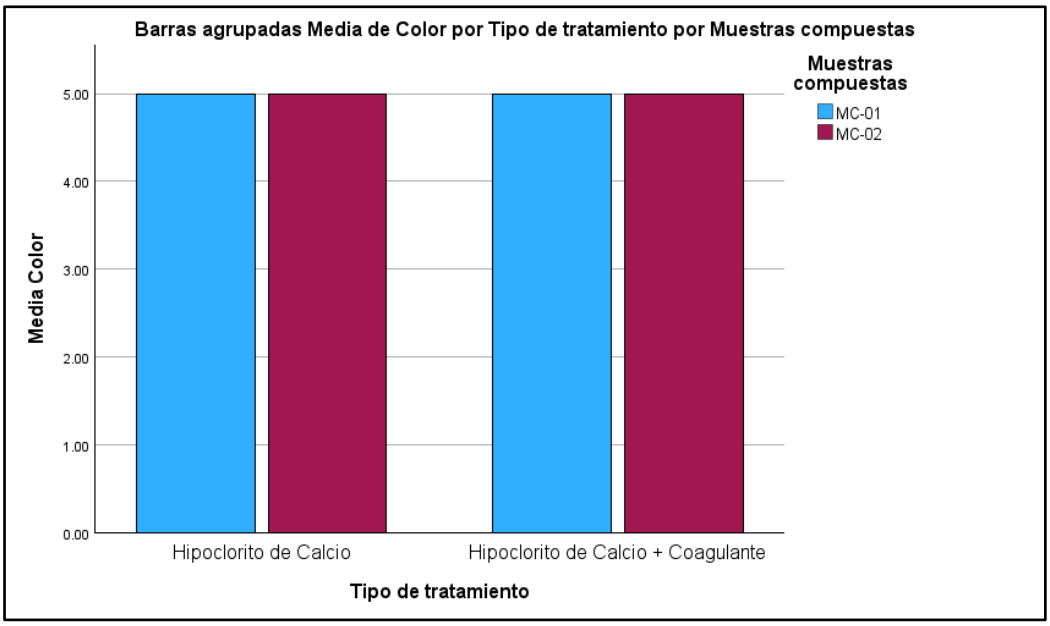
Fuente: Elaboración propia

La figura 11 evidencia una diferencia considerable entre las dos muestras según el tipo de tratamiento aplicado. Con hipoclorito de calcio solo, la turbidez fue baja en MC-01 y alta en MC-02. Al añadir coagulante, la turbidez disminuyó en ambas muestras. En MC-02 la remoción fue especialmente significativa. Esto indica que el uso combinado de hipoclorito y coagulante mejora la calidad del agua tratada.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 12

Comparación de Color por tratamientos



Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, los datos muestran que, para todas las muestras y tratamientos aplicados, los valores obtenidos fueron menores a 5.00 unidades, lo cual se mantiene constante tanto en la muestra MC-01 como en MC-02. Esta condición sugiere que el agua presenta una coloración muy baja.

IX. DISCUSIÓN

El tratamiento combinado de oxidación con hipoclorito de calcio y coagulación evidenció comportamientos distintos según la carga contaminante por muestra compuesta. En la primera semana (MC-01), la acción sinérgica de oxidante y coagulante eliminó casi el 90 % de los sólidos suspendidos, esto se debe a que los coagulantes como el $Fe_2(SO_4)_3$ son utilizados para neutralizar cargas (generalmente negativas) en partículas suspendidas, generando que estas puedan aglomerarse en partículas más grandes mejorando la sedimentación y la eliminación de sólidos suspendidos (Leung, F. 2016).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Asimismo, la acción sinérgica de hipoclorito de calcio y sulfato férrico permitió la remoción de DQO debido a que el hierro como coagulante provoca una rápida reacción química con los contaminantes para formar flóculos o precipitados más simples (Hao Phan K. et al., 2024).

La segunda semana (MC-02) presentó un escenario opuesto: la carga orgánica inicial fue más baja y los sólidos suspendidos totales, mayor. Bajo estas condiciones, el mismo protocolo de tratamiento alcanzó reducciones superiores al 80 % en turbidez y cerca al 40 % en DQO, producto de la acción sinérgica del oxidante y coagulante, donde la adición del $Fe_2(SO_4)_3$ potenció los efectos de reducción debido a sus propiedades como coagulante que genera que las partículas suspendidas se aglomeren y sedimenten reduciendo la turbidez (Darra et al., 2023). Además, el $Fe_2(SO_4)_3$ genera catión Fe^{+3} que presenta cargas positivas que adsorben compuestos orgánicos disueltos que cuando los flóculos sedimentan, arrastran consigo parte de la carga orgánica (Tlaiaa et al., 2020). De este comportamiento se desprende la primera implicancia práctica: el proceso dual es eficaz, pero su desempeño depende de la caracterización previa del efluente y de un ajuste dinámico de dosis.

En otra línea, el pH en los efluentes presentó un incremento en las dos semanas, junto con la CE. Estos resultados se sustentan principalmente en las características del $Ca(OCl)_2$ que, en soluciones acuosas, forman ácido hipocloroso (HClO) (Dutta et al., 2012), que se disocia en iones H+ y OCL-, incrementando la concentración de iones en la solución (Mukherjee et al., 2024), el cual, puede incrementar la conductividad eléctrica (Mohammed et al., 2024). Además, la presencia de insumos como detergentes, influye en la conductividad eléctrica ya que estos detergentes están diseñados para

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

neutralizar los ácidos de las reacciones de oxidación (Quiroga et al., 2018), por lo que incrementa la alcalinidad. Asimismo, la adición de $Fe_2(SO_4)_3$ a una solución con presencia de detergentes puede incrementar significativamente la conductividad eléctrica, debido a su fuerte ionización que mejora el transporte de iones en la muestra (Lin et al., 2017).

Asimismo, la diferencia observada entre los resultados obtenidos en MC-01 y MC-02 con el tratamiento combinado puede atribuirse a la variabilidad en la composición del efluente semanal, probablemente influida por el uso de distintos tipos de detergentes, jabones y cargas de lavado con características y coloraciones diversas . Se plantea la hipótesis de que algunos aditivos presentes en la MC-02, incrementaron significativamente los sólidos totales suspendidos, pese a la reducción sustancial de la turbidez. En contraste, en MC-01, la misma dosis resultó más favorable para la remoción de sólidos sin generar un aumento desproporcionado de precipitados.

Por otro lado, el tratamiento basado únicamente en hipoclorito refuerza esa conclusión. Allí donde la oxidación sola fue capaz de remover parte de la carga, la adición del coagulante incrementó los porcentajes de remoción en los parámetros más sensibles como sólidos suspendidos totales y turbidez, aunque moderadamente, también en la DQO. Estos resultados confirman la hipótesis central de la investigación: el proceso combinado supera, en promedio, la eficiencia del uso exclusivo de hipoclorito.

En adición, los ensayos realizados pusieron en evidencia el cumplimiento con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado. Las variaciones de pH, DQO y parcialmente SST se encuentran dentro del rango establecido por el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En síntesis, la evidencia generada respalda la adopción del proceso combinado para efluentes textiles de lavanderías, pero advierte que la eficacia del proceso combinado no depende únicamente de la dosis del coagulante, sino también de la caracterización detallada del efluente, lo que refuerza la necesidad de un ajuste de los reactivos en función de la variabilidad operativa de la lavandería.

X. CONCLUSIONES

Se caracterizó el agua residual proveniente de la lavandería IND Fashion, evidenciando altos niveles de contaminantes característicos de efluentes textiles, como SST, DQO y Turbidez. Estos resultados confirman la necesidad de implementar tratamientos efectivos que permitan reducir la carga orgánica y física del efluente antes de su disposición.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la prueba de jarras, se estableció que la dosis óptima del coagulante sulfato férrico fue de 15 mg/L, logrando una coagulación eficiente en términos de remoción de turbidez y SST. Esta etapa fue fundamental para optimizar el proceso combinado de tratamiento.

El tratamiento que combinó la oxidación con hipoclorito de calcio y la posterior coagulación con sulfato férrico mostró una mayor eficiencia en la remoción de los parámetros evaluados en comparación con el uso exclusivo de hipoclorito de calcio. En la primera muestra compuesta, el tratamiento combinado logró una remoción del 87.44 % en SST y 3.69 % en DQO, superando al tratamiento con hipoclorito solo, que obtuvo 67.26 % y 1.52 % de remoción, respectivamente. En la segunda muestra compuesta, se evidenció una mejora del 81.75 % en turbidez con el tratamiento combinado, frente al 34.81 % del tratamiento con hipoclorito únicamente. Esto

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

demuestra que la adición de un proceso de coagulación mejora significativamente la remoción de contaminantes en aguas residuales textiles.

La comparación entre ambos tratamientos permitió concluir que el proceso combinado es más eficiente, especialmente en la remoción de turbidez y sólidos suspendidos. Aunque la DQO tuvo una mejora moderada, la aplicación del coagulante junto con el oxidante resultó clave para lograr mayores porcentajes de remoción, validando así el segundo objetivo general de esta investigación.

A pesar de los resultados positivos, ambos tratamientos presentaron limitaciones en la remoción de algunos parámetros, como el color y la conductividad eléctrica. Esto puede deberse a las características particulares de los efluentes textiles, los tipos de compuestos presentes y las dosis utilizadas. Por ello, se recomienda complementar este tipo de tratamientos con procesos avanzados como adsorción o filtración, así como realizar estudios de evaluación económica y escalado para su aplicación a nivel industrial.

XI. .REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A. G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., & Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *231*, 113160. https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2021.113160

Alvarado, K. (2018). Influencia del uso de Lemna Minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de COTEXSUR, Lurín, 2017. [Tesis de Maestría],

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería, Huánuco. http://200.37.135.58/handle/123456789/1499

Arbid Y., Usman M., Tan N., Mathon B., Cedat B., François J. & Hanna K.(2024). Use of iron-bearing waste materials in laundry wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 57, 104717. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104717

Badawi, A. & Zaher, K. (2021). Hybrid treatment system for real textile wastewater remediation based on coagulation/flocculation, adsorption and filtration processes: Performance and economic evaluation. *Journal of water Process Engineering*, Vol 40, 2021. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101963

Bailey, K., Basu, A., & Sharma, S. (2022). The Environmental Impacts of Fast Fashion on Water Quality: A Systematic Review. *Water 2022, 14*(7), 1073. https://doi.org/10.3390/W14071073

Banco Mundial. (2019, 23 de septiembre). *¿Cuánto le cuestan nuestros armarios al medio ambiente?* https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/09/23/costo-moda-medio-ambiente

Bi, H., An, C., Mulligan, C. N., Zhang, K., Lee, K., & Yue, R. (2022). Treatment of oiled beach sand using a green and responsive washing fluid with nonionic surfactant-modified nanoclay. *Journal of Cleaner Production, 333*, 130122. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130122

Boda Manoj. (2017). *Waste Water Treatment of Textile Industry: Review (PDF Download Available).*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Brañez, M., Gutiérrez, R., Pérez, R., Uribe, C., & Valle, P. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Revista Campus*, *23*(26). https://doi.org/10.24265/campus.2018.v23n26.03

Cabrera B., Fleites M., & Contreras A. (2009). Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil "desembarco del granma" a escala de laboratorio. Tecnología Química, 29 (3), 64-73. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543760009

Çalık C. & İzlen D. (2022). Comparison of kinetics and costs of Fenton and photo-Fenton processes used for the treatment of a textile industry wastewater. Journal of Environmental Management, 304, 114234. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114234

Camilo, F., de Araújo, T., Quesada, H., Moura, A., Moisés, M., Bergamasco, R., Faria, S., & Simoes, M. (2021). Synthesis of hydrochars derived from industrial laundry sludge and its application in the removal of cationic dye. *Journal of Water Process Engineering, 40*. https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2021.101999

Carvalho J,, Lucchiari N. & Boldrin M.(2015). Bubble annular photoeletrocatalytic reactor with TiO2 nanotubes arrays applied in the textile wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *3* (2), 1177-1184. https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.04.010

Chen S., Wei K., Wang Y., Wang J., Huang H., Huang X., Logan B. & Zhang X. (2021). Enhanced recalcitrant pollutant degradation using hydroxyl radicals generated using ozone and bioelectricity-driven cathodic hydrogen peroxide production: Bio-E-Peroxone process. *Science of The Total Environment, 776*, 144819, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144819

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Cheng, X., Wang, S., Huang, W., Wang, F., Fang, S., Ge, R., Zhang, Q., Zhang, L., Du, W., Fang, F., Feng, Q., Cao, J., & Luo, J. (2022). Current status of hypochlorite technology on the wastewater treatment and sludge disposal: Performance, principals and prospects. Science of The Total Environment, 803, 150085. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150085

Çifçi, D. I. (2023). Fe-Mn-textile waste synthesis for COD and color removal from textile wastewater by UV/S2O82− oxidation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *20*(7), 7313–7324. https://doi.org/10.1007/S13762-023-04837-5/METRICS

Costa, A., Albuquerque, C., Salgueiro, A., & Sarubbo, L. (2018). Color removal from industrial dyeing and laundry effluent by microbial consortium and coagulant agents. *Process Safety and Environmental Protection, 118*, 203–210. https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2018.03.001

Darra, R., Hammad, M. bin, Alshamsi, F., Alhammadi, S., Al-Ali, W., Aidan, A., Tawalbeh, M., Halalsheh, N., & Al-Othman, A. (2023). Wastewater treatment processes and microbial community. *Metagenomics to Bioremediation: Applications, Cutting Edge Tools, and Future Outlook*, 329–355. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96113-4.00013-5

Dirección General de Salud Ambiental. (2011). *Evaluación de resultados de análisis de muestras de agua de los vertimientos de aguas residuales de las empresas Corporación VIKYCAR S.A.C., Lava Jeans S.A. y Deka Plastics S.A.C.* http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/rios/2011/eval-Huaycoloro-y%20vert-Vikycar-mayo-2011-2.pdf

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Dutta, A., & Saunders, W. P. (2012). Comparative Evaluation of Calcium Hypochlorite and Sodium Hypochlorite on Soft-tissue Dissolution. Journal of Endodontics, 38(10), 1395–1398. https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.06.020

Ersoz G., Fenton-Like Oxidation of Reactive Black 5 Using Rice Husk Ash-BasedCatalyst, Appl. Catal. B: Environ, 147(5): 353-358 (2014). https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2013.09.021

Freitas, T. K. F. S., Oliveira, V. M., de Souza, M. T. F., Geraldino, H. C. L., Almeida, V. C., Fávaro, S. L., & Garcia, J. C. (2015). Optimization of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (A. esculentus) mucilage as natural coagulant. *Industrial Crops and Products*, *76*, 538–544. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.027

Gholizade, A., Asadollahfardi, G., & Rezaei, R. (2023). Reactive Blue 19 dye removal by UV-LED/chlorine advanced oxidation process. Environmental Science and Pollution Research, 30(1), 1704–1718. https://doi.org/10.1007/s11356-022-22545-4

GilPavas E., Dobrosz I. & Gómez M. (2020). Efficient treatment for textile wastewater through sequential electrocoagulation, electrochemical oxidation and adsorption processes: *Optimization and toxicity assessment. Journal of Electroanalytical Chemistry, 878,* 114578. https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2020.114578

GilPavas E., Arbeláez P., Medina J. & Gómez C. (2017). Treatment of industrial textile wastewater by chemical coagulation coupled with fenton processes intensified by low frequency ultrasound. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *34* (1), 157-167. https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.14

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Gujar, S. K., Gogate, P. R., Kanthale, P., Pandey, R., Thakre, S., & Agrawal, M. (2021). Combined oxidation processes based on ultrasound, hydrodynamic cavitation and chemical oxidants for treatment of real industrial wastewater from cellulosic fiber manufacturing sector. *Separation and Purification Technology*, *257*, 117888. https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2020.117888

Guo, J., Zhang, Y., Wen, H., Jia, H., & Wang, J. (2023). A novel recycling way of blast furnace dust from steelworks: Electrocoagulation coupled micro-electrolysis system in indigo wastewater treatment. *Chemosphere*, *327*, 138416. https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2023.138416

Hao K., Thy L., Tung T., Sac C., Tin T,, Tien D., Tung V., Dai T., Binh T., Phong T., Visvanathan C. & Thanh X. (2024). Decolorization and degradation of azo dyes in thermophilic biological wastewater treatment process: A mini-review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, *10*, 101018. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.101018

Hendaoui, K., Ayari, F., Rayana, I., Amar, R., Darragi, F., & Trabelsi-Ayadi, M. (2018). Real indigo dyeing effluent decontamination using continuous electrocoagulation cell: Study and optimization using Response Surface Methodology. *Process Safety and Environmental Protection, 116*, 578–589. https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2018.03.007

Holkar, C., Jadhav, A., Pinjari, D., Mahamuni, N., & Pandit, A. (2016). A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. *Journal of Environmental Management*, *182*, 351–366. https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2016.07.090

Isawi H, Sadik M. & Nasr F. (2024). Combined electrocoagulation/flotation technique and membrane desalination for textile wastewater reuse. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *12* (5), 113661. https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.113661

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Jarvis P., Sharp E., Pidou M, Molinder R., Parsons S. & Jefferson B. (2012). Comparison of coagulation performance and floc properties using a novel zirconium coagulant against traditional ferric and alum coagulants, Water Research. 46 (13). 4179-4187. https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.04.043

Jeong, S. H., Kim, W., & Kwon, J. H. (2024). Development of a new sterilization method for microalgae media using calcium hypochlorite as the sterilant. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, *47*(3), 393–401. https://doi.org/10.1007/s00449-024-02971-z

Jiang D.B., Liu X., Xu X., Zhang Y.X., Double-shell Fe2O3 hollow Box-Like Structurefor Enhanced Photo-Fenton Degradation of Malachite Green Dye, J. Phys. Chem.Solids, 112: 209-215 (2018). https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2017.09.033

Kalia, S., Dalvi, V., Kumar, Vivek., Samuchiwal, S., & Malik, A. (2023). Hybrid electrocoagulation and laccase mediated treatment for efficient decolorization of effluente generated from textile industries. *Environmental Research,* Vol 223. 2023. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115868

Kamaratou M., Spinthaki A., Disci D. & Demadis K. (2024). Ferric silicate precipitates relevant to geothermal systems: Delineation of their complex formation. *Geothermics, 123*, 103118. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2024.103118

Khajvand M., Drogui P., Arab H., Dayal R. & Brien E. (2024). Hybrid process combining ultrafiltration and electro-oxidation for COD and nonylphenol ethoxylate removal from industrial laundry wastewater. *Chemosphere, 363*, 142931. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142931

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Khandaker, N., Afreen, I., Diba, D., Huck, F., & Akter, T. (2020). Treatment of textile wastewater using calcium hypochlorite oxidation followed by waste iron rust aided rapid filtration for color and COD removal for application in resources challenged Bangladesh. *Groundwater for Sustainable Development*, *10*. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100342

Khan Farjana (2014). Treatment of textile liquid waste by chlorination and evaluation of possible trihalomethane (thm) formation. Trabajo de Maestría: Bangladesh University of Engineering Technology- Dhaka. Recuperado de: http://lib.buet.ac.bd:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3427/Full%20Thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Koyuncu, I., & Güney, K. (2013). Membrane-Based Treatment of Textile Industry Wastewaters. *Encyclopedia of Membrane Science and Technology*, 1–12. https://doi.org/10.1002/9781118522318.EMST127

Kumar, K., Thakur, N., Thakur, N., & Sharma, S. (2023). Charge-based separation for coagulant recovery from water treatment residuals. In *Resource Recovery in Drinking Water Treatment* (pp. 167–186). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99344-9.00004-9

Lekhlif, B., Oudrhiri, L., Zidane, F., Drogui, P., & Blais, J. F. (2014). Study of the electrocoagulation of electroplating industry wastewaters charged by nickel (II) and chromium (VI). *Journal of Materials and Environmental Science*, *5*(1), 111–120.

Leyes, M. y Peñuela, H. (2021). Diseño mecatrónico para una planta de tratamiento de aguas residuales en entornos de industrias textiles con énfasis en tintorerías. *Encuentro*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Internacional De Educación en Ingeniería, 1–10. https://doi.org/10.26507/PONENCIA.1745

Leung, W. W. F. (2016). Inferring in-situ floc size, predicting solids recovery, and scaling-up using the Leung number in separating flocculated suspension in decanter centrifuges. *Separation and Purification Technology, 171*, 69–79. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.07.010

Liang J, Huang J., Zhang S., Yang X., Huang S., Zheng L., Ye M. & Sun S. (2019). A highly efficient conditioning process to improve sludge dewaterability by combining calcium hypochlorite oxidation, ferric coagulant re-flocculation, and walnut shell skeleton construction. *Chemical Engineering Journal, 361*, 1462-1478. https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.10.14

Lin, J., Couperthwaite, S. J., & Millar, G. J. (2017). Applicability of iron based coagulants for pre-treatment of coal seam water. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 5*(1), 1119–1132. https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.01.041

López-Grimau V., & Crespi-Rosell, M. (2015). Gestión de los efluentes de la industria textil: Proyecto mejora de las economías regionales y desarrollo local, Cuaderno tecnológico, 18, 7-33.

Lutterbeck, C. A., Colares, G. S., Oliveira, G. A., Mohr, G., Beckenkamp, F., Rieger, A., Lobo, E. A., Rodrigues, L. H. R., & MacHado, Ê. L. (2022). Microbial fuel cells and constructed wetlands as a sustainable alternative for the treatment of hospital laundry wastewaters: Assessment of load parameters and genotoxicity. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 10*(3), 108105. https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108105

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Ma, X., Cheng, Z., Bai, W., Tang, R., Wu, G., Zhan, X., & Hu, Z.-H. (2022). $Ca(ClO)_2$ pretreatment enhancing suspended solids removal through flocculation from digested dairy wastewater and its mechanisms. *Science of The Total Environment*, *856*, 159080. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159080

Maas R. & Chaudhari S. (2005). Adsorption and biological decolorization of azo dye reactive red 2 in semicontinuous anaerobic reactors. Process Biochem. *40*:699–705. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.01.038

Massoudinejad, M., Ghaderpoori, M. & Azari, M.R. (2015) The removal of COD and color from textile industry by chlorine hypochlorite. *International Journal of Advanced Science and Technology, 76*, 35–42. https://doi.org/10.14257/ijast.2015.76.05

Maroto, J. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento del agua residual de la lavandería SPLENDIR-RIOBAMBA. Recuperado de: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3109/1/96T00228.pdf

Marszałek, J., & Żyłła, R. (2021). Recovery of Water from Textile Dyeing Using Membrane Filtration Processes. *Processes 2021, 9*(10), 1833. https://doi.org/10.3390/PR9101833

Mei, P., Li, M., Zhang, Q., Peng, J., Bao, Y., & Zhang, S. (2024). Optimization model of process parameters for waterworks based on CNN-ISSA-BiGRU. *Journal of Hydrology, 633*, 130933. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130933

Mendes, J. C., Moro, T. K., Figueiredo, A. S., Silva, K. D. do C., Silva, G. C., Silva, G. J. B., & Peixoto, R. A. F. (2017). Mechanical, rheological and morphological analysis of cement-based composites with a new LAS-based air entraining agent. *Construction and Building Materials, 145*, 648–661. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.024

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Miah S., Hossain S., Ali S., Binte S., Sharmin S., Zakir H. (2025). Textile effluent treatment in a pilot-scale UASB bioreactor followed by biofilter and aerobic processes. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 11, 101075. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.101075

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020). *PTAR La Chira y Taboada: conoce las plantas que tratan el 80% del desague de Lima y Callao.* https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/314392-ptar-la-chira-y-taboada-conoce-las-plantas-que-tratan-el-80-del-desague-de-lima-y-callao

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.* https://www.gob.pe/institucion/sedaayacucho/normas-legales/3979411-021-2009-vivienda

Mohammed, Z. B., Fattah, M. Y., & Shehab, E. Q. (2024). Effect of leachate contamination in municipal solid waste on clay liner characteristics. J*ournal of Engineering Research, 12*(2), 34–43. https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.10.025

Molina Arias, M. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p?. *Pediatría Atención Primaria*, *19*(76), 377-381. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000500014&lng=es&tlng=es.

Mondal, P., Mukherji, S., & Garg, A. (2022). Performance of treatment schemes comprising chromium-hydrogen peroxide-based advanced oxidation process for textile wastewater. Environmental Science and Pollution Research, 29(58), 88089–88100. https://doi.org/10.1007/S11356-022-21629-5/METRICS

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Montoya, W. (2020). Mejora de procesos para mitigar el impacto ambiental en una lavandería industrial. *Ingeniería Industrial*, *038*, 109–127. https://doi.org/10.26439/ING.IND2020.N038.4816

Mukherjee, P., Das, R., & Jawed, M. (2024). Assessment of routine operation and maintenance work of a small community water treatment plant in North Guwahati, Assam, India. *Groundwater for Sustainable Development*, *25*, 101123. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2024.101123

Nihan E., Öztürk H, Atalay H., Akbal F., Kuleyin A., Burcu E.(2024). Artificial neural network modeling of Fenton-based advanced oxidation processes for recycling of textile wastewater. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 136, 542-553. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2024.02.045

Nicodermos, M., Pereira, J., De Aquino, S., & Aguiar, A. (2021). A critical analysis of the alternative treatments applied to effluents from Brazilian textile industries. *Journal of Water Process Engineering*, *43* (102273), 1-16. https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2021.102273

Nicolaidis, C., & Vyrides, I. (2014). Closing the water cycle for industrial laundries: An operational performance and techno-economic evaluation of a full-scale membrane bioreactor system. Resources, Conservation and Recycling, 92, 128–135. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.001

Novales, A. (2010). Análisis de regresión. *Universidad Complutense de Madrid*. https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Oliveira F., Teixeira R. & Oliveira C.(2021). Efficacy of two natural tannins-based polymers in contrast to aluminum sulfate for drinking water production. *Cleaner Engineering and Technology*, *3*(1), 100099. https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100099

Organización de las Naciones Unidas ONU. (2011). *Agua e industria en la economía verde*. https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/info_brief_water_and_industry_spa.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (2019). *La ONU lanza una campaña para resaltar el costo ambiental de mantenerse a la moda.* https://news.un.org/en/story/2019/03/1035161

Paredes Salán, M. (2013). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERÍA Y TINTORERÍA JAV-TEX Previa a la Obtención del Título de: INGENIERA QUÍMICA*.

Patel, S., Nair, A. T., & Makwana, A. R. (2025). Optimizing coagulation of Navy Blue RX dye and comparative study of performance of polyaluminium chloride and ferric chloride. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *22*(1), 477–488. https://doi.org/10.1007/s13762-024-05662-0

Paul, S. A., & Chavan, S. K. (2011). Characterization and cod reduction study of textile effluent by chemical oxidation treatment method. *International Journal of Chemical Sciences*, *9*(4), 1825–1832.

Quiroga, L., Ebrahim, S., Asif, M., & Caffrey, J. (2018). Dangerous games: Pool shock chemical burn to the face. *JPRAS Open, 16*, 105–108. https://doi.org/10.1016/j.jpra.2018.03.004

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

R-Chemical. (s.f.). *Hipoclorito de calcio para tratamiento de agua.* http://www.r-chemical.com/hipoclorito-de-calcio-para-tratamiento-de-agua/

Rafiq, M. S., Apurba, M. S. H., & Khandaker, N. R. (2024). Enhancing textile wastewater sustainability through calcium hypochlorite oxidation and subsequent filtration with assistance from waste blast furnace iron slag. *Water and Environment Journal*, *38*(4), 602–612. https://doi.org/10.1111/WEJ.12948

Raj, S.; Singh, H. & Bhattacharya, J. (2023). Treatment of textile industry wastewater based on coagulation-flocculation aided sedimentation followed by adsorption: Process studies in an industrial ecology concept. *Science of The Total Environment, 857 (2),* 159464. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722065639

Reutelshöfer, T. & Guzmán, L. (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. https://bivica.org/files/5376_aguas-residuales-muestra.pdf

Rossi, M. (2010). Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú. https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/$FILE/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf

Rull, E. (17 de julio de 2019). Vaqueros, devoradores de agua. *El Ágora*. https://www.elagoradiario.com/en-profundidad/a-fondo/vaqueros-devoradores-de-agua/

Sahil Rafiq, M., Apurba, M.S.H., Rahman, M.M., Khandaker, N.R. (2024). Sustainable Operation of Textile Wastewater Using Calcium Hypochlorite Oxidation Followed by

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Waste Iron Slag-Aided Micro-filtration. *Earth and Environmental Sciences Library*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-74515-7_12

Santana, R. M. da R., Napoleão, D. C., Rodriguez-Diaz, J. M., Gomes, R. K. de M., Silva, M. G., Lima, V. M. E. de, Melo Neto, A. A. de, Vinhas, G. M., & Duarte, M. M. M. B. (2023a). Efficient microbial cellulose/Fe3O4 nanocomposite forphotocatalytic degradation by advanced oxidation process of textile dyes. Chemosphere, 326, 138453. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138453

Smotraiev, R., Nehrii, A., Koltsova, E., Anohina, A., Sorochkina, K., & Ratnaweera, H. (2022). Comparison of wastewater coagulation efficiency of pre-polymerised zirconium and traditional aluminium coagulants. *Journal of Water Process Engineering*, *47* (102827), 1-9. https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2022.102827

Solís, M., Gil, J., Solís, A., Pérez H., Manjarrez, N., & Perdomo, M. (2013). El proceso de sedimentación como una aplicación sencilla para reducir contaminantes en efluentes textiles. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *12*(3), 585–594. https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v12n3/v12n3a20.pdf

Souza, R., Freitas, T., Domínguez, F., Pezoti, O., Ambrosio, E., Ferrari, A., & García, J. (2016). Photocatalytic activity of TiO_2, ZnO and Nb_2O_5 applied to degradation of textile wastewater. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, *329*, 9–17. https://doi.org/10.1016/J.JPHOTOCHEM.2016.06.013

Talapatadur V., Hegde S., Surendra B., Murahari P. & Ramesh K. (2023). A review of visible light active SnS photocatalyst for efficient photocatalytic water purification. *Materials Today: Proceedings.* https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.08.368

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tinoco, O., Medina, A., & Zapata, H. (2011). Tratamiento de efluentes textiles con luz ultravioleta solar. Industrial Data, *14*(2), pp. 9-15. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81622585002

Tlaiaa, Y. S., Naser, Z. A. R., & Ali, A. H. (2020). Comparison between coagulation and electrocoagulation processes for the removal of reactive black dye RB-5 and cod reduction. *Desalination and Water Treatment*, *195*, 154–161. https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25914

Tracy, D. J., & Reierson, R. L. (2008). Inorganic bleaches: Production of hypochlorite. In *Handbook of Detergents, Part F: Production* (pp. 435–472). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420014655

Tüfekçi, N., Sivri, N., & Toroz, I. (2007). Pollutants of textile industry wastewater and assessment of its discharge limits by water quality standards. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *7*(2). 97-103. https://dergipark.org.tr/en/pub/trjfas-ayrildi/issue/13283/160548

Vargas, A. , Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., & Núñez, D. A. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 28(2), 315–322. https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000200315

Vishali, S., Poonguzhali, E., Banerjee, I., George, S. S., & Srinivasan, P. (2023). Purification of domestic laundry wastewater in an integrated treatment system consists of coagulation and ultrafiltration membrane process. Chemosphere, 314, 137662. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137662

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Xian J., Gao L., Zheng, X. & Wen, T. (2007). Decolorization of a dye industry effluent by Aspergillus fumigatus XC6. *Appl Microbiol Biotechnol, 74*(1), 239-243. https://doi.org/10.1007/s00253-006-0658-1

Yáñez M., González V., Castro J., García R., Espejel F., Reyes Y., Rivera F., Cárdenas J. & Bustos E. (2025). Textile-washing wastewater treatment using ozonolysis, electro-coagulation, and electro-oxidation. *Electrochimica Acta*, *512*, 145473. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.145473

Yapar, S., Körlü, A. E., Perinçek, S., Yılmaz, H., & Bağıran, C. (2015). Dye removal from textile wastewater through the adsorption by pumice used in stone washing. *Autex Research Journal*, (15), 158-163. https://doi.org/10.1515/aut-2015-0012

Yee-Bastista, C. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial . https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados

Yukseler, H. Uzal N., Sahinkaya E., Kitis M., Dilek F. & Yetis U. (2017). Analysis of the best available techniques for wastewaters from a denim manufacturing textile mill. *Journal of Environmental Management*, *203* (3), 1118-1125. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.041

Xinjuan H, Meneses Y. & Aly A. (2020). Integration of sodium hypochlorite pretreatment with co-immobilized microalgae/bacteria treatment of meat processing wastewater. *Bioresource Technology*, 304, 122953. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122953

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Wang W., Xue Zhang, Qian-Yuan Wu, Ye Du, Hong-Ying Hu (2017). Degradation of natural organic matter by UV/chlorine oxidation: Molecular decomposition, formation of oxidation byproducts and cytotoxicity. *Water Research, 124* (1), 251-258. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.029

Wang, L., Wang, M., Shammas K. & Aulenbach D. (2021). Treatment of Laundry Wastewater by Physicochemical and Flotation Processes. *Handbook of Environmental Engineering*, *22*, https://doi.org/10.1007/978-3-030-61002-9_10

Zaki, N., Hadoudi, N., Charki, A., Bensitel, N., Ouarghi, H. el, Amhamdi, H., & Ahari, M. (2023). Advancements in the chemical treatment of potable water and industrial wastewater using the coagulation–flocculation process. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, *58*(15), 2619–2630. https://doi.org/10.1080/01496395.2023.2219381

Zambrano, M., Pawlak, J., Daystar, J., Ankeny, M., & Venditti, R. (2021). Impact of dyes and finishes on the microfibers released on the laundering of cotton knitted fabrics. *Environmental Pollution*, *272*, 1-10. https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2020.115998

Zhao, F. W., Li, X., & Yang, Y. L. (2009). The coagulation-supporting effect of pre-oxidation of potassium manganate in the process of coagualtion. *Beijing Gongye Daxue Xuebao / Journal of Beijing University of Technology*, *35*(11), 1527–1531.

Zhao, J., Wang, Y., Guan, D., Fu, Z., Zhang, Q., Guo, L., Sun, Y., Zhang, Q., & Wang, D. (2023). Calcium hypochlorite-coupled aged refuse promotes hydrogen production from sludge anaerobic fermentation. Bioresource Technology, 370, 128534. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128534

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Zaruma, P., Proal, J., Hernández, I. C., & Salas, H. I. (2018). Los colorantes textiles industriales y tratamientos óptimos de sus efluentes de agua residual: una breve revisión. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas(19), 38-47.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (2013). Protocolo de inspección de vertidos de aguas residuales destinado a las entidades colaboradoras de la administración hidráulica. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/publicaciones/Protocolo_de_inspecci%C3%B3n_de_vertidos_tcm30-137340.pdf)

Sistema Nacional de Información Ambiental (2013). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. https://sinia.minam.gob.pe/normas/protocolo-monitoreo-calidad-efluentes-plantas-tratamiento-aguas

XII. ANEXOS

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 1:

Informes de Análisis de Ensayo (S-3245)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INFORME DE ENSAYO
IE-2024-1694

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	KEVIN ALEXANDER MEDINA LAGUNA LUIS FERNANDO HUERTO QUISPE
1.2	RUC o DNI	:	74861997 / 70311229
1.3	Dirección	:	No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1	Producto	:	AGUA RESIDUAL
2.2	Muestreado por	:	CLIENTE (c)
2.3	Número de Muestras	:	01
2.4	Fecha de Recepción	:	2024-07-18
2.5	Periodo de Ensayo	:	2024-07-18 al 2024-08-01
2.6	Fecha de Emisión	:	2024-08-02
2.7	Fecha y Hora de Muestreo	:	2024-07-17 / 20:10 p.m. (c)
2.8	N° de cotización	:	COT-124050-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Prueba de Jarras	Método Interno
Solidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids. Total, Suspended Solids Dried at 103-105°C.
Potencial de hidrógeno, pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023 pH VALUE: Electromedic Method
Demanda Química de Oxígeno, DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test 2023
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B 24th Ed. 2023. Conductivity. Laboratory Method.
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 24th Ed. 2023. Turbidity. Nephelometric Method.
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023. Color. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (Proposed).

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INFORME DE ENSAYO IE-2024-1694

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: MUESTRA DE AGUA RESIDUAL - MC-01 N: -12.02047 / E: -77.00319 LAVANDERÍA FASHIO E.I.R.L (c)

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL (ESTABLECIDO POR EL CLIENTE)

4.2.1. Caracterización Inicial

- Esta muestra compuesta inicial será caracterizada evaluando los parámetros indicados.
- Parámetros: SST, pH, DQO, C.E., Turbidez y Color

4.2.2. Tratamiento N°1 - OXIDANTE

- En este tratamiento se busca evaluación un oxidante mediante la aplicación de este en la muestra de agua para posteriormente evaluar los parámetros SST, pH, DQO, C.E., Turbidez y Color.
- El reactivo oxidante elegido fue el hipoclorito de calcio Ca $(ClO)_2$ al 70% de pureza.
- Las condiciones de aplicación fueron las siguientes:
  - Muestra compuesta + oxidante (Hipoclorito de Calcio - 0.8 g/L).
  - Tiempo de agitación: 6 min
  - Velocidad: 200 rpm
  - Tiempo de Sedimentación: 30 segundos.

4.2.3. Tratamiento N°2 - COAGULANTE

- En este tratamiento se busca evaluación un coagulante mediante la aplicación de este en la muestra de agua para posteriormente evaluar la turbidez y elegir la dosis optima.
- El reactivo coagulante elegido fue el Sulfato Férrico $Fe_2(SO_4)_3$
- Las condiciones de aplicación fueron las siguientes:

Tabla N°1: Tratamiento con Coagulante $Fe_2(SO_4)_3$

Tratamientos	Velocidad (rpm)	Tiempo de mezcla (min)	$Fe_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Sedimentación (min)
Jarra 1 (J1)	50	9	15	10
Jarra 2 (J2)	50	9	30	10
Jarra 3 (J3)	50	9	50	10

Nota: Se realizó luego de la mezcla una agitación rápida por 15 segundos a 150 rpm luego se prosiguió con la lenta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4.2.4. Tratamiento N°3 – OXIDANTE - COAGULANTE

- En este tratamiento se busca evaluación de un oxidante y dosis optima de coagulante mediante la aplicación de estos reactivos en la muestra de agua para posteriormente evaluar los parámetros SST, pH, DQO, C.E., Turbidez y Color. Primeramente, se agrega el oxidante para luego inmediatamente añadir el coagulante.
- Las condiciones de aplicación fueron las siguientes:
  - Dosis de oxidante (Hipoclorito de Calcio - 0.8 g/L).
    - Tiempo de agitación: 6 min
    - Velocidad: 200 rpm
    - Tiempo de Sedimentación: 30 segundos.
  - Dosis optima de coagulante Sulfato Férrico $Fe_2(SO_4)_3$
    - Tiempo de agitación: 9 min
    - Velocidad: 50 rpm
  - Tiempo de Sedimentación: 10 min.
  - Caracterización de la muestra resultante.

4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

4.3.1. CARACTERIZACIÓN INICIAL

A continuación, se brindan los resultados de la caracterización inicial

Tabla N°2: Resultados de la caracterización inicial

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-3245	Solidos Totales Suspendidos	mg/L	5	223
	Potencial de hidrógeno, pH	Unid. pH	0.10	7.01
	Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	10	461
	Conductividad	ms/cm	0.10	2.51
	Turbidez	NTU	0.10	2.61
	Color	UC	5	<5.00

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4.3.2. TRATAMIENTO N°1 – OXIDANTE

A continuación, se brindan los resultados de la muestra luego del tratamiento con el reactivo oxidante:

Tabla N°3: Resultados Obtenidos

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-3245	Solidos Totales Suspendidos	mg/L	5	73
	Potencial de hidrógeno, pH	Unid. pH	0.10	7.63
	Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	10	454
	Conductividad	ms/cm	0.10	7.41
	Turbidez	NTU	0.10	7.51
	Color	UC	5	<5.00

4.3.3. TRATAMIENTO N°1 – COAGULANTE

A continuación, se brindan los resultados de la muestra luego del tratamiento con el reactivo Coagulante:

Tabla N°4: Resultados Obtenidos

Tratamientos	Velocidad (rpm)	Tiempo de mezcla (min)	$Fe_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Resultados de Turbidez (NTU)
Jarra 1 (J1)	50	9	15	5.29
Jarra 2 (J2)	50	9	30	6.02
Jarra 3 (J3)	50	9	50	5.63

4.3.4. TRATAMIENTO N°3 – OXIDANTE - COAGULANTE

A continuación, se brindan los resultados del tratamiento final con el uso del oxidante y coagulante optimo:

Tabla N°5: Resultados de la caracterización inicial

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-3245	Solidos Totales Suspendidos	mg/L	5	28
	Potencial de hidrógeno, pH	Unid. pH	0.10	7.84
	Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	10	444
	Conductividad	ms/cm	0.10	3.55
	Turbidez	NTU	0.10	18.60
	Color	UC	5	<5.00

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4.4. IMÁGENES ASOCIADAS AL PROCESO Y ANÁLISIS

Se presentan algunas de las imágenes correspondientes al proceso experimental y análisis

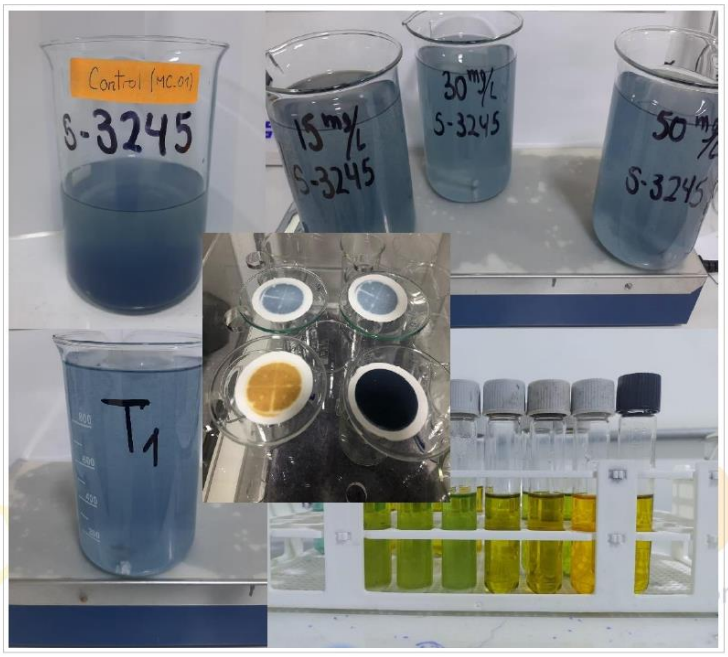


IMAGEN N°1:
ALGUNOS IMÁGENES DEL PROCESO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS
(MUESTRA CONTROL, TRATAMIENTO DE OXIDANTE, TRATAMIENTO CON COAGULANTE, ENSAYO DQO, FILTROS DE ENSAYOS DE SÓLITOS SUSPENDIDOS TOTALES)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INFORME DE ENSAYO IE-2024-1694



IMAGEN N°2: ALGUNOS EQUIPOS USADOS (DIGESTOR DQO, MULTIPARÁMETRO, ESPECOTROFOTÓMETRO UV VISIBLE Y ESTUFA DE LABORATORIO)

Leyenda
LCM: Límite de Cuantificación de Método.
(c) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

FIN DE DOCUMENTO

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 2:

Informes de Análisis de Ensayo (S-3379)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INFORME DE ENSAYO
IE-2024-1757

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	KEVIN ALEXANDER MEDINA LAGUNA
1.2	RUC o DNI	:	74861997
1.3	Dirección	:	No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1	Producto	:	AGUA RESIDUAL
2.2	Muestreado por	:	CLIENTE (c)
2.3	Número de Muestras	:	01
2.4	Fecha de Recepción	:	2024-07-25
2.5	Periodo de Ensayo	:	2024-07-25 al 2024-08-09
2.6	Fecha de Emisión	:	2024-08-10
2.7	Fecha y Hora de Muestreo	:	2024-07-24 / 20:10 p.m. (c)
2.8	N° de cotización	:	COT-124050-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Prueba de Jarras	Método Interno
Solidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids. Total, Suspended Solids Dried at 103-105°C
Potencial de hidrógeno, pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023 pH VALUE: Electrometriic Method
Demanda Química de Oxígeno, DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test 2023
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B 24th Ed. 2023. Conductivity. Laboratory Method.
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 24th Ed. 2023. Turbidity. Nephelometric Method.
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023. Color. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (Proposed).

DIEGO ROMANO TERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: MUESTRA DE AGUA RESIDUAL - MC-02 / N: -77.00319 E: -12.0204 / LAVANDERÍA (c)

Nombre del proyecto: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (c)

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL (ESTABLECIDO POR EL CLIENTE)

4.2.1. Caracterización Inicial

- Esta muestra compuesta inicial será caracterizada evaluando los parámetros indicados.
- Parámetros: SST, pH, DQO, C.E., Turbidez y Color

4.2.2. Tratamiento N°1 - OXIDANTE

- En este tratamiento se busca evaluación un oxidante mediante la aplicación de este en la muestra de agua para posteriormente evaluar los parámetros SST, pH, DQO, C.E., Turbidez y Color.
- El reactivo oxidante elegido fue el hipoclorito de calcio Ca $(ClO)_2$ al 70% de pureza.
- Las condiciones de aplicación fueron las siguientes:
  - Muestra compuesta + oxidante (Hipoclorito de Calcio - 0.8 g/L).
  - Tiempo de agitación: 6 min
  - Velocidad: 200 rpm
  - Tiempo de Sedimentación: 30 segundos.

4.2.3. Tratamiento N°2 - COAGULANTE

- En este tratamiento se busca evaluación un coagulante mediante la aplicación de este en la muestra de agua para posteriormente evaluar la turbidez y elegir la dosis optima.
- El reactivo coagulante elegido fue el Sulfato Férrico $Fe_2(SO_4)_3$
- Las condiciones de aplicación fueron las siguientes:

Tabla N°1: Tratamiento con Coagulante $Fe_2(SO_4)_3$

Tratamientos	Velocidad (rpm)	Tiempo de mezcla (min)	$Fe_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Sedimentación (min)
Jarra 1 (J1)	50	9	15	10
Jarra 2 (J2)	50	9	30	10
Jarra 3 (J3)	50	9	50	10

Nota: Se realizó luego de la mezcla una agitación rápida por 15 segundos a 150 rpm luego se prosiguió con la lenta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4.2.4. Tratamiento N°3 – OXIDANTE - COAGULANTE

- En este tratamiento se busca evaluación de un oxidante y dosis optima de coagulante mediante la aplicación de estos reactivos en la muestra de agua para posteriormente evaluar los parámetros SST, pH, DQO, C.E., Turbidez y Color. Primeramente, se agrega el oxidante para luego inmediatamente añadir el coagulante.
- Las condiciones de aplicación fueron las siguientes:
  - Dosis de oxidante (Hipoclorito de Calcio - 0.8 g/L).
    - Tiempo de agitación: 6 min
    - Velocidad: 200 rpm
    - Tiempo de Sedimentación: 30 segundos.
  - Dosis optima de coagulante Sulfato Férrico $Fe_2(SO_4)_3$
    - Tiempo de agitación: 9 min
    - Velocidad: 50 rpm
  - Tiempo de Sedimentación: 10 min.
  - Caracterización de la muestra resultante.

4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

4.3.1. CARACTERIZACIÓN INICIAL

A continuación, se brindan los resultados de la caracterización inicial

Tabla N°2: Resultados de la caracterización inicial

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-3379	Solidos Totales Suspendidos	mg/L	5	132
	Potencial de hidrógeno, pH	Unid. pH	0.10	6.75
	Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	10	171
	Conductividad	µs/cm	0.10	3514.00
	Turbidez	NTU	0.10	49.70
	Color	UC	5.00	< 5.00

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4.3.2. TRATAMIENTO N°1 – OXIDANTE

A continuación, se brindan los resultados de la muestra luego del tratamiento con el reactivo oxidante:

Tabla N°3: Resultados Obtenidos

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-3379	Solidos Totales Suspendidos	mg/L	5	170
	Potencial de hidrógeno, pH	Unid. pH	0.10	8.37
	Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	10	109
	Conductividad	µs/cm	0.10	4387.00
	Turbidez	NTU	0.10	32.40
	Color	UC	5.00	< 5.00

4.3.3. TRATAMIENTO N°1 – COAGULANTE

A continuación, se brindan los resultados de la muestra luego del tratamiento con el reactivo Coagulante:

Tabla N°4: Resultados Obtenidos

Tratamientos	Velocidad (rpm)	Tiempo de mezcla (min)	$Fe_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Resultados de Turbidez (NTU)
Jarra 1 (J1)	50	9	15	5.29
Jarra 2 (J2)	50	9	30	6.02
Jarra 3 (J3)	50	9	50	5.63

4.3.4. PARAMETROS DE DOSIS ÓPTIMA

Tabla N°5: Resultados Obtenidos

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-3379	Turbidez (15 mg/L)	NTU	0.10	1.68
	Turbidez (30 mg/L)	NTU	0.10	2.45
	Turbidez (50 mg/L)	NTU	0.10	17.2

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

4.3.5. TRATAMIENTO N°3 – OXIDANTE - COAGULANTE

A continuación, se brindan los resultados del tratamiento final con el uso del oxidante y coagulante optimo:

Tabla N°5: Resultados de la caracterización inicial

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-3379	Solidos Totales Suspendidos	mg/L	5	1088
	Potencial de hidrógeno, pH	Unid. pH	0.10	6.86
	Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	10	103
	Conductividad	µs/cm	0.10	4677.00
	Turbidez	NTU	0.10	9.07
	Color	UC	5.00	< 5.00

4.4. IMÁGENES ASOCIADAS AL PROCESO Y ANÁLISIS

Se presentan algunas de las imágenes correspondientes al proceso experimental y análisis

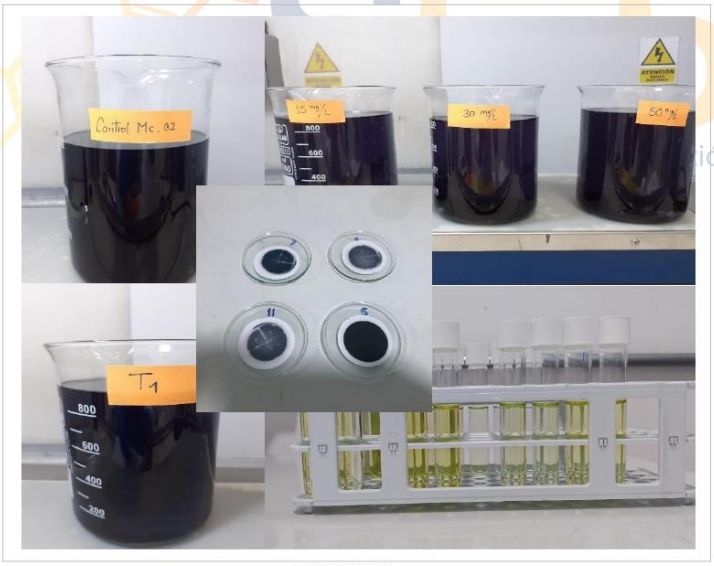


IMAGEN N°1:
ALGUNOS IMÁGENES DEL PROCESO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS (MUESTRA CONTROL, TRATAMIENTO DE OXIDANTE, TRATAMIENTO CON COAGULANTE, ENSAYO DQO, FILTROS DE ENSAYOS DE SÓLITOS SUSPENDIDOS TOTALES)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR



IMAGEN N°2: ALGUNOS EQUIPOS USADOS (DIGESTOR DQO, MULTIPARÁMETRO, ESPECOTROFOTÓMETRO UV VISIBLE Y ESTUFA DE LABORATORIO)

Leyenda
LCM: Límite de Cuantificación de Método.
(c) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

FIN DE DOCUMENTO

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 3:

Certificado de Laboratorio Acreditado

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Certificado

INACAL
Instituto Nacional de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Calle 22 Mz E Lt 7 Urbanización Vipol de Naranjal, distrito de San Martin de Porres, provincia y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 21 de julio de 2023
Fecha de Vencimiento: 20 de julio de 2026

Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU 20600283015 soft
Fecha: 2023-08-18 08:52:23
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora (d.t.). Dirección de Acreditación - INACAL

Cedula: N°: 228-2023-INACAL/DA
Contrato N°: 039-2023/INACAL-DA
Registro N°: LE - 211

Fecha de emisión: 15 de agosto de 2023

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web **www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados** *y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.*

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 4:

Registro Fotográfico

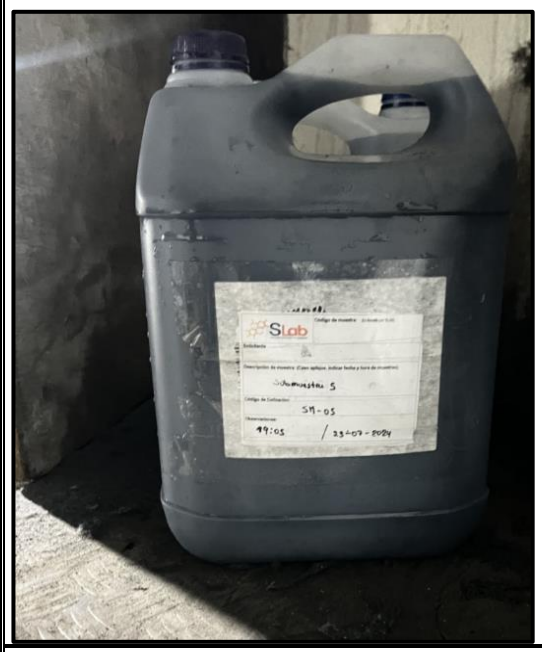
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

PRIMERA SEMANA	
Recolección: 	**Recolección:** 
Almacenamiento: 	**Almacenamiento:** 

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Mezcla: 	**Envio:** 
SEGUNDA SEMANA	
Recolección: 	**Recolección:** 

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Almacenamiento: 	**Almacenamiento:** 
Mezcla: 	**Envio:** 

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 5:

Resolución de Aprobación de Proyecto de Tesis

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°174-2023-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 20 de diciembre del 2023

VISTO:
El informe de revisión académica independiente y la aprobación de un Comité de Ética (**N° de Constancia: 115-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2023**) del proyecto de tesis titulado: ***TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA LAVANDERÍA MEDIANTE COAGULACIÓN CON PRETRATAMIENTO DE OXIDACIÓN CON HIPOCLORITO DE CALCIO***, presentado por:

- **LUIS FERNANDO HUERTO QUISPE**
- **KEVIN ALEXANDER MEDINA LAGUNA**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, según la modalidad elegida, es necesario la realización y sustentación de una tesis.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: ***TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA LAVANDERÍA MEDIANTE COAGULACIÓN CON PRETRATAMIENTO DE OXIDACIÓN CON HIPOCLORITO DE CALCIO*** con N° de registro: **PRE-11-2023-00304**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar a la docente **OLGA VADIMOVNA KOSTENKO** como **ASESOR** para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Mg. Mirtha Rosario Nazario Ramirez
Decano (e)
Carrera de Ingeniería Ambiental

T // (511) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 6:

Solicitud de Uso de Muestras de Agua ante Empresa Privada con Fines de Investigación

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO 1- CARTA DE COMPROMISO

Asunto: "SOLICITUD DE USO DE MUESTRAS DE AGUA ANTE EMPRESA PRIVADA CON FINES DE INVESTIGACIÓN"

Les saluda Luis Fernando Huerto Quispe (70311229) y Kevin Alexander Medina Laguna (74861997), estudiantes de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, Lima-Perú. Dentro de nuestro proceso formativo estamos desarrollando la presente investigación "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES TEXTILES MEDIANTE COAGULACIÓN CON PRETRATAMIENTO DE OXIDACIÓN CON HIPOCLORITO DE CALCIO EN UNA LAVANDERIA, LIMA-PERÚ. En tal sentido, se solicita el ingreso a sus instalaciones durante 3 dias consecutivos durante 3 semanas a fin de tomar muestras de agua (45L) de los efluentes del proceso de lavado. Todos los datos obtenidos serán manejados exclusivamente por nosotros y se codificará para que no se pierda la confidencialidad de los mismo. Además, nos comprometemos a que no se realizarán otras investigaciones diferentes a lo detallado en este estudio. Los equipos de Proteccion Personal (EPP) seran provistos por nosotros.

De mis consideraciones:

Yo Rafhael Aguirre Alzamora, en mi calidad de Ingeniero Químico y como tal, representante de la empresa Lavanderia E.I.R.L. Fashion, dedicada al proceso de lavado de prendas textiles. Manifiesto nuestro compromiso como empresa para brindar el permiso de toma de muestras de agua (45 L) de los efluentes del proceso de lavado, para la realización del trabajo de investigación de los estudiantes Luis Fernando Huerto Quispe (DNI N°70311229) y Kevin Alexander Medina Laguna (DNI N°74861997).

Atentamente,

Representante	Tesista	Tesista
Firma:	**Firma:**	**Firma:**
Apellidos y Nombres:	**Apellidos y Nombres:**	**Apellidos y Nombres:**
Rafhael Aguirre Alzamora **DNI:** 09311988	Luis Fernando Huerto Quispe **DNI:** 70311229	Kevin Alexander Medina Laguna **DNI:** 74861997

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CONSTANCIA N° 115-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2023

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constanciaque el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro:	**PRE-11-2023-00304**
Título:	**Tratamiento de aguas residuales de una lavandería mediante coagulación con pretratamiento de oxidación con hipoclorito de calcio**
Investigador(a):	**Luis Fernando Huerto Quispe; Kevin Alexander Medina Laguna**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminacióno eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 04 de marzo de 2025**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de estedocumento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 05 de setiembre de 2023

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR - Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad - UCSUR

Méd. Vet. Milena Paola Montenegro Veja
Presidenta (e)
Comité Institucional de Ética en
Investigacióncon Animales y Biodiversidad