

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EFICIENCIA DEL PROCESO FOTO-FENTON CON OZONO PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA
EMPRESA TEXTIL EL AMAZONAS UBICADO EN EL DISTRITO DE LIMA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:

LUIS YOEL ROSAS CASTILLO
NIKHOL MELISSA NONAJULCA ALVAREZ

ASESOR:

Dr. LUIS AMERICO CARRASCO VENEGAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AMBIENTE

Callao, 2024

PERÚ

TESIS - ROSAS CASTILLO Y NONAJULCA ALVAREZ

4%
Textos sospechosos

4% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
4% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: TESIS - ROSAS CASTILLO Y NONAJULCA ALVAREZ.pdf ID del documento: 46cb2592bca1357ac0da8919ed65493475a2e2ac Tamaño del documento original: 9,43 MB Autores: []	Depositante: FIQ PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION Fecha de depósito: 21/10/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 21/10/2024	Número de palabras: 15.253 Número de caracteres: 105.923
---	--	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS - ARCONDOR- FLORES- VELARDE.pdf TESIS - ARCONDOR- FLORES- V... #19d926 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 12 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (278 palabras)
2	repositorio.uncp.edu.pe https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5344/T010_46809397_T.pdf?seq... 10 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (114 palabras)
3	1A; AGUILAR TORRES-Sussy; ALATA AMPUERO-Andres Avelino; ATAHUA ... #ab96b7 El documento proviene de mi grupo 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (117 palabras)
4	repositorio.continental.edu.pe https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13157/1/IV_FIN_107_TE_Ayala_Per... 23 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (105 palabras)
5	1A_MILLA FIGUEROA; Américo Carlos_IF-INVESTIGACIÓN..pdf 1A_MILLA F... #f1f954 El documento proviene de mi grupo 17 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (97 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	link.springer.com Sunlight Irradiated Pyrite-Fenton System for Advanced Oxidative... https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-022-05629-2	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	link.springer.com A comparative study of photo-Fenton process assisted by natura... https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-12106-y	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
3	TESIS FINAL - ASMAD MONTESINOS-DIAZ CABRERA.pdf TESIS FINAL - AS... #75bf82 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
4	repositorio.continental.edu.pe https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13157	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
5	Documento de otro usuario #8ce2d6 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

Fuente mencionada (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://www.alab.com.pe/
---	--------------------------

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD	:	Facultad de Ingeniería Química
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN	:	Unidad de investigación de la Facultad de Ingeniería Química
TÍTULO	:	Eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono para el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas ubicado en el distrito de Lima
AUTORES	:	Rosas Castillo Luis Yoel CÓDIGO ORCID: 0009-0001-8280-2087 DNI: 48240880 Nonajulca Alvarez Nikhol Melissa CÓDIGO ORCID: 0009-0006-4557-0869 DNI: 72440007
ASESOR	:	Dr. Carrasco Venegas Luis Américo CÓDIGO ORCID: 0000-0002-7832-3366 DNI: 25825871
LUGAR DE EJECUCIÓN	:	Empresa Textil El Amazonas S.A.
UNIDAD DE ANÁLISIS	:	Aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas S.A.
TIPO DE INVESTIGACIÓN	:	Aplicada
ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	:	Cuantitativo
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	:	Experimental
TEMA OCDE	:	15.Tecnología de Aguas Residuales



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
XII CICLO TALLER DE TESIS
JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



ACTA N° 138 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

LIBRO N° 01 FOLIO N° 139 ACTA N° 138 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

A los 26 días del mes de octubre del 2024, siendo las 9:46 horas, se reunieron, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS, para la obtención del Título profesional de Ingeniero Químico, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO	PRESIDENTE
Ing. Dr. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO	SECRETARIO
Lic. Dr. TRUJILLO PÉREZ SALVADOR APOLINAR	VOCAL
Lic. Mg. CABRERA ARISTA CESAR	SUPLENTE
Ing. Dr. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO	ASESOR

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los bachilleres ROSAS CASTILLO LUIS YOEL Y NONAJULCA ALVAREZ NIKHOL MELISSA, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustentan la tesis titulada "EFICIENCIA DEL PROCESO FOTOFENTON CON OZONO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA TEXTIL EL AMAZONAS UBICADO EN EL DISTRITO DE LIMA", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado de Sustentación y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa BUENO y calificación cuantitativa 16, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio de 2023.

Se dio por concluida la sustentación a las 10:10 horas del día 26 de octubre del año en curso.

Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Ing. Dr. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO
SECRETARIO DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Lic. Dr. TRUJILLO PÉREZ SALVADOR APOLINAR
VOCAL DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Lic. Mg. CABRERA ARISTA CESAR
SUPLENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Ing. Dr. CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO
ASESOR DE JURADO DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
XII CICLO TALLER DE TESIS
JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

INFORME N° 004-2024-JS-XIICTT-FIQ

DE : Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN
XII CICLO TALLER DE TESIS – FIQ

PARA : Ing. Dr. CALDERÓN CRUZ JULIO CESAR
DECANO – FIQ

ASUNTO : LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES

FECHA : Bellavista, 20 de noviembre de 2024

Me dirijo a usted para saludarlo cordialmente y a su vez comunicarle que al haberse visto y revisado las observaciones formuladas por el Jurado de Sustentación del XII Ciclo Taller de Tesis FIQ a la Tesis titulada **“EFICIENCIA DEL PROCESO FOTOFENTON CON OZONO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA TEXTIL EL AMAZONAS UBICADO EN EL DISTRITO DE LIMA”** presentado por los bachilleres señor **ROSAS CASTILLO LUIS YOEL** y señorita **NONAJULCA ALVAREZ NIKHOL MELISSA** de la Facultad de Ingeniería Química, el Jurado de Sustentación da su conformidad respecto al levantamiento de observaciones para que continúe con los trámites respectivos.

Atentamente.

Ing. Dr. DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN
XII CICLO TALLER DE TESIS – FIQ

DEDICATORIA

A mi dios a quien todo le debo. A mis padres, Wilfredo y Miriam, por ser los cimientos de mis valores y mi desarrollo profesional. A mi esposa Nadia, su amor y apoyo continuo ha sido fundamental en este camino. A mi hijo Ian, su pronta llegada traerá una nueva luz a mi vida y ha sido la inspiración necesaria para completar esta tesis. A mis hermanos, tíos y abuelos, por haber estado siempre a mi lado y por sus ánimos constantes en la búsqueda de mis metas.

Atte: Luis Yoel Rosas Castillo

Dedico este trabajo en primer lugar, a Dios por su infinito amor y por ser la guía que ha iluminado mi camino. A mi familia, el regalo más preciado que Dios me ha otorgado. A mis padres, quienes me enseñaron que con esfuerzo, perseverancia y fe es posible alcanzar cualquier meta. A mi hermana, a quien le dedico con especial cariño, agradezco su compañía en los momentos de alegría y desafíos, así como su apoyo incondicional. Este trabajo es el fruto del amor, aliento y valores que mi familia me ha brindado en cada etapa de este camino

Atte: Nikhol Melissa Nonajulca Alvarez

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ABREVIATURAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Problemas específicos	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación	17
1.3.1. Justificación ambiental.....	17
1.3.2. Justificación legal.....	17
1.3.3. Justificación teórica	18
1.3.4. Justificación tecnológica	18
1.4. Delimitantes de la investigación.....	19
1.4.1. Delimitante teórica.....	19

1.4.2. Delimitante temporal.....	19
1.4.3. Delimitante espacial.....	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Internacional	20
2.1.2. Nacional.....	23
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Radical hidroxilo	25
2.2.2. Reacción Fenton	27
2.2.3. Reacción foto-Fenton	27
2.2.4. Reacción Ozono	29
2.3. Marco conceptual.....	29
2.3.1. Tratamiento de aguas.....	29
2.3.2. Proceso de oxidación avanzada.....	30
2.3.3. Las aguas residuales industriales.....	31
2.3.4. Industria textil	32
2.3.5. Características de los efluentes textiles.....	32
2.3.6. Colorante textil.....	33
2.3.7. Reúso de aguas residuales tratadas	34
2.4. Definición de términos básicos	35
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	38

3.1. Hipótesis	38
3.1.1. Hipótesis general	38
3.1.2. Hipótesis específicas	38
3.2. Operacionalización de variables	38
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	40
4.1. Diseño metodológico.....	40
4.2. Método de investigación	40
4.3. Población y muestra.....	44
4.3.1. Población	44
4.3.2. Muestra.....	44
4.4. Lugar de estudio	44
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	45
4.5.1. Técnicas analíticas	45
4.5.2. Instrumentos.....	46
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	46
4.7. Aspectos éticos de investigación	47
V. RESULTADOS	48
5.1. Resultados descriptivos	48
5.1.1. Caracterización del agua residual industrial	48
5.1.2. Proceso foto-Fenton con ozono.....	49
5.2. Resultados inferenciales.....	53
5.2.1. Prueba de normalidad de residuos.....	53
5.2.2. Análisis de hipótesis estadísticas de la investigación	54

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	58
6.1.1. Contrastación con la hipótesis general	58
6.1.2. Contrastación con la hipótesis específica	58
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	59
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	60
VII. CONCLUSIONES	61
VIII. RECOMENDACIONES.....	62
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	73
Anexo 02 Validez de contenido de instrumentos	74
Anexo 03: Análisis de supuestos de los residuales.....	75
Anexo 04: Constancia de conformidad	79
Anexo 05. Registro fotográfico de la investigación.....	80
Anexo 06: Análisis de parámetros en laboratorio acreditado	89
Anexo 07: Fichas técnicas de insumos químicos utilizados	97
Anexo 08: Fichas técnicas de equipos utilizados	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Potenciales de oxidación de agentes oxidantes.....	26
Tabla 2 Índice de biodegradabilidad	30
Tabla 3 Fuentes de contaminación del agua en diferentes de fases de procesamiento.....	32
Tabla 4 Carga contaminante de los diferentes procesos textiles	33
Tabla 5 Valores de concentración de parámetros	35
Tabla 6 Matriz de operacionalización de variables.....	39
Tabla 7 Matriz factorial del proceso foto-Fenton con ozono.....	43
Tabla 8 Técnicas de análisis de parámetros	45
Tabla 9 Características fisicoquímicas iniciales de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas S.A.....	49
Tabla 10 Medición de parámetros después del tratamiento de foto-Fenton con ozono	50
Tabla 11 Estadística descriptiva de los datos después foto-Fenton con ozono y sin ozono.....	51
Tabla 12 Análisis de varianza en la remoción de DQO	55
Tabla 13 Estadístico de Durbin-Watson de residuos de la remoción de DQO	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Generación de radicales hidroxilos	26
Figura 2 Mecanismo de reacción del clásico proceso homogéneo de Fenton .	27
Figura 3 Mecanismo de reacción del proceso foto-Fenton a diferentes pH	29
Figura 4 Componentes del proceso foto-Fenton con ozono.....	41
Figura 5 Estadística descriptiva de los datos después foto-Fenton con ozono y sin ozono.....	52
Figura 6 Gráfica de probabilidad normal de residuos de la remoción de DQO	53
Figura 7 Diagrama de Pareto en la remoción de DQO.....	56
Figura 8 Gráfica de efectos principales para la remoción de DQO	57
Figura 9 Gráfica de varianza de residuos de la remoción de DQO	77

ABREVIATURAS

DQO: Demanda química de oxígeno

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno

PPM: Partes por millón

OMS: Organización Mundial de la Salud

DS: Decreto Supremo

NTU: Unidades de nefelometría turbiedad

pH: Potencial hidrógeno

ECA: Estándar de Calidad Ambiental

MINAM: Ministerio del Ambiente

RESUMEN

El objetivo general del presente estudio fue determinar la eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono en el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas. Se llevaron a cabo pruebas experimentales en un fotorreactor construido a escala de laboratorio, el cual está compuesto por un reservorio de 2 litros de capacidad, una bomba de 120 W, un caudalímetro para la verificación del flujo de tratamiento, una lámpara UV de 16 W y un generador de ozono con capacidad de 1000 mg/L. Mediante un diseño factorial 2^3 (3 factores y 2 niveles), siendo los factores dosis de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) de 500 y 1500 mg/L, dosis de sulfato de hierro ($FeSO_4$) de 50 y 150 mg/L, y dosis de ozono (O_3) de 0 y 1000 mg/L. Estas pruebas se realizaron para optimizar las condiciones del proceso foto-Fenton con y sin ozono en la degradación de contaminantes presentes en las aguas residuales. Se concluye que los resultados demostraron que el tratamiento fue altamente eficiente, logrando una remoción superior al 90% de la DQO bajo la dosis óptima de 1500 mg/L de H_2O_2 , 50 mg/L de $FeSO_4$ y sin la adición de O_3 . Esta combinación permitió obtener una calidad de agua apta para su posible reutilización en el riego de vegetales, cumpliendo con los estándares establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Palabras clave: foto-Fenton, ozono, remoción, DQO, contaminantes.

ABSTRACT

The general objective of this study was to determine the efficiency of the photo-Fenton process with ozone in the treatment of industrial wastewater from the Textile El Amazonas company. Experimental tests were carried out in a photoreactor built at laboratory scale, which is composed of a 2-liter capacity reservoir, a 120 W pump, a flow meter for treatment flow verification, a 16 W UV lamp and an ozone generator with a 1000 mg/L capacity. Using 2^3 factorial design (3 factors and 2 levels), the factors being hydrogen peroxide (H_2O_2) doses of 500 and 1500 mg/L, iron sulphate (FeSO_4) doses of 50 and 150 mg/L, and ozone (O_3) doses of 0 and 1000 mg/L. These tests were performed to optimize the conditions of the photo-Fenton process with and without ozone in the degradation of contaminants present in wastewater. It is concluded that the results showed that the treatment was highly efficient, achieving a removal of more than 90% of COD under the optimal conditions of 1500 mg/L of H_2O_2 , 50 mg/L of FeSO_4 and without the addition of O_3 . This combination allowed obtaining a water quality suitable for possible reuse in irrigation of vegetables, complying with the standards established by Supreme Decree N° 004-2017-MINAM.

Keywords: photo-Fenton, ozone, removal, COD, contaminants.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene la finalidad de emplear el proceso foto-Fenton seguido de una ozonización para el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas con el fin de remover eficientemente parámetros fisicoquímicos hasta obtener agua de reúso.

Las aguas residuales no tratadas afectan el medio ambiente y la salud humana, provocando su alteración debido a diversos contaminantes presentes en su composición. [1]

Las aguas residuales generadas en las empresas textiles presentan un alto grado de contaminación, debido a las sustancias químicas utilizadas en sus procesos de teñido de hilos con efectos potencialmente peligrosos para la salud y el medio ambiente si son descargados sin tratamiento previo. [2]

El proceso foto-Fenton es una tecnología que permite la oxidación de los contaminantes a través de la generación in situ de radicales hidroxilos, este es el agente oxidante generado que permite la degradación de los contaminantes recalcitrantes presentes en las aguas residuales. [3]

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que nos permite medir la carga biodegradable y no biodegradable de las aguas residuales, es un parámetro que se utiliza para medir el grado de contaminación de las aguas, es por ello que generalmente se utiliza en las investigaciones para el control del proceso de tratamiento. [4]

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El crecimiento de la población y de la actividad económica ha generado un incremento significativo en la demanda de agua, donde el 36% de la población global reside en zonas afectadas por la escasez de agua, y se proyecta que para el año 2050, más de la mitad de la población mundial enfrentará riesgos relacionados con la falta de este recurso. El reúso de aguas residuales se presenta como una solución viable a este problema, ya que pueden tratarse para alcanzar diferentes niveles de calidad y así satisfacer las necesidades de sectores como la industria y la agricultura.

A nivel mundial, el 80% de las aguas residuales se descargan en el medio ambiente sin recibir un tratamiento adecuado. En América Latina y el Caribe, solo el 41% de estas aguas recibe algún tipo de tratamiento. [5]

En el Perú, las industrias textiles enfrentan importantes retos en la gestión de sus aguas residuales. En varias ciudades, estas aguas son descargadas en los sistemas de alcantarillado sin un tratamiento adecuado o con procesos deficientes, excediendo los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. [6]

La presente tesis pretende evaluar la eficiencia de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mediante el proceso foto-Fenton con ozono de las aguas residuales de la empresa Textil El Amazonas, con el fin de determinar las dosis óptimas de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), sulfato ferroso

(FeSO₄) y ozono, contribuyendo así a mejorar la calidad del agua para su reutilización.

Formulación del problema

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono en el tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas?
- ¿Cuál es dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) que fluctúa entre 500 mg/L y 1500 mg/L, la dosis óptima de sulfato ferroso (FeSO₄) entre 50 mg/L y 150 mg/L, la dosis de ozono (O₃) entre 0 mg/L y 1000 mg/L que permita remover más del 90% de la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono en el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.

- Determinar la dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) que fluctúa entre 500 mg/L y 1500 mg/L, la dosis óptima de sulfato ferroso ($FeSO_4$) entre 50 mg/L y 150 mg/L, la dosis de ozono (O_3) entre 0 mg/L y 1000 mg/L que permita remover más del 90% de la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.

1.3. Justificación

Este proyecto de investigación se fundamenta en la necesidad de encontrar tecnologías eficientes y apropiadas para el tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas, utilizando la reacción foto-Fenton con ozonización a nivel de laboratorio.

1.3.1. Justificación ambiental

Los procesos industriales de la empresa Textil El Amazonas generan efluentes con características fisicoquímicas que exceden los valores establecidos para el reúso de agua. Por esta razón, se evaluó la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) mediante la aplicación del proceso foto-Fenton, seguido de una ozonización a nivel de laboratorio, hasta llegar a obtener agua de mejor calidad para su reúso.

1.3.2. Justificación legal

La concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales será comparada con el “Decreto supremo N° 004-2017-MINAM.-Estándares de Calidad de Ambiental (ECA) para Agua en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales”. En base a estos parámetros se

evaluarán en la investigación antes y después del tratamiento más óptimo del proceso foto-Fenton con ozono.

1.3.3. Justificación teórica

Las aguas residuales industriales producidas por empresas textiles pueden contener una variedad de contaminantes, que van desde productos químicos utilizados en los procesos de teñido y acabado hasta partículas de fibra y materiales orgánicos. El proceso de oxidación avanzada (POA) ha sido identificado como una solución eficaz para el tratamiento de aguas residuales industriales textiles debido a su capacidad para degradar diversos contaminantes orgánicos persistentes y compuestos tóxicos presentes en estas aguas. [7]

1.3.4. Justificación tecnológica

La reacción de Fenton (llamada así por su descubridor en 1894, Henry John Horstman Fenton) es un proceso de oxidación avanzada que genera radicales hidroxilos ($\cdot\text{OH}$) altamente reactivos. Esto ocurre a condiciones ambientales ácidas a temperatura y presión ambiente utilizando peróxido de hidrógeno (H_2O_2) con catalizadores, generalmente hierro. En el proceso foto-Fenton, se utiliza la radiación ultravioleta para regenerar el ion ferroso (Fe^{2+}) y seguir produciendo los radicales hidroxilos de esa manera oxidar los contaminantes persistentes de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas y mediante el ozono aumentamos la eficiencia en la generación de radicales hidroxilos. [8]

1.4. Delimitantes de la investigación

1.4.1. Delimitante teórica

Se basó en la información referenciada al proceso foto-Fenton con adición de ozono, peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso, existiendo información respecto a su aplicación en el tratamiento de aguas residuales industriales de origen textil. Durante el proceso de oxidación avanzada se generan especies químicas altamente reactivas, como los radicales hidroxilos ($\bullet\text{OH}$), que tienen una alta capacidad de oxidación. Estos radicales atacan y descomponen los contaminantes orgánicos presentes en el agua, convirtiéndolos en compuestos más simples, menos tóxicos y más fáciles de eliminar, garantizando así la calidad del agua tratada y reduciendo el impacto medioambiental negativo de las aguas residuales de la industria textil. [7]

1.4.2. Delimitante temporal

Las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas son generadas del teñido y el acabado de hilos e hilados, la muestra fue tomada del efluente para la respectiva caracterización y procesos de tratamiento que se va aplicar. La investigación conjuntamente con las pruebas experimentales se realizó en un tiempo de 3 meses.

1.4.3. Delimitante espacial

El tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas se realizó en el laboratorio químico de la empresa FLOWEN S.A.C. ubicado en Cal. Huaca de la Luna Nro. 408, urbanización de Portada del Sol Et. Tres, La Molina, Lima.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

En el artículo científico: “Cationic Dye Degradation and Real Textile Wastewater Treatment by Heterogeneous Photo-Fenton, Using a Novel Natural Catalyst”, compararon el proceso foto-Fenton con los procesos de oxidación avanzada Fenton y UV/H₂O₂, utilizaron un catalizador natural para degradar el tinte cristal violeta en soluciones acuosas y estudiaron el impacto de diferentes parámetros (concentración cristal violeta, dosis de catalizador, pH, H₂O₂) sobre la eficiencia de foto-Fenton. El proceso de foto-Fenton operado bajo irradiación de luz UVC, a pH espontáneo, con 30 mg/L de H₂O₂ y 1.0 g/L de catalizador fue la dosis más eficiente llegando a una remoción del 98% del cristal violeta en 3 h. [9]

En el artículo científico: “Application of heterogeneous photo-fenton process using chitosan beads for textile wastewater treatment”, usaron perlas de quitosano recubiertas con hierro como catalizador. Trabajaron en un reactor fotoquímico con una lámpara de mercurio de 125 W. Recolectaron las muestras en tiempos de reacción de 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 105 min y la concentración de H₂O₂ fue de 400 mg/L. Las perlas de quitosano pesaban 2 g y tenían un diámetro medio de unos 4 mm. Los resultados mostraron una decoloración del efluente del 91.92%. Demostraron la eficiencia del proceso sin precipitación de hierro a valores de pH superiores a 6. [10]

En el artículo científico: “Comparison of kinetics and costs of Fenton and photo-Fenton processes used for the treatment of a textile industry wastewater”, investigaron el tratamiento de aguas residuales industriales textiles mediante los procesos de oxidación Fenton y foto-Fenton, obtuvieron una remoción de materia orgánica y color a pH 3, a 300 mg/L de H₂O₂ y 200 mg/L de Fe²⁺, con el proceso Fenton llegaron a una remoción del 88,9% de DQO y más del 97% de decoloración, y con el proceso foto-Fenton llegaron a una remoción del 93,2% de DQO y 98% de decoloración. [11]

En el artículo científico: “foto-Fenton process under sunlight irradiation for textile wastewater degradation: monitoring of residual hydrogen peroxide by spectrophotometric method and modeling artificial neural network models to predict treatment”, realizaron el proceso foto-Fenton bajo luz solar simulada. Las concentraciones de 900 mg/L (H₂O₂) y 4 mg/L (hierro) en pH 3 obtuvieron una eficiencia del 94,49% de decoloración a los 180 min de reacción. [12]

En el artículo científico: “A comparative study of photo-Fenton process assisted by natural sunlight, UV-A, or visible LED light irradiation for degradation of real textile wastewater: factorial designs, kinetics, cost assessment, and phytotoxicity studies”, mediante las pruebas lograron remociones de la DQO del 94.74% por radiación solar, del 91.89% por con lámpara UV-A y del 88.66% con lámpara LED. La lámpara LED tuvo un consumo eléctrico tres veces inferior al consumo de la lámpara UV-A. [13]

En el artículo científico: “Tratamiento de aguas residuales provenientes de industria de productos de limpieza y desinfectantes por ozonización

convencional y catalítica”, realizaron ozonización convencional a pH 3, 7 y 10, ozonización catalítica homogénea a pH 3 y ozonización catalítica heterogénea a pH 10 donde la más eficiente fue la ozonización catalítica homogénea utilizando $O_3/pH\ 3/Fe^{3+}$ con una remoción de DQO del 7.5% y remoción de color del 59% en 90 minutos. [14]

En el artículo científico: “Tratamiento de aguas residuales producidas en el proceso de remojo en curtiembres empleando ozono y hierro como catalizador”, realizaron la oxidación con ozono y hierro ferroso en aguas residuales de curtiembre, emplearon un diseño experimental factorial del tipo 3^2 . La dosis óptima fue de 10 mg/L de Fe^{2+} , pH 10 y una dosis constante de ozono de 4 g/L, lograron una remoción 92.13% de la DQO en 2 horas. [15]

En el artículo científico: “Reducción de la concentración de DQO y COT en aguas residuales de la industria farmacéutica empleando ozono catalizado por Fe^{2+} . Estudio de caso a escala real”, emplearon sulfato ferroso seguida de una ozonización a un pH alcalino entre 8.5 y 10, con una dosis óptima de ozono de 10 g/h, 10 mg/L de Fe^{2+} y un pH inicial del agua igual a 9 en un tiempo de retención de 4.5 horas, obtuvieron una remoción de 30.73 % de la DQO y 36,85% de COT. [16]

En la tesis: “Estudio del proceso de oxidación avanzada combinado mediante, ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta, ($O_3/H_2O_2/UV$) para el tratamiento de efluentes residuales provenientes de la industria textil.”, calcularon que la dosis óptima de H_2O_2 fue de 1000ppm y una ozonización a

concentración constante de 0.34 mg/h, alcanzando un porcentaje de remoción del 73% de contaminantes, en un tiempo de 180 min. [17]

2.1.2. Nacional

En el artículo científico: “Optimización de la remoción de compuestos orgánicos persistentes mediante el proceso foto-Fenton”, aplicaron el método de superficie de respuesta para evaluar las condiciones experimentales óptimas para la eliminación de compuestos orgánicos persistentes de un efluente textil sintético, utilizaron un reactor fotoquímico a escala de laboratorio. Examinaron cuatro factores en tres niveles: proporción de reactivos Fenton H_2O_2/Fe^{2+} de 11.25, 18.75, 26.25 mg/L/mg/L, potencia de la lámpara UV de 4, 11, 18 W, pH de 2, 3, 4 y tiempo de tratamiento de 60, 120, 180 minutos. Los valores óptimos fueron 17 mg/L/mg/L de reactivos Fenton H_2O_2/Fe^{2+} , 4W de potencia de lámpara UV, a pH 3 y tiempo de tratamiento de 180 minutos. Descubrieron que el proceso foto-Fenton es muy eficaz en el tratamiento de efluentes textiles sintéticos, con una eliminación del 86 % de la DQO. [18]

En la tesis: “Decoloración del agua residual proveniente de la industria textil artesanal por foto Fenton”, realizaron un estudio de decoloración de agua residual proveniente de la industria textil artesanal que contiene anilina de color verde de forma sintética con una concentración inicial de 40 mg/L. Las dosis Fe^{2+} fue de 50 y 150 mg/L, H_2O_2 fue de 0.5 y 1.0 g/L, el tiempo de tratamiento 1, 2 y 3 h donde las condiciones óptimas fueron 150 mg/L de Fe^{2+} , 1,0 g/L de H_2O_2 y 3 horas de tratamiento, obtuvieron una remoción de color del 97,546% a un pH constante de 3. [19]

En la tesis: “Evaluación del proceso foto Fenton con agente quelante para el tratamiento de aguas residuales textiles en el distrito de Hualhuas, Junín 2022”, utilizaron el proceso foto-Fenton con un agente quelante para el tratamiento de aguas residuales textiles, con un diseño factorial al azar de 3^2 bloques y en cada experimento utilizaron 1 litro de agua residual textil de teñido de lana de oveja azul con agitación, agregaron $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (50.4 mg Fe^{3+}) y EDTA (1.125; 1.350; 1.575 mM), Añadieron peróxido de hidrógeno (500, 750, 1000 ppm) a pH 7. Obtuvieron como resultado la dosis óptima de 1000 ppm de H_2O_2 , lograron una decoloración del 76.84%. [20]

En la tesis: “Sistema foto-Fenton y adsorción para mejorar la calidad de las aguas residuales del laboratorio de química orgánica de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC”, utilizaron un diseño factorial en el proceso foto-Fenton para estudiar el efecto del peróxido de hidrógeno (10 ml/L, 15 ml/L, 20 ml/L) y sulfato ferroso (100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L) sobre la remoción de la DQO. Trabajaron a un pH inicial del efluente de 2.88 con una lámpara UV de 16 W y un flujo de recirculación de 8 LPM. Lograron la máxima eficiencia de eliminación de la DQO en el proceso foto-Fenton con 15 ml/L de H_2O_2 y 150 mg/L de FeSO_4 durante 2 h de tratamiento; después aplicaron el proceso de adsorción llegando a una eficiencia de eliminación de la DQO del 99.88%, DBO_5 del 99.61%, aceites y grasas del 99.94%, detergente del 99.99% y color del 90.00%. [21]

En la tesis: “Proceso foto-Fenton para la degradación de color del efluente de la industria textil”, prepararon una muestra de agua textil sintética

utilizando colorante rojo, para un tiempo de residencia de 30, 60 y 90 minutos, peróxido de hidrógeno (2550 mg/L, 5100 mg/L, 7650 mg/L) y $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (200 mg/L, 300 mg/L, 600mg/L). Obtuvieron como resultado la dosis óptima de 5100 ppm de H_2O_2 y 300mg/L de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, con una decoloración del 99.74%. [22]

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Radical hidroxilo

Dentro de las reacciones químicas importantes que ocurren en el agua están las del radical hidroxilo libre ($\cdot\text{OH}$), el cual es producto de descomposición reactiva del agua que exhibe fuertes propiedades oxidantes. Las reacciones de radicales hidroxilos resultan importantes en sistemas químicos y biológicos. En los sistemas químicos, estas reacciones pueden ser pasos fundamentales en la hidroxilación y oxidación de los sistemas acu-orgánicos, en la oxidación de iones inorgánicos y complejos iónicos, y en el inicio de la polimerización. Mediante la acción de los radicales hidroxilos ($\cdot\text{OH}$), que son agentes oxidantes que se encarga de atacar sus moléculas, romper enlaces y que pueden conducir a la completa mineralización de los contaminantes y son sustancias con un alto potencial oxidante (2.8 V). En la tabla 1, se muestra su potencial de oxidación respecto a otros agentes oxidantes conocidos. [5]

Tabla 1

Potenciales de oxidación de agentes oxidantes

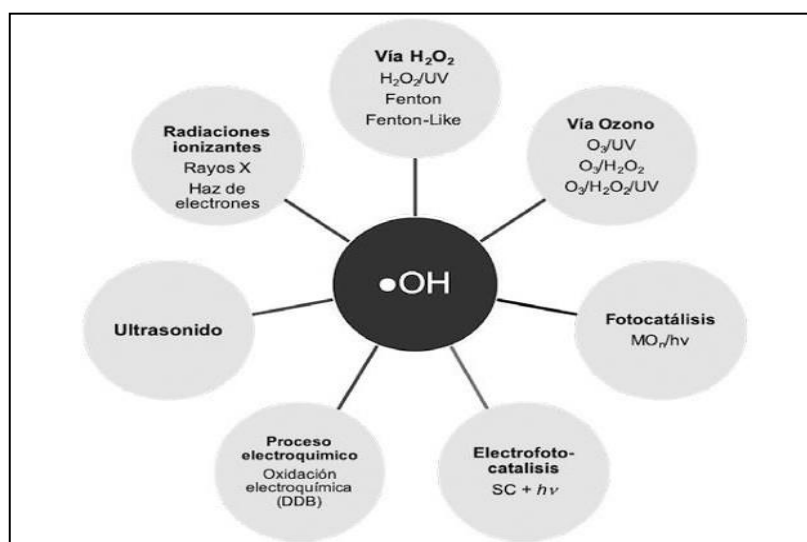
Oxidante	E ⁰ /V	Oxidante	E ⁰ /V
F ₂	3.06	KMnO ₄	1.70
•OH	2.80	HO ₂ ⁻	1.70
O ₂	2.42	HOCl	1.49
O ₃	2.01	Cl ₂	1.27
H ₂ SO ₅	1.81	ClO ₂	1.27
H ₂ O ₂	1.76	O ₂	1.20

Nota: Adaptado de Craig W. Jones & James, 1999.

En los procesos de oxidación avanzada, el radical hidroxilo se puede generar mediante una variedad de métodos, algunos de los cuales se muestran en la figura 1.

Figura 1

Generación de radicales hidroxilos



Nota: Adaptado de Rodríguez et al., 2020.

2.2.2. Reacción Fenton

En la reacción de Fenton, los iones de hierro reaccionan con el peróxido de hidrógeno, generando radicales hidroxilos en medio ácido en pH de 2.5 - 3.0, que actúan como agentes oxidantes y ayudan a descomponer las impurezas orgánicas, como se muestra en las reacciones. [8]

Donde dicha reacción tiene una velocidad de reacción (k) de la ecuación (1) es de $76 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ y como se muestra en la figura 2.

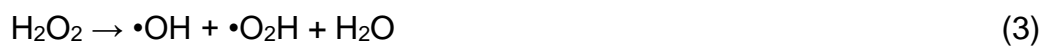
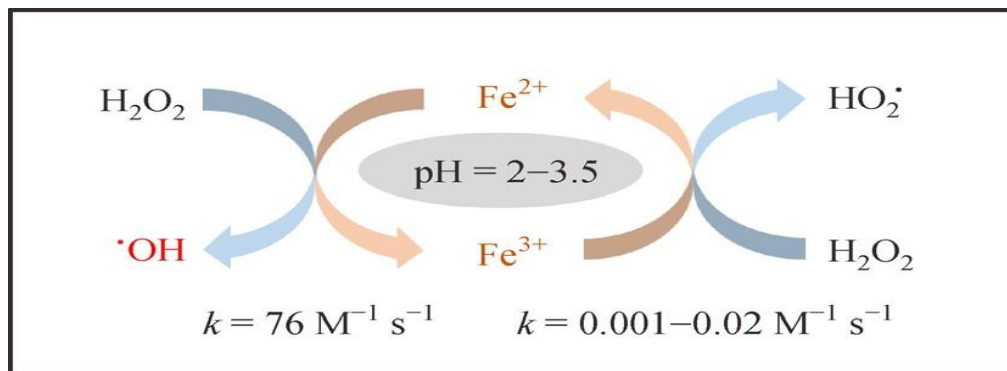


Figura 2

Mecanismo de reacción del clásico proceso homogéneo de Fenton



Nota: Adaptado de LU, Chao, et al., 2020.

2.2.3. Reacción foto-Fenton

La combinación del proceso Fenton con la luz UV, llamándose proceso foto-Fenton, mejora la eficiencia del proceso de Fenton donde acelera la

regeneración de ion ferroso (Fe^{2+}) y además de la formación del radical hidroxilo como se muestra en la ecuación (5). [8]



Esto también se atribuye a la descomposición del $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ fotoactivo que conduce a la adición de los radicales $\cdot\text{OH}$, que se muestra en la ecuación (6):



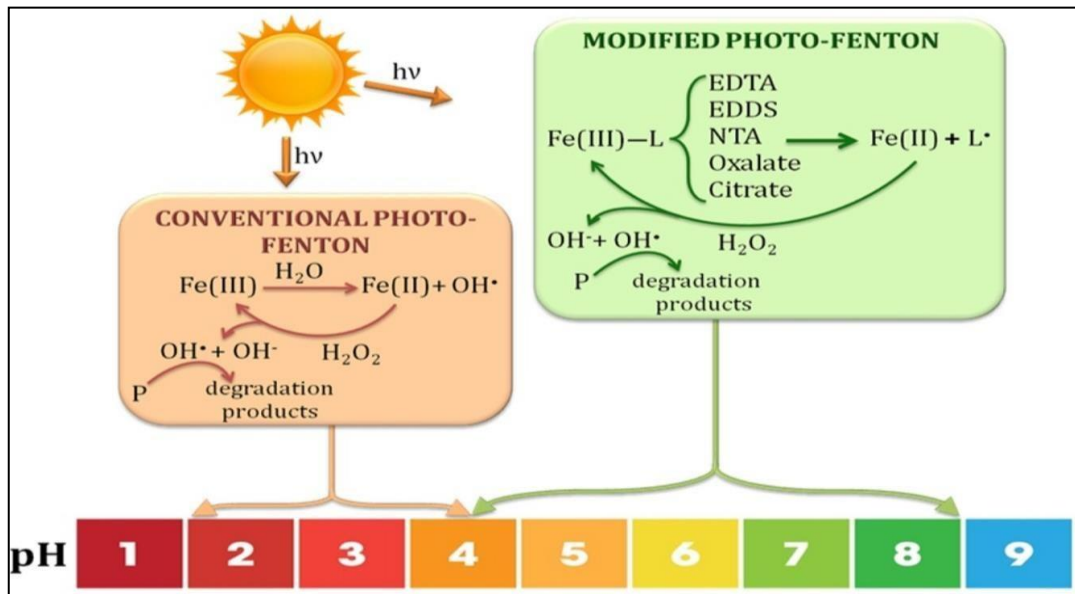
Se observa un aumento considerable en el poder de oxidación debido principalmente a la foto-reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+} .

En la investigación [23], menciona que el proceso de foto-Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}/\text{UV}$) es uno de los POA más efectivos para la oxidación de contaminantes orgánicos. La ventaja del proceso foto-Fenton es que no se requiere energía para activar el peróxido de hidrógeno, provocando la formación de radicales, oxidando partículas con un potencial de oxidación de 2.8 eV, proceso que se puede controlar y mantener fácilmente.

En la investigación [24], menciona en los últimos 15 años el proceso foto-Fenton se está aplicando en pH casi neutro donde se tienen buenos resultados, en la figura 3 se muestra del rango de pH trabajado del proceso de foto-Fenton.

Figura 3

Mecanismo de reacción del proceso foto-Fenton a diferentes pH



Nota: Adaptado de L. CLARIZIA, et al., 2017.

2.2.4. Reacción Ozono

La ozonización catalítica consiste en la formación del radical $OH\cdot$.



El ozono es el principal oxidante que actúa en el agua residual y a la degradación de sustancias recalcitrantes. [25]

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Tratamiento de aguas

Según [26], afirma que el tratamiento de aguas residuales consta de 4 etapas principales de varios procesos y cada etapa cumple una función en la remoción de contaminantes:

Tratamiento preliminar: Busca acondicionar el agua residual para evitar la obstrucción en los tratamientos posteriores y preservar los equipos, los procesos utilizados es el cribado, desengrasado, desarenado, equalización.

Tratamiento primario: Por medio de la precipitación y sedimentación busca reducir la materia suspendida utilizando reactivo o sin reactivos

Tratamiento secundario: El objetivo del tratamiento es la remoción de la materia orgánica disuelta donde la materia orgánica es oxidada por procesos aerobios o eliminada por procesos anaerobios, donde en ambos procesos se produce lodos que luego tiene que ser tratados.

Tratamiento terciario: En esta etapa se aplican procesos de desinfección y eliminación de sólidos disueltos, el agua es apta para el abastecimiento de necesidades industriales, agrícolas e incluso para potabilización (reúso de aguas residuales).

Las aguas residuales también se pueden clasificar en base a su índice de biodegradabilidad. Según [27], el índice de biodegradabilidad del agua residual se puede determinar de acuerdo a la tabla 2.

Tabla 2

Criterios de biodegradabilidad según la relación DBO_5/DQO

Rango DBO_5/DQO	Tipo de agua residual
> 0,80	Muy biodegradable
0,70 – 0,80	Biodegradable
0.3 – 0.7	Poco biodegradable
<0.3	No biodegradable

Nota: Adaptado de Ardila et al. (2012).

2.3.2. Proceso de oxidación avanzada

En la investigación [25], afirma que los Procesos de Oxidación Avanzada (POA) son procesos fisicoquímicos que ocurren a presiones y temperaturas cercanas a las ambientales y capaces de provocar cambios profundos en la

estructura química de los contaminantes de forma no selectiva pero altamente activa, ya que están asociados a la formación de partículas altamente oxidantes. En particular, favorecen la formación de altas concentraciones de radicales hidroxilos ($\bullet\text{OH}$), capaces de mineralizar completamente los contaminantes orgánicos en dióxido de carbono. Por ello, el desarrollo de este tipo de procesos, así como su optimización para mejorar la eficiencia de la descomposición de contaminantes orgánicos. Además, los POA se pueden desarrollar solos o en combinación con otros procesos fisicoquímicos y biológicos para aumentar la biodegradabilidad y reducir la toxicidad del agua, mejorando así la eficiencia del tratamiento.

Se trata de una familia de tecnologías que incluye todos los procesos catalíticos y no catalíticos que emplean una alta capacidad oxidante de radicales hidroxilos, y que se diferencian entre sí por la forma en que se generan estos radicales. Los POA se pueden clasificar en procesos homogéneos y procesos heterogéneos. [28]

2.3.3. Las aguas residuales industriales

Las industrias utilizan una variedad de productos químicos y grandes cantidades de agua durante sus procesos de fabricación, y generan cantidades significativas de aguas residuales que causan diversos problemas ambientales si se eliminan sin el tratamiento adecuado. Estos efluentes no tratados no solo degradan la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y la vegetación, sino que también causan muchas enfermedades, como sangrado, ulceración de la piel, náuseas, irritación grave de la piel y dermatitis. [29]

2.3.4. Industria textil

La industria textil es una de las que más contaminantes emite. En sus procesos de tratamiento consumen una cantidad importante de agua, que es portadora de los siguientes compuestos: compuestos orgánicos recalcitrantes, colorantes, toxinas e inhibidores, tensoactivos, jabones, detergentes, compuestos clorados y sales siendo algunos presentados en la tabla 3. [30]

Tabla 3

Fuentes de contaminación del agua en diferentes de fases de procesamiento

Procesos	Posibles contaminantes	Naturaleza del efluente
Desencolado	Almidón, glucosa, resinas, grasas.	Volumen muy pequeño, alto DBO (30%-50%) del total.
Blanqueamiento	Hipoclorito, cloro, sosa cáustica, peróxido de hidrógeno, ácidos.	Pequeños volúmenes, alcalino fuerte, bajo en DBO (5% de total)
Mercerización	Sosa cáustica.	Pequeños volúmenes, alcalino fuerte, bajo en DBO (menos del 1% del total).
Tintura	Tintes, agentes reductores ' acéticos y jabón.	Grandes volúmenes, con gran cantidad de color, DBO alto (6% del total).
Acabado	Rastro de almidón, sales, acabados especiales, etc.	Volumen pequeño, apariencia aceitoso, DBO bastante alta.

Nota: Adaptado de Zhezhova, Risteski y Saska, 2014.

2.3.5. Características de los efluentes textiles

Las características de los residuos textiles varían y dependen del tipo de tejido producido y de los productos químicos utilizados. El efluente contiene subproductos, tintes residuales, sales, ácidos/bases, productos adicionales y solventes. La tabla 4 muestra los valores promedio de los parámetros correspondientes al agua residual producida en cada etapa del proceso textil.

Tabla 4*Carga contaminante de los diferentes procesos textiles*

Parámetro	Lavado	Blanqueo	Mercerizado	Tintura
pH	9 -14	8.5 - 11	8 - 10	1.5 - 10
Sólidos disueltos	120000-30000	2500-11000	2000-2600	1500-4000
Sólidos en suspensión	1000-2000	200-400	600-1900	50-350
Color	-	-	Fuerte coloración	Fuerte coloración
DBO	2500-3500	100-500	50-120	100-400
DQO	10000-20000	1200-1600	250-400	400-1000
Cloruros	-	-	350-700	-
Sulfatos	-	-	100-350	-

Nota: Adaptado de Olivera, 2015.

2.3.6. Colorante textil

Los tintes son sustancias que, cuando se aplican sobre un sustrato (ropa, papel, cabello, piel, etc.), le dan color. Se destacan por su capacidad de absorber la luz visible (400nm–700nm), una propiedad que les da su coloración. Durante el proceso de teñido, el tinte se disuelve en el agua de proceso y todavía está presente cuando el agua de proceso se descarga más tarde como agua residual. Las aguas residuales contienen una elevada proporción de colorantes, tensoactivos y otros aditivos, que suelen consistir en compuestos orgánicos de estructura compleja.

Los compuestos colorantes disueltos en las aguas residuales son resistentes a la luz, los ácidos, las bases y el oxígeno, ya que estas son las

propiedades deseadas de la ropa de color. Por lo tanto, es difícil tratar las aguas residuales textiles con métodos convencionales, ya que estos compuestos orgánicos son poco biodegradables. La mayor preocupación ambiental de los efluentes textiles radica en los compuestos de colorantes orgánicos disueltos, ya que algunos de ellos son aromáticos y se consideran cancerígenos. [31]

2.3.7. Reúso de aguas residuales tratadas

En un escenario global donde la demanda de agua potable está en constante aumento y los recursos hídricos disponibles enfrentan una creciente presión debido a la sobre extracción, la contaminación y el cambio climático, resulta esencial aprovechar las oportunidades que ofrece una gestión más eficiente de las aguas residuales, especialmente dentro del marco de una economía circular. [32]

Una ventaja clave de aplicar la economía circular al tratamiento de aguas residuales es que la recuperación y reutilización del recurso puede transformar el saneamiento de ser un servicio costoso a un sistema autosostenible y generador de valor. [5]

Mediante DS N° 003-2020-PRODUCE se aprueba la hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industria, donde en el enfoque tres se busca la valorización de las aguas residuales industriales.

Siendo los parámetros de la tabla 5 los parámetros evaluados en la presente investigación.

Tabla 5*Valores de concentración de parámetros*

Parámetros	Unidad	D. S. N° 004-2017-MINAM
Demanda química de oxígeno	mg/L	40
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	15
Aceites y grasas	mg/L	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25
Color	Pt/ Co	100
Turbiedad	NTU	5
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	6.5 – 8.5
Temperatura	°C	Δ 3
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1000
Escherichia coli	NMP/100 mL	1000
Huevos de helmintos	Huevo/L	1

Nota: Los valores de concentración de los parámetros fueron adaptados de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.-Estándares de Calidad de Ambiental (ECA) para Agua.

2.4. Definición de términos básicos

Aceites y grasas. Los aceites y grasas son compuestos orgánicos, compuestos principalmente por ésteres de glicerol y ácidos grasos, estos lípidos no se disuelven en el agua por su menor densidad. [33]

Coliformes termotolerantes. Son un subgrupo específico de los coliformes totales que tienen la capacidad de crecer y fermentar lactosa a temperaturas más elevadas, generalmente entre 44°C y 45.5°C. También son conocidos como coliformes fecales, ya que su presencia en el agua o en alimentos suele indicar contaminación fecal reciente, debido a que estos

organismos se encuentran principalmente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente, incluidos los humanos. [34]

Color. El color significa captar la cantidad de luz que irradia, transmite o refleja una muestra de color y cuantificarla como datos espectrales. [35]

Demanda bioquímica de oxígeno. Parámetro utilizado para medir la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos presentes en el agua para degradar la materia orgánica biodegradable a través de procesos de oxidación biológica, para determinar la DBO₅ se obtiene a una temperatura constante de 20 °C y durante un período de incubación fijo de 5 días. [36]

Demanda química de oxígeno. Parámetro expresado en mg/L y es una medida de la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente estas sustancias mediante un oxidante fuerte. [37]

Escherichia coli. Es una especie de bacteria que pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Es una bacteria Gram-negativa, en forma de bacilo, que se encuentra comúnmente en el intestino de los humanos y animales de sangre caliente. [38]

Huevos de helmintos. Son estructuras reproductivas de los helmintos, un grupo diverso de parásitos que incluye gusanos planos (platelmintos) y gusanos redondos (nematodos). Estos huevos son liberados por los helmintos adultos y son una etapa crucial en su ciclo de vida, ya que permiten la propagación y la infección de nuevos hospedadores. [39]

Potencial hidrógeno. El potencial de hidrógeno es un parámetro para medir la acidez o alcalinidad de una disolución acuosa indicando la

concentración de iones de hidrógeno presentes en el agua y se define como $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$, es una escala numérica que va desde 0 a 14, donde 7 es considerado neutro. [40]

Sólidos suspendidos totales. Es la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de 0.45 micras y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. [41]

Temperatura. Es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. [42]

Turbiedad. Es una medida de la claridad o transparencia del agua. Indica la cantidad de partículas suspendidas en el agua, estas partículas dispersan la luz y hacen que el agua se vea turbia o no transparente. La turbiedad se mide generalmente en unidades de nefelometría turbiedad (NTU) mediante un instrumento llamado nefelómetro. [43]

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono tiene una remoción de más del 90% de la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas tienen valores por encima de los requeridos para agua de regadío.
- La dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) fluctúa entre 500 mg/L y 1500 mg/L, la dosis óptima de sulfato ferroso ($FeSO_4$) entre 50 mg/L y 150 mg/L, la dosis de ozono (O_3) entre 0 mg/L y 1000 mg/L permite remover más del 90% de la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.

3.2. Operacionalización de variables

En la presente investigación la variable independiente es el proceso foto-Fenton con ozono y la variable dependiente son las aguas residuales industriales. La tabla 6, muestra la operacionalización de variables.

Tabla 6

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad	Técnica
Variable dependiente Aguas residuales industriales	Según [26] las aguas residuales industriales provienen de procesos productivos que en base a su actividad generan aguas de alto grado de contaminación.	Las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas S.A. para determinar la calidad del agua se medirá la DQO como parámetro de control analizando el porcentaje de remoción.	Demanda química de oxígeno	Remoción de la DQO	%	Experimental
Variable independiente Proceso foto-Fenton con ozono	Según [23] establece que la combinación del proceso Fenton con la luz UV mejora la eficiencia del proceso de Fenton donde acelera la regeneración de ion ferroso (Fe^{2+}) y O_3 para la formación del radical hidroxilo.	En el proceso foto-combinación del Fenton se utiliza el peróxido de hidrogeno, sulfato ferroso y ozono a diferentes dosis para aumentar los radicales hidroxilos de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas S.A.	Dosis de H_2O_2 Dosis de $FeSO_4$ Dosis de O_3	500 1500 50 150 0 1000	mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L	- - Volumetría -

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada porque se formulan hipótesis de trabajo para resolver los problemas orientadas a optimizar y mejorar el funcionamiento de los sistemas, los procedimientos, tecnológicas actuales a la luz de los avances de la tecnología y la ciencia. [44]

Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, porque se observan los efectos de la variable dependiente producidos por la manipulación de la variable independiente. [45]

4.2. Método de investigación

El método de investigación es cuantitativo ya que estudian fenómenos, procesos observables, confirmados mediante las teorías e hipótesis, a través de la dosificación, medición y/o experimentación. [45]

Asimismo, se llevó cabo la investigación en 5 etapas, las cuales se describen a continuación:

Primera etapa: caracterización y análisis de parámetros

Se realizó la caracterización de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas, la muestra fue tomado del efluente para el análisis de los parámetros fisicoquímicos: Demanda química de oxígeno,

demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, color, turbiedad, pH, temperatura, Coliformes termotolerantes, Escherichia coli y huevos de helmintos. Las muestras se enviaron a un laboratorio ALAB Analytical Laboratory acreditado por INACAL.

Segunda etapa: construcción de reactor a escala de laboratorio

Se realizaron las pruebas de oxidación avanzada en base al proceso foto-Fenton, se construyó un fotorreactor a escala de laboratorio que consta de un reservorio de 2 L de capacidad, bomba de 120 W, caudalímetro para la verificación del caudal de tratamiento, lámpara UV de 16 W y generador de ozono de 1000 mg/L como se aprecia en la figura 4.

Figura 4

Componentes del proceso foto-Fenton con ozono



Tercera etapa: corridas experimentales

Se realizaron las pruebas de tratamiento de las aguas residuales industriales mediante el proceso foto-Fenton con ozono, evaluando la demanda química de oxígeno (DQO) en cada corrida experimental como parámetro de control hasta determinar la dosis óptima de peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso.

Las condiciones de trabajo en las corridas experimentales son las siguientes:

Dosis de peróxido de hidrógeno, recomendado por las investigaciones según [19] y [20] de: 500 mg/L y 1500 mg/L.

Dosis de sulfato ferroso, recomendado según [19], [20] y [21]: 50 mg/L y 150 mg/L.

Tiempo de retención hidráulico, se trabajó a un tiempo constante de 1 h recomendado según [13] y [22].

Cuarta etapa: determinación de la dosis óptima en el proceso foto-Fenton con ozono

Se realizaron las pruebas mediante un diseño factorial por triplicado como se muestra en la tabla 7, donde se evaluaron las dosis de 500 mg/L y 1500 mg/L de peróxido de hidrogeno, las dosis de 50 mg/L y 150 mg/L de sulfato ferroso y dosis de 0 mg/L y 1000 mg/L de ozono, en cada corrida experimental se midió solo la DQO como parámetro de control para determinar la remoción de la DQO (%) en cada tratamiento y se calculará mediante la fórmula:

$$\text{Remoción de la DQO (\%)} = \left(\frac{\text{DQO}_i - \text{DQO}_f}{\text{DQO}_i} \right) \times 100\%$$

Donde:

DQO_i: Valor inicial de la DQO.

DQO_f: Valor final de la DQO.

Tabla 7

Matriz factorial del proceso foto-Fenton con ozono

Tratamientos	Réplicas	Dosis de H ₂ O ₂ (mg/L)	Dosis de FeSO ₄ (mg/L)	Dosis de O ₃ (mg/L)
T1	T1-C1	500	50	0
	T1-C2	500	50	0
	T1-C3	500	50	0
T2	T2-C1	500	50	1000
	T2-C2	500	50	1000
	T2-C3	500	50	1000
T3	T3-C1	500	150	0
	T3-C2	500	150	0
	T3-C3	500	150	0
T4	T4-C1	500	150	1000
	T4-C2	500	150	1000
	T4-C3	500	150	1000
T5	T5-C1	1500	50	0
	T5-C2	1500	50	0
	T5-C3	1500	50	0
T6	T6-C1	1500	50	1000
	T6-C2	1500	50	1000
	T6-C3	1500	50	1000
T7	T7-C1	1500	150	0
	T7-C2	1500	150	0
	T7-C3	1500	150	0
T8	T8-C1	1500	150	1000
	T8-C2	1500	150	1000
	T8-C3	1500	150	1000

Nota: La dosis de peróxido de hidrógeno, sulfato ferroso y ozono fueron establecidas de acuerdo a los antecedentes.

Quinta etapa: determinación de eficiencia del tratamiento

Después del tratamiento con foto-Fenton y ozono, y respecto a la identificación de la dosis óptima basada en la máxima remoción de la DQO, se realizó el análisis de los parámetros fisicoquímicos: demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, color, turbiedad, pH, temperatura, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y huevos de helmintos. Este análisis tuvo como objetivo determinar la eficiencia de remoción del tratamiento. Los valores obtenidos se compararon con lo establecido en el “Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales”.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población son las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas, ubicada en el Jr. Monsefú 681, Lima, Perú.

4.3.2. Muestra

La muestra que se tomó para la caracterización y procesos de tratamientos fueron de 100 L de aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas, ubicada en el Jr. Monsefú 681, Lima, Perú.

4.4. Lugar de estudio

La parte experimental se realizó en el laboratorio químico de la empresa FLOWEN S.A.C. ubicado en Cal. Huaca de la Luna Nro. 408, urbanización de Portada del Sol Et. Tres, La Molina, Lima, Perú.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnicas analíticas

Las técnicas de análisis de parámetros están estandarizadas por métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). Cada parámetro tiene su propio método de medición, se tiene la norma de referencia y técnica de análisis de los parámetros fisicoquímicos, como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 8

Técnicas de análisis de parámetros

Parámetro	Norma de referencia	Técnica de análisis
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017.	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD).5-Day BOD Test
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023.	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2120 C. 23rd Edition, 2017.	Color. Spectrophotometric-Single-Wavelength Method (Proposed).
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.	Turbidity. Nephelometric Method.
Potencial Hidrógeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017.	pH Value Electrometric Method.
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.	Temperature. Laboratory and Field Methods.
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliformsand E.coli
Escherichia coli (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliformsand E.coli
Huevos de Helmintos	MVAL-LAB-24, VALIDATED,2018	Quantification and Identification of Helminth Eggs in Water.

Nota: Adoptado del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

4.5.2. Instrumentos

Materiales:

- 02 vaso de precipitado de 1000 mL.
- 10 jeringas de 1 mL y 10 mL.
- 01 cuchara metálica.
- 01 piseta.
- 01 bagueta.

Equipos:

- Multiparámetro marca HANNA, modelo HI 98130.
- Turbidímetro marca BANTE, modelo TB 100.
- Balanza analítica marca JERS, modelo MH-200.
- Generador de ozono de 1000 mg/L, modelo AGUA-03-I1000T-M15, de acero inoxidable, medidas 37 cm x 22 cm x 23 cm, fusible de 0.8 A, compresor de aire de 8 LPM y de 45 W de potencia.
- Lámpara UV de 16 W, modelo TUV T5.
- Cronómetro de teléfono móvil.

Reactivos:

- 3 L de peróxido de hidrógeno al 50 % de concentración.
- 250 g de sulfato ferroso al 25 % de concentración.
- 1 L de agua destilada.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

El análisis y procesamiento de los datos se realizaron mediante el software estadístico Minitab 19, se empleó un diseño factorial de 2^3 (3 factores y 2 niveles) para el proceso foto-Fenton con y sin ozono. Se presentó la

estadística descriptiva y la estadística inferencial evaluando primero si los datos son normales o no normales para luego aplicar la estadística paramétrica o no paramétrica según corresponda que dependerán a los datos medidos y calculados.

4.7. Aspectos éticos de investigación

En esta investigación, se están cumpliendo estrictamente las normas, directivas, guías y otros reglamentos relevantes al desarrollo del estudio, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- **Confiabilidad de la información:** Se garantiza el uso de datos provenientes de fuentes confiables y primarias, lo que asegura la validez y precisión de los resultados.
- **Autenticidad de los resultados:** Los resultados obtenidos se basan en el análisis realizado por un laboratorio acreditado, lo que respalda la veracidad y calidad del estudio.
- **Confidencialidad de la información:** Se ha acordado con la empresa mencionada en la investigación mantener la información confidencial, protegiendo así cualquier dato sensible o privado.
- **Uso adecuado de citas:** Para evitar el plagio, se ha utilizado un sistema de citación basado en la norma ISO 690, incluyendo referencias a tesis y artículos científicos.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Caracterización del agua residual industrial

En la tabla 9 se presentan las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas. Según los resultados de su caracterización (pre-tratamiento) enviados a laboratorio, la relación DBO_5/DQO (157.3/339.0) es de 0.46, lo que se encuentra dentro del rango de 0.3 a 0.7, indicando que el efluente posee una baja biodegradabilidad, según [46]. Asimismo, en la tabla 9 se muestran los resultados después del proceso más eficiente de remoción de la DQO (post-tratamiento) donde se evidencia una remoción superior al 90% en los parámetros de DQO, DBO_5 y color, así como una remoción de más del 80% en sólidos suspendidos totales (SST) y turbidez.

Tabla 9

Características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas

Parámetros	D. S. N° 004-2017- MINAM	Pre- Tratamiento	Post- Tratamiento	Remoción (%)
Demanda química de oxígeno (mg/L)	40	339.0	28.8	91.50
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	15	157.3	10.4	93.39
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	≤ 25	124.6	16.2	87.00
Aceites y grasas (mg/L)	5	< 5	< 5	N.A.
Color (Pt/ Co)	100	289.4	23.8	91.78
Turbiedad (NTU)	5	28.4	4.5	84.15
Potencial de hidrógeno	6.5 – 8.5	7.1	7.2	N.A.
Temperatura (°C)	Δ 3	17.9	18.5	N.A.
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1000	< 1.8	< 1.8	N.A.
Escherichia coli (NMP/100 mL)	1000	< 1.8	< 1.8	N.A.
Huevos de helmintos (Huevo/L)	< 1	< 1	< 1	N.A.

Nota: Los resultados fueron analizados por el laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

5.1.2. Proceso foto-Fenton con ozono

En la tabla 10 se presentan de manera detallada los resultados obtenidos de la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) y el porcentaje de remoción de la DQO después de aplicar el tratamiento de oxidación avanzada mediante el proceso foto-Fenton con y sin ozono. Los tratamientos se realizaron variando las dosis de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) de 500 mg/L y 1500 mg/L, la dosis de sulfato ferroso ($FeSO_4$) de 50 mg/L y 150 mg/L, y la dosis de ozono (O_3) de 0 mg/L y 1000 mg/L. Tiempo de retención hidráulico, se trabajó a un tiempo constante de 1 h recomendado según [13] y [22], la dosis potencia la lámpara UV fue de 16 W y el flujo de recirculación del agua fue de 8 LPM recomendado según [21].

Los resultados obtenidos corresponden a 8 combinaciones diferentes de tratamientos, cada uno de los cuales fue ejecutado por triplicado, lo que dio un total de 24 corridas experimentales. Este enfoque permitió evaluar de manera precisa el impacto de cada una de las variables y su interacción sobre la eficiencia de la remoción de la DQO, proporcionando datos robustos para determinar la dosis óptima de los reactivos utilizados en el tratamiento de aguas residuales industriales.

Tabla 10

Medición de parámetros después del tratamiento de foto-Fenton con ozono

Tratamientos	Réplicas	Dosis de H ₂ O ₂ (mg/L)	Dosis de FeSO ₄ (mg/L)	Dosis de O ₃ (mg/L)	DQO (mg/L)	Remoción de DQO (%)	Promedio (%)
T1	T1-C1	500	50	0	189.3	44.16	42.39
	T1-C2	500	50	0	195.4	42.36	
	T1-C3	500	50	0	201.2	40.65	
T2	T2-C1	500	50	1000	193.2	43.01	42.41
	T2-C2	500	50	1000	203.1	40.09	
	T2-C3	500	50	1000	189.4	44.13	
T3	T3-C1	500	150	0	269	20.65	21.02
	T3-C2	500	150	0	268.1	20.91	
	T3-C3	500	150	0	266.1	21.50	
T4	T4-C1	500	150	1000	283.3	16.43	17.51
	T4-C2	500	150	1000	276.4	18.47	
	T4-C3	500	150	1000	279.2	17.64	
T5	T5-C1	1500	50	0	31.2	90.80	91.49
	T5-C2	1500	50	0	25.4	92.51	
	T5-C3	1500	50	0	29.9	91.18	
T6	T6-C1	1500	50	1000	35.1	89.65	90.49
	T6-C2	1500	50	1000	33.4	90.15	
	T6-C3	1500	50	1000	28.2	91.68	
T7	T7-C1	1500	150	0	41	87.91	87.68
	T7-C2	1500	150	0	45.2	86.67	
	T7-C3	1500	150	0	39.1	88.47	
T8	T8-C1	1500	150	1000	47.4	86.02	85.97
	T8-C2	1500	150	1000	49.1	85.52	
	T8-C3	1500	150	1000	46.2	86.37	

En la tabla 11 se presenta la estadística descriptiva de los resultados de los tratamientos después del proceso de foto-Fenton con ozono y sin ozono. Se incluyen las medias, el error estándar de la media, la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de variación, el valor mínimo, la mediana y el valor máximo.

Tabla 11

Estadística descriptiva de los datos después foto-Fenton con ozono y sin ozono

Tratamientos	Media	<u>Error estándar de la media</u>	Varianza	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
T1	42.39	1.01	3.08	4.14	40.65	42.36	44.16
T2	42.41	1.20	4.35	4.92	40.09	43.01	44.13
T3	21.02	0.253	0.192	2.08	20.649	20.914	21.504
T4	17.51	0.591	1.048	5.85	16.431	17.640	18.466
T5	91.49	0.518	0.806	0.98	90.796	91.180	92.507
T6	90.49	0.612	1.125	1.17	89.646	90.147	91.681
T7	87.68	0.532	0.848	1.05	86.667	87.906	88.466
T8	85.97	0.248	0.185	0.50	85.516	86.018	86.372

Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

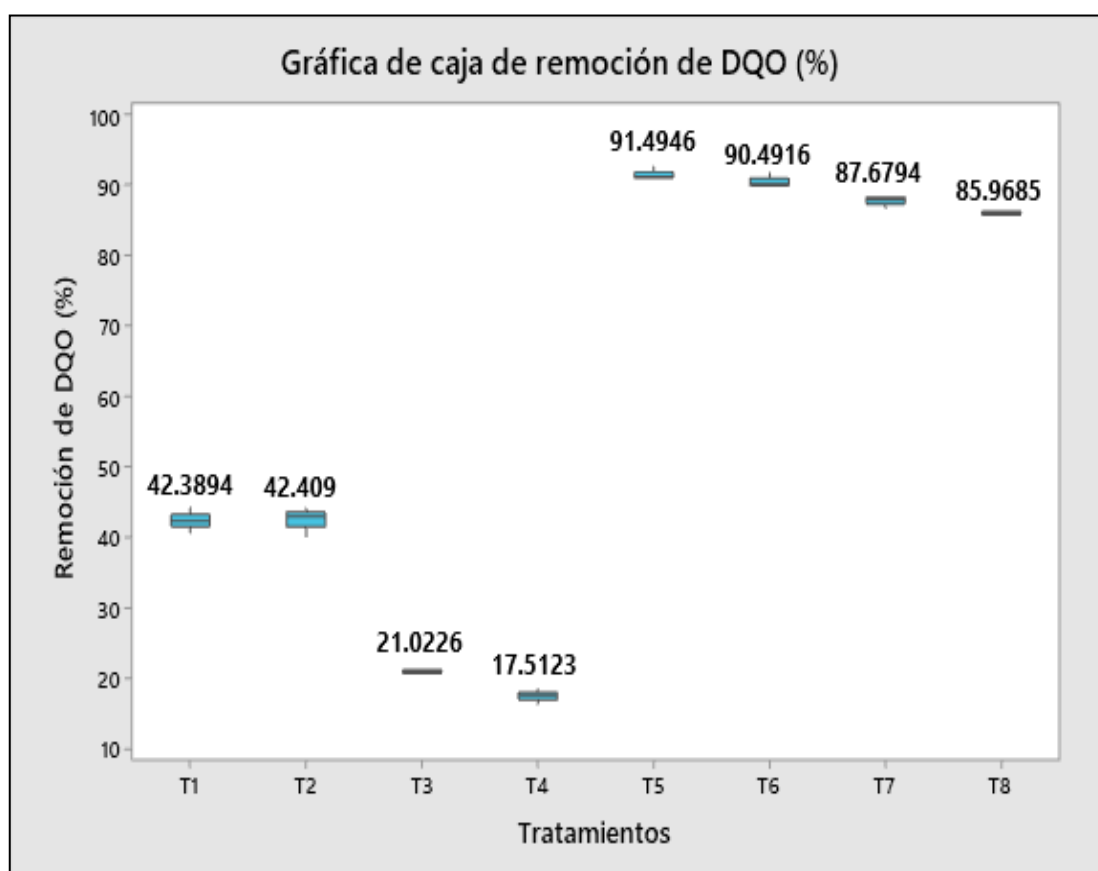
En la figura 5 se presenta el diagrama de cajas y bigotes, que ilustra la eficacia de los diferentes tratamientos en la remoción de la DQO. Específicamente, el tratamiento T4, con una dosis de H₂O₂ de 500 mg/L, una dosis de FeSO₄ de 150 mg/L y una dosis de O₃ de 1000 mg/L, muestra una menor remoción de la DQO, con un promedio de 17.51%. Por otro lado, el

tratamiento T5, con una dosis de H₂O₂ de 1500 mg/L, una dosis de FeSO₄ de 50 mg/L y sin adición de O₃, resulta en una mayor remoción de la DQO, alcanzando un promedio de 91.45%.

El diagrama de cajas y bigotes proporciona una representación visual clara de la dispersión y la distribución de los datos de remoción de la DQO para cada tratamiento. En este contexto, se puede concluir que la combinación de dosis más alta de H₂O₂ con una dosis más baja de FeSO₄ y sin O₃ (tratamiento T5) fue la más efectiva en la remoción de la DQO en comparación con otras combinaciones de dosis evaluadas.

Figura 5

Estadística descriptiva de los datos después foto-Fenton con ozono y sin ozono



Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1. Prueba de normalidad de residuos

Siendo las hipótesis de prueba para el análisis de la normalidad:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal.

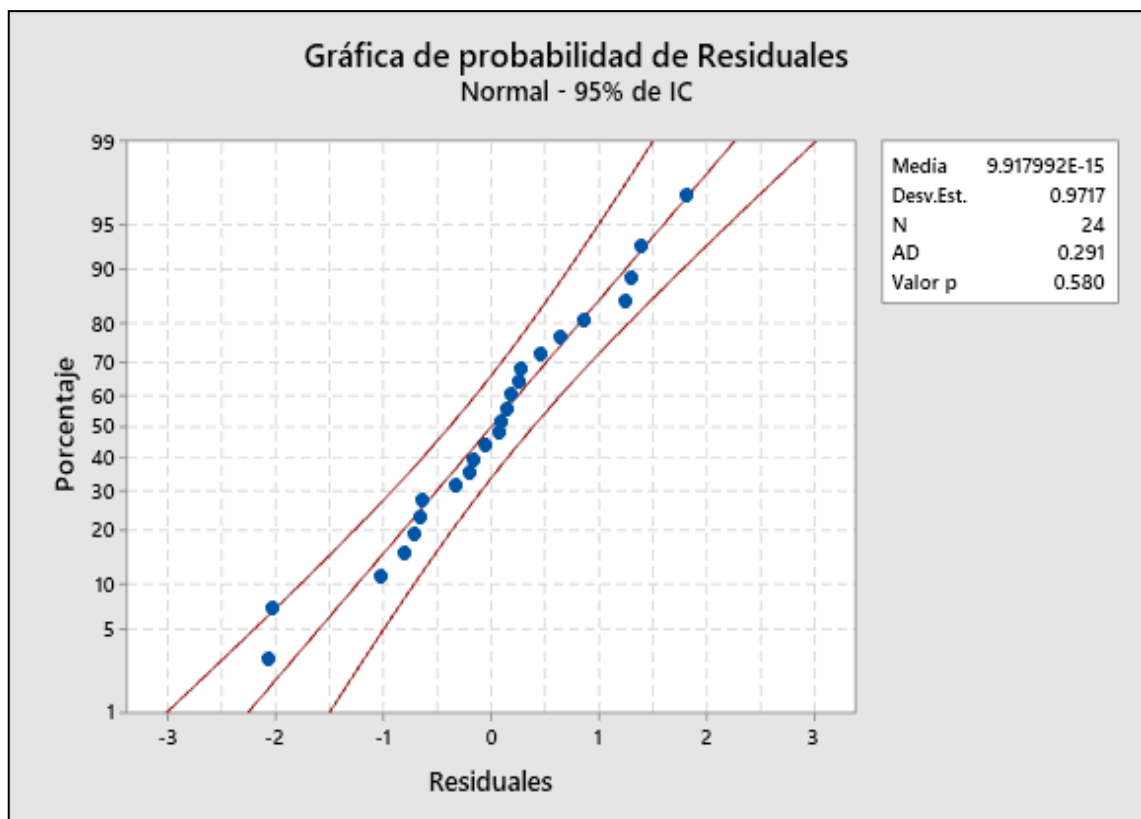
H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p \leq \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

Figura 6

Gráfica de probabilidad normal de residuos de la remoción de DQO



Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

En la figura 6, el valor p valor = 0.580, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula de distribución normal.

5.2.2. Análisis de hipótesis estadísticas de la investigación

Dado que los residuos cumplen con los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia como se muestra en el Anexo 3, se procederá a utilizar la prueba estadística paramétrica de ANOVA. Esta elección se basa en que los supuestos necesarios para aplicar ANOVA se han verificado satisfactoriamente, lo cual asegura que los resultados obtenidos serán válidos y confiables para analizar las diferencias entre los tratamientos. La ANOVA permitirá evaluar si existen diferencias significativas en la variable de respuesta entre los distintos grupos de tratamiento. [47]

Donde las hipótesis estadísticas son:

$H_0: r_1=r_2=r_3=r_4=r_5=r_6=r_7=r_8$, todas las medias (promedios) de la remoción de DQO son iguales.

$H_1: r \neq 0$, por lo menos una media es diferente.

Nivel de significancia (α) = 0,05

Si el valor $p \leq \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la tabla 12, se presentan los resultados del análisis de varianza realizado con un nivel de confianza del 95%. Los valores p obtenidos para los factores dosis de H_2O_2 , dosis de $FeSO_4$ y dosis de O_3 son todos menores que el nivel de significancia de 0.05. Esto indica que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula para cada uno de estos factores. En consecuencia, se puede concluir que cada uno de estos factores tiene un impacto significativo en la remoción de DQO.

Tabla 12*Análisis de varianza en la remoción de DQO*

Fuente	GL	SC just.	MC just.	Valor F	Valor p
Modelo	9	21919.7	2435.5	1570.18	0.000
Lineal	3	21368.8	7122.9	4592.17	0.000
Dosis de H ₂ O ₂ (mg/L)	1	20236.4	20236.4	13046.42	0.000
Dosis de FeSO ₄ (mg/L)	1	1118.0	1118.0	720.78	0.000
Dosis de O ₃ (mg/L)	1	14.4	14.4	9.31	0.009
Interacciones de 2 términos	3	546.3	182.1	117.41	0.000
Dosis de H ₂ O ₂ (mg/L)*Dosis de FeSO ₄ (mg/L)	1	539.4	539.4	347.73	0.000
Dosis de H ₂ O ₂ (mg/L)*Dosis de O ₃ (mg/L)	1	0.2	0.2	0.15	0.708
Dosis de FeSO ₄ (mg/L)*Dosis de O ₃ (mg/L)	1	6.7	6.7	4.34	0.056
Interacciones de 3 términos	1	3.0	3.0	1.93	0.187
Dosis de H ₂ O ₂ (mg/L)*Dosis de FeSO ₄ (mg/L)*Dosis de O ₃ (mg/L)	1	3.0	3.0	1.93	0.187
Error	14	21.7	1.6		
Total	23	21941.4			

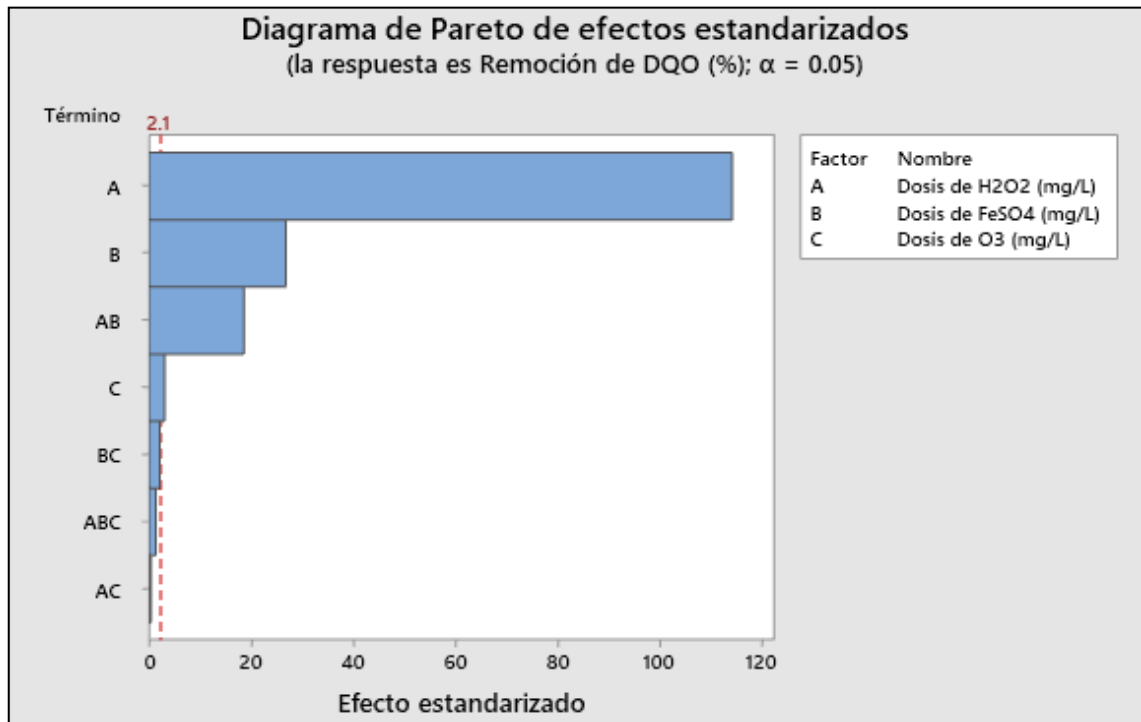
Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

En la figura 7 se presenta el diagrama de Pareto el cual ilustra la influencia relativa de cada factor en la remoción de DQO. El diagrama revela que la dosis de H₂O₂ tiene la mayor influencia en el proceso de remoción de DQO, seguida por la dosis de FeSO₄, y finalmente la dosis de O₃.

Los factores se representan en el diagrama de Pareto de tal manera que aquellos que superan el nivel de referencia de 2.1, calculado en base al nivel de significancia de 0.05, indican una influencia significativa y positiva en la remoción de DQO. Este nivel de referencia actúa como un umbral para determinar la relevancia de cada factor en el proceso.

Figura 7

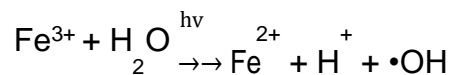
Diagrama de Pareto en la remoción de DQO



Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

En la figura 8 se ilustra que las condiciones óptimas del proceso para lograr la máxima remoción de DQO se alcanzan con una dosis de H₂O₂ de 1500 mg/L, una dosis de FeSO₄ de 50 mg/L y una dosis de O₃ de 0 mg/L. Este gráfico muestra cómo la variación en cada uno de estos factores influye en la eficiencia del proceso de remoción de DQO. Los datos indican que, bajo estas condiciones específicas, el proceso alcanza su mayor capacidad de remoción de DQO. La dosis elevada de H₂O₂ y la dosis reducida de FeSO₄, junto con la ausencia de O₃, parecen ser las configuraciones más efectivas para el tratamiento. Las condiciones constantes, como un flujo de recirculación de 8 LPM y un tiempo de retención de 1 hora, junto con la lámpara UV de 16 W, contribuyeron a mejorar la eficiencia del proceso. Esto se debe a que la

radiación ultravioleta acelera la regeneración del ion ferroso (Fe^{2+}) de acuerdo con la siguiente reacción:



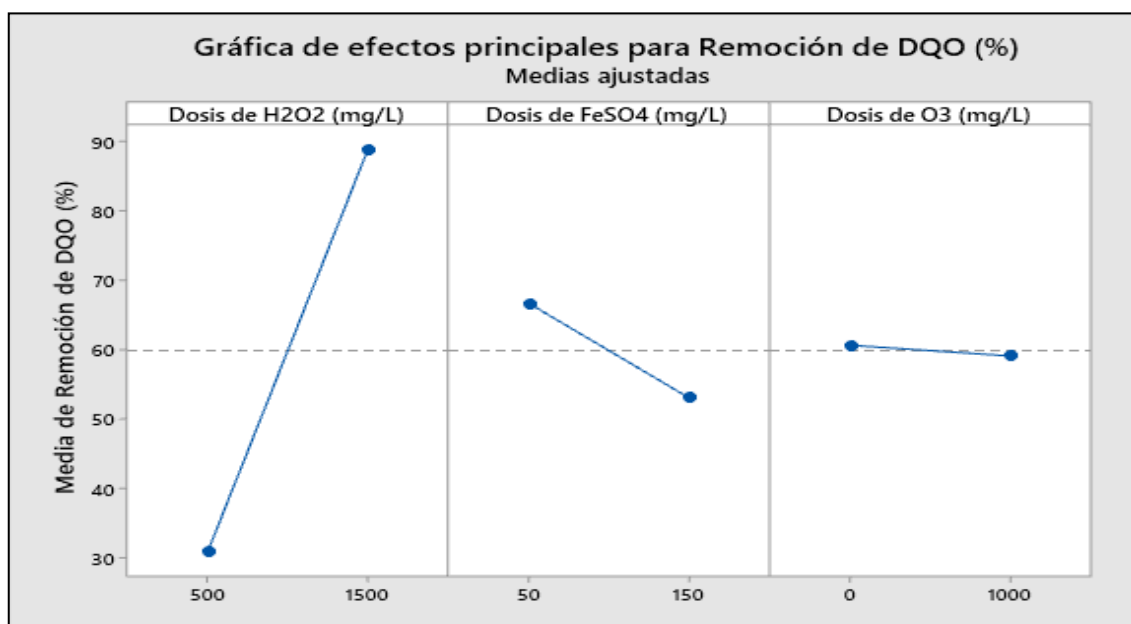
El Fe^{2+} regenerado reacciona con el H_2O_2 promoviendo la formación de más radicales hidroxilos ($\text{HO}\cdot$) a comparación de la ecuación anterior ya que la velocidad de esta reacción (k) es de $76 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$, tal como se muestra en la ecuación como indica [8]:



Los radicales hidroxilos generados aceleran la degradación de los contaminantes en el agua, lo que mejora la eficiencia del tratamiento y se evidenció en la remoción de la DQO.

Figura 8

Gráfica de efectos principales para la remoción de DQO



Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1. Contrastación con la hipótesis general

Se planteó en la hipótesis general que la eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono tiene una remoción de más del 90% de la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.

De acuerdo a la tabla 12, se presentan los resultados del análisis de varianza realizado con un nivel de confianza del 95%. Los valores p obtenidos para los factores dosis de H_2O_2 , dosis de $FeSO_4$ y dosis de O_3 son todos menores que el nivel de significancia de 0.05 donde tiene una influencia significativa en la remoción de DQO y en la tabla 10 con el tratamiento T5 (1500 mg/L de H_2O_2 , 50 de $FeSO_4$ y 0 mg/L de O_3) y T6 (1500 mg/L de H_2O_2 , 50 de $FeSO_4$ y 1000 mg/L de O_3) se pueden evidenciar que llegan a una remoción mayor del 90%, demostrando y contrastando la hipótesis general.

6.1.2. Contrastación con la hipótesis específica

Hipótesis específica 1: Las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas tienen valores por encima de los requeridos para agua de regadío.

En la tabla 9 se muestran los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas donde antes del tratamiento la concentración de la demanda química de oxígeno de 339.0 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno de 157.3

mg/L, sólidos suspendidos totales de 124.6 mg/L, color de 289.4 Pt/ Co y turbiedad de 28.4 NTU están por encima de los valores de Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, demostrando y contrastando la hipótesis específica.

Hipótesis específica 2: La dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) fluctúa entre 500 mg/L y 1500 mg/L, la dosis óptima de sulfato ferroso ($FeSO_4$) entre 50 mg/L y 150 mg/L, la dosis de ozono (O_3) entre 0 mg/L y 1000 mg/L permite remover más del 90% de la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.

De acuerdo a la tabla 10 se puede evidenciar con el tratamiento T5 (1500 mg/L de H_2O_2 , 50 de $FeSO_4$ y 0 mg/L de O_3) llega a una remoción 91.49% de la DQO y con el tratamiento T6 (1500 mg/L de H_2O_2 , 50 de $FeSO_4$ y 1000 mg/L de O_3) llegan a una remoción 90.49% de la DQO, demostrando y contrastando la hipótesis específica.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Las condiciones óptimas del proceso para alcanzar una remoción promedio de la DQO del 91.49% fueron logradas utilizando una dosis de 1500 mg/L de H_2O_2 , 50 mg/L de $FeSO_4$ y 0 mg/L de O_3 , con un tiempo de retención de 1 hora. Estos resultados muestran una notable eficacia y pueden compararse con varios estudios previos.

Por ejemplo, en la investigación de Çalık y ÇİFÇİ [11], se alcanzó una remoción de la DQO del 93.2%, empleando dosis más bajas de 300 mg/L de H_2O_2 y 200 mg/L de Fe^{2+} , lo que sugiere que con dosis menores de H_2O_2 y

mayor concentración de hierro se puede obtener una eficiencia similar a la de nuestro estudio. Del mismo modo, De Souza et al. [13] reportaron remociones superiores al 88% de la DQO, lo que está en línea con los resultados de nuestra investigación, aunque con ligeras diferencias en las condiciones del proceso.

En el estudio de Rodríguez et al. [15], en un ensayo de 2 horas con 10 mg/L de Fe^{2+} y 4 g/L de ozono, se alcanzó una remoción de la DQO del 92.13%. Aunque utilizaron ozono y un tiempo de tratamiento más prolongado, los niveles de remoción son comparables a los obtenidos en este estudio sin la necesidad de ozono, lo que demuestra la eficiencia del proceso en condiciones simplificadas.

Por otro lado, Gutiérrez y Pilco [18] lograron una remoción de la DQO del 86%, siendo sus resultados inferiores a los obtenidos en nuestro estudio. Finalmente, Robles y Cevallos [21] reportaron una remoción del 99.88% utilizando una dosis de 15 ml/L de H_2O_2 y 150 mg/L de FeSO_4 en un tratamiento de 2 horas. Aunque alcanzaron una remoción superior, su tiempo de tratamiento fue el doble, lo que sugiere que un tiempo de retención más largo y una dosis más alta de H_2O_2 pueden mejorar la eficiencia.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Los autores se responsabilizan por los resultados obtenidos en la presente investigación, la cual fue realizada siguiendo los lineamientos de la institución y respetando el código de ética en investigación aprobado por Resolución N°260-2019-CU de la Universidad Nacional del Callao.

VII. CONCLUSIONES

- Se determinó que el proceso foto-Fenton con ozono es altamente eficiente, logrando remover más del 90% de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas. Esto confirma la eficacia del método como una solución viable para mejorar la calidad del agua y reducir su impacto ambiental.
- Se determinó que las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas presentaban valores de contaminantes, como la DQO, por encima de los límites establecidos para su reúso en actividades de riego. Estos resultados justifican la necesidad de un tratamiento avanzado para mejorar la calidad del agua.
- Los resultados experimentales indicaron que la dosis óptima de peróxido de hidrógeno fue de 1500 mg/L, la de sulfato ferroso fue de 50 mg/L, y sin la adición de ozono. Estas combinaciones permitieron una remoción efectiva de más del 90% de la DQO, lo que demuestra la eficacia del proceso foto-Fenton con ozono en la degradación de contaminantes orgánicos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Dado que el proceso ha demostrado ser altamente eficiente, logrando una remoción superior al 90% de la DQO, se recomienda su implementación a mayor escala en la empresa Textil El Amazonas. La adopción de este tratamiento contribuirá de manera significativa a la reducción de los niveles de contaminantes en las aguas residuales, garantizando el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes para el reúso del agua.
- Es fundamental que la empresa Textil El Amazonas realice monitoreos periódicos de las aguas residuales tratadas para asegurar que los niveles de DQO y otros contaminantes se mantengan dentro de los límites permitidos para su reúso en actividades de riego. Esto garantizará la eficacia continua del tratamiento a lo largo del tiempo.
- Aunque la dosis de 1500 mg/L de H₂O₂, 50 mg/L de sulfato ferroso y la ausencia de ozono han sido efectivas, se recomienda investigar variaciones en las dosis para reducir costos operativos sin afectar la eficiencia. Además, trabajar con tiempos más prolongados podría mejorar la remoción de contaminantes. Realizar pruebas adicionales permitiría optimizar el uso de reactivos y minimizar el impacto económico.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ORTIZ PÁEZ Stephanie, «Estudio de la aplicación de los procesos fotocatalíticos para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales industriales,» Universidad nacional abierta y a distancia UNAD, Bogotá, 2021.
- [2] NASAMUES MORILLO Jessica, «Metodologías para evaluar sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Ecuador,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2021.
- [3] AGUDELO Edison, «Modelo cinético para la degradación de contaminantes emergentes (antibióticos) presentes en un agua residual, bajo un sistema de tratamiento secuencial vermifiltración–tecnologías de oxidación avanzada,» Universidad de Colombia, Medellin, 2019.
- [4] MURILLO CARRIÓN Bisseth, «Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria,» Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 2018.
- [5] RODRÍGUEZ J. Diego; SERRANO Hector A.; DELGADO Anna; NOLASCO Daniel; SALTIEL Gustavo, «De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe,» 1818 H Street NW, Washington, 2020.
- [6] HUAMANÍ CAHUAS Claudia, «Determinación del efecto de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de

- regadío de las Salinas Bajo-Chancay-Lima,» Universidad Católica Sedes Sapientiae, Huacho, 2018.
- [7] BAHENA RABADÁN Karen, «Evaluación de dos procesos de oxidación avanzada acoplados a un proceso anaerobio bioelectroquímico para el tratamiento de lixiviados provenientes de un relleno sanitario,» Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mexico, 2022.
- [8] R. AMETA, A. K. CHOHADIA, A. JAIN y P. B. PUNJABI, «Fenton and Photo-Fenton Processes,» 2018.
- [9] BEN AYED Sirine; AZAM Mohammad; AL-RESAYES Saud; AYARI Fadhila; RIZZO Luigi, «Cationic Dye Degradation and Real Textile Wastewater Treatment by Heterogeneous Photo-Fenton, Using a Novel Natural Catalyst,» Catalizadores, Basilea, Suiza, 2021.
- [10] KLIENCHEN Beatriz; LISBOA Cristiane; DALRI-CECATO Leonardo; GONZAGA Dayane; NAGEL Maria, «Application of heterogeneous photo-fenton process using chitosan beads for textile wastewater treatment,» Revista de ingeniería química ambiental, Santa Catarina, Brasil, 2020.
- [11] ÇALIK Çağla y ÇIFÇI Deniz, «Comparison of kinetics and costs of Fenton and photo-Fenton processes used for the treatment of a textile industry wastewater,» Revista de gestión ambiental, Tekirdağ, Turkey, 2022.
- [12] SANTANA Rayany; NAPOLEÃO Daniella; DOS SANTOS Sérgio; GOMES Rayssa; DE MORAES Nathália; ZAIDAN Léa; ELIHIMAS Diego; DO

- NASCIMENTO Grazielle; DUARTE Marta, «Photo-Fenton process under sunlight irradiation for textile wastewater degradation: monitoring of residual hydrogen peroxide by spectrophotometric method and modeling artificial neural network models to predict treatment,» *Chemical Papers*, Brazil, 2021.
- [13] DE SOUZA Ziani; SILVA Maryne; FRAGA Tiago; MOTTA Maurício, «A comparative study of photo-Fenton process assisted by natural sunlight, UV-A, or visible LED light irradiation for degradation of real textile wastewater: factorial designs, kinetics, cost assessment, and phytotoxicity studies,» *Environmental Science and Pollution Research*, Barzil, 2021.
- [14] MARTINS Aline; SALLA Marcio; BOLANOS María, «Tratamiento de aguas residuales provenientes de industria de productos de limpieza y desinfectantes por ozonización convencional y catalítica,» *Revista chilena de ingeniería*, vol. 27, nº 2, pp. 223-235, 2019.
- [15] RODRÍGUEZ Karen ; AGUDELO Rafael; CAICEDO María, «Tratamiento de aguas residuales producidas en el proceso de remojo en curtiembres empleando ozono y hierro como catalizador,» *Revista ION*, vol. 34, nº 2, pp. 105-113, 2021.
- [16] PEDREROS Camila; VALDERRAMA Kelly; AGUDELO Rafael; PÉREZ Karina; CAMPO Carlos, «Reducción de la concentración de DQO y COT en aguas residuales de la industria farmacéutica empleando ozono catalizado por Fe²⁺. Estudio de caso a escala real,» *Mutis*, p. 11, 2021.

- [17] D. Zoila, «Tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante procesos de oxidación avanzada (O₃/UV/H₂O₂) para su vertimiento en la red de alcantarillado.,» 2021.
- [18] GUTIÉRREZ César; PILCO Alex, «Optimización de la remoción de compuestos orgánicos persistentes mediante el proceso foto-fenton,» Revista de la Sociedad Química del Perú, Lima, 2020.
- [19] HUAMAN Kevin, «Decoloración del agua residual proveniente de la industria textil artesanal por foto Fenton,» Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2021.
- [20] AYALA Andy; PEREZ Roy, «Evaluación del proceso foto fenton con agente quelante para el tratamiento de aguas residuales textiles en el distrito de Hualhuas, Junín 2022.,» Universidad Continental, Lima, 2022.
- [21] ROBLES Wilson; CEVALLOS Ricard, «Sistema foto-fenton y adsorción para mejorar la calidad de las aguas residuales del laboratorio de química orgánica de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC,» Universidad Nacional del Callao, Callao, 2021.
- [22] CALDERON Fabiola; OLORTICO Stefany, «Proceso foto-Fenton para la degradación de color del efluente de la industria textil,» Universidad del Centro del Perú, Huancayo, 2019.
- [23] M. MANICKAVACHAGAM, M. SILLANPAA, M. SWAMINATHAN y B. AHMMAD, «Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment

- 2014,» *Hindawi Publishing Corporation*, vol. 2015, p. 1, 2015.
- [24] L. CLARIZIA y e. al, «Homogeneous photo-Fenton processes at near neutral pH: a review,» *Applied Catalysis B: Environmental*, Napoli, Italy, 2017.
- [25] C. E. BARRERA DÍAZ y M. RODRÍGUEZ PEÑA, «Procesos de oxidación avanzada en el tratamiento de agua,» Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, 2020.
- [26] R. S. RAMALHO, *Introduction to Wastewater Treatment Processes*, Canada: ACADEMIC PRESS, 2012.
- [27] J. M. ORTIZ DE ZÁRATE y L. A. AGUILA APODACA, «La depuración biológica de efluentes industriales: centro de tratamiento de residuos industriales Galicia,» *Ingeniería Química* , pp. 147-153, 1997.
- [28] J. J. PIGNATELLO, «Advanced Oxidation Processes for Organic Contaminant Destruction Based on the Fenton Reaction and Related Chemistry,» *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, nº 36, pp. 1-84, 2006.
- [29] VERA Kevin; YONTOMO Victor, «Propuesta de optimización de los sólidos generados en el tratamiento de los efluentes industriales de una fábrica de pinturas ubicada en la ciudad de Guayaquil,» Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2023.
- [30] C. Jessica, «Experimentación de tinturado natural sobre denim,»

Universidad del Azuay, Ecuador, 2023.

- [31] M. A. BODA, «Waste Water Treatment of Textile Industry: Review,» *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 5, 2017.
- [32] ONU, «Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017,» UN WATER, Paris, Francia, 2017.
- [33] H. L. Aleyda, «Evaluación fisicoquímica de cinco aceites de especies oleaginosas del norte de La Paz y Beni comercializados como cosméticos naturales,» Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia, 2021.
- [34] G. Angela, Concentraciones de coliformes termotolerantes, temperatura, pH y calidad de limpieza en las playas de Samuel Pastor-Camaná, Arequipa: Universidad Católica Santa María, 2023.
- [35] HERNÁNDEZ Margarita; CHAPARRO Tatiana, «Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano,» *SciELO Analytics*, vol. 30, nº 2, pp. 97-107, 2020.
- [36] U. Yhoanna, Evaluación de los procesos fenton tradicional y electro-fenton con los procesos fenton modificado y electro-fenton modificado para determinar la efectividad de remoción de la carga contaminante, La Paz - Bolivia: Universidad Mayor San Andrés, 2023.
- [37] O. Doris, Eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno en un sistema tanque séptico más filtro percolador, Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2022.

- [38] L. Henry, Estudio microbiológico y resistencia microbiana de bacterias aisladas de las mayonesas que se expenden en los puestos de comida rápida ambulorios en los alrededores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2024.
- [39] O. Erika, Identificación de parásitos entéricos zoonóticos en perros que frecuentan el 'Cani Park' de la ciudad de Ambato, Cevallos-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2024.
- [40] SUÁREZ Yesid; CARVAJAL Gabriel, Identificación de mecanismos físicos y químicos presentes en la remoción de contaminantes de un DAM usando escoria de alto horno (EGAH), Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021.
- [41] T. Daniel, Apoyo al Plan Institucional de Gestión ambiental e Informe del Estado de los Recursos Naturales: aguas superficiales y aire, en la CAAF ambiental de la Contraloría General de Medellín, Medellín: Universidad de Antioquia, 2022.
- [42] SANCHEZ Valentina; POLANIA Jean, Caracterización climática a partir de las variables precipitación y temperatura en el área de influencia de los municipios Girardot y Nariño sector sur de la cuenca del Río Seco y sus afluentes directos al Magdalena, Girardot: Universidad Piloto de Colombia, 2020.

- [43] G. Florencia, Reducción de la turbidez de las aguas del rio Shullcas, utilizando penca de Tuna y Sulfato de Aluminio en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable, Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021.
- [44] H. ÑAUPAS, M. R. VALDIVIA, J. J. PALACIOS y H. E. ROMERO, Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis, México, DF: Ediciones de la U, 2018.
- [45] H. Roberto, Metodología de la Investigación, México: mcGraw-Hill, 2014.
- [46] ARDILA ARIAS Alba Nelly; REYES CALLE Juliana; ARRIOLA VILLASEÑOR Erasmo; HERNÁNDEZ José Alfredo, «REMOCIÓN FOTOCATALÍTICA DE DQO, DBO5 Y COT DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA,» *Revista Politécnica*, nº 9-17, p. 15, 2012.
- [47] GUTIERREZ Humberto; DE LA VARA Román, Análisis y diseño de experimentos, México: McGraw Hill México, 2012.
- [48] SAVIN Nathan; WHITE Kenneth , «The Durbin-Watson test for serial correlation with extreme sample sizes or many regressors,» *Journal of the Econometric Society*, vol. 8, nº 45, pp. 1989-1996, 1977.
- [49] Rossi, «Evaluacion de la gestion de residuos químicos generados en laboratorios del Departamento de Química,» Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2018.
- [50] VELASCO QUIÑONEZ Joel; TENORIO SEGURA Sara ; ESPINOZA

- ECHEVARRIA Enma; ARROLLO QUIÑONEZ, Victor, «Breves reflexiones en enfoque sociológico sobre los cambios climáticos y el calentamiento global siglo XXI,» Vols. %1 de %2vol. 3, no 2, p. 663-677., nº no 2, pp. 663-677, 2022.
- [51] SANTOS DOMINGUEZ Helen, «Vertimiento de aguas residuales domésticas y su efecto en la contaminación ambiental de la fuente hídrica del rio higueras 2022,» Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco-Perú, 2023.
- [52] SALAZAR ARIAS Angela Maria, «Oxidación catalítica de fenol empleando un subproducto de la industria metalmecánica como catalizador,» Univerdiad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, 2017.
- [53] ÁLVAREZ Daniela; LOPEZ Sandy , Evaluación de remoción de metales pesados del agua residual de la industria minera, utilizando carbón activado de las fibras naturales de la cabuya, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2023.
- [54] MOLINA M.; OCHOA C.; ORTEGA E., « Regresión lineal simple,» *Evid Peditr*, vol. 17, nº 1, p. 46, 2021.
- [55] MONTGOMERY Douglas; PECK, Elizabeth; VINING Geoffrey. , Introduction to linear regression analysis, John Wiley & Sons, 2021.
- [56] MEOÑO ET AL., «Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú,» *Saber y hacer*, vol. 2, nº 2, pp. 8-25, 2016.

- [57] ROBLES et al., Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes, Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales: Ediciones Díaz de Santos, 2011.
- [58] BENAVIDES Y BENAVIDES, «Tratamiento fotocatalítico de aguas residuales generadas en laboratorios con presencia del indicador verde de bromocresol,» *Revista Lasallista de investigación*, vol. 8, nº 1, pp. 28-41, 2011.
- [59] B. L. I. JIMÉNEZ y Q. J. P. E. OJEDA, «La instrucción militar del curso contaminación del agua a los cadetes de ingeniería de la Escuela Militar de Chorrillos, año 2019,» Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi., Chorrillos, 2020.
- [60] L. A. REY, «Tratamiento de aguas residuales de industria textil a través del acople de procedimientos Foto-Fenton y lodos activados,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2008.
- [61] N. M. G. Andrés, Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio en El Carmen en el cantón Chambo., Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.

Anexo 01: Matriz de consistencia

Eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono para el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas ubicado en el distrito de Lima.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	
¿Cuál es la eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono en el tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas?	Determinar la eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono en el tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.	La eficiencia del proceso foto-Fenton con ozono tiene una remoción de más del 90% la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.	Y: Aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas	Demanda química de oxígeno	%Remoción de la DQO	Tipo de investigación: Aplicada. Enfoque de investigación: Cuantitativo.
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	Diseño de investigación: Experimental.
¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas?	Determinar las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.	Las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas tienen valores por encima de los requeridos para agua de riego.	X1: Aguas residuales industriales	Demanda química de oxígeno	DQO	Método de investigación: Empírico. Técnica: Experimental y volumetría.
¿Cuál es la dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) que fluctúa entre 500mg/L y 1500mg/L, la dosis óptima de sulfato ferroso (FeSO ₄) entre 50mg/L y 150mg/L, la dosis de ozono (O ₃) entre 0mg/L y 1000mg/L que permite remover más del 90% la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas?	Determinar la dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) que fluctúa entre 500mg/L y 1500mg/L, la dosis óptima de sulfato ferroso (FeSO ₄) entre 50mg/L y 150mg/L, la dosis de ozono (O ₃) entre 0mg/L y 1000mg/L que permite remover más del 90% la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.	La dosis óptima de peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) fluctúa entre 500mg/L y 1500mg/L, la dosis óptima de sulfato ferroso (FeSO ₄) entre 50mg/L y 150mg/L, la dosis de ozono (O ₃) entre 0mg/L y 1000mg/L permite remover más del 90% la DQO de las aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.	X2: Proceso foto-Fenton con ozono	Dosis de H ₂ O ₂	500 mg/L 1500 mg/L	Instrumento: Ficha de Medición (matriz experimental). Población: Aguas residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.
				Dosis de FeSO ₄	50 mg/L 150 mg/L	Muestra: 100 L de las residuales industriales de la empresa Textil El Amazonas.
				Dosis de O ₃	0 mg/L 1000 mg/L	Diseño experimental: Diseño factorial. Análisis de datos: Minitab 19.

Anexo 02 Validez de contenido de instrumentos

VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y nombres del juez: **Robles Kquerare Wilson**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Ingeniero de proyectos**

1.3. Nombre del instrumento evaluado: **Matriz factorial**

1.4. Autor(a) del instrumento: **Luis Yoel Rosas Castillo y Nikhol Melissa Nonajulca Alvarez**

II. MATRIZ FACTORIAL DE VALIDACIÓN

Tratamientos	Réplicas	Dosis de H2O2 (mg/L)	Dosis de FeSO4 (mg/L)	Dosis de O3 (mg/L)
T1	T1-C1	500	50	0
	T1-C2	500	50	0
	T1-C3	500	50	0
T2	T2-C1	500	50	1000
	T2-C2	500	50	1000
	T2-C3	500	50	1000
T3	T3-C1	500	150	0
	T3-C2	500	150	0
	T3-C3	500	150	0
T4	T4-C1	500	150	1000
	T4-C2	500	150	1000
	T4-C3	500	150	1000
T5	T5-C1	1500	50	0
	T5-C2	1500	50	0
	T5-C3	1500	50	0
T6	T6-C1	1500	50	1000
	T6-C2	1500	50	1000
	T6-C3	1500	50	1000
T7	T7-C1	1500	150	0
	T7-C2	1500	150	0
	T7-C3	1500	150	0
T8	T8-C1	1500	150	1000
	T8-C2	1500	150	1000
	T8-C3	1500	150	1000

II. CALIFICACIÓN GLOBAL

CATEGORÍA	INTERVALO
Desaprobado	0 - 10
Observado	11 - 14
Aprobado	15 - 20

Lugar y fecha: Lima, 12 de Julio del 2024



Ing. Wilson Robles Kquerare

Firma del Juez

Anexo 03: Análisis de supuestos de los residuales

Para decidir entre el uso de una prueba paramétrica o no paramétrica, es esencial evaluar los supuestos sobre los residuales. Estos supuestos incluyen la normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia.

A. Supuesto de normalidad de residuales

Para utilizar una prueba estadística paramétrica se deben de analizar los residuos (e_{ij}) que son generados por la diferencia entre la respuesta observada (Y_{ij}) y la respuesta predicha (\hat{Y}_{ij}) por el modelo en cada tratamiento:

$$e_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}$$

Es importante que los residuos cumplan con el supuesto de normalidad. Para evaluar este supuesto, se deben someter los residuos a pruebas de normalidad, como la prueba de Anderson-Darling, que permite verificar si los residuos se distribuyen normalmente. [47]

Siendo las hipótesis de prueba para el análisis de la normalidad:

H_0 : Los residuos siguen una distribución normal.

H_1 : Los residuos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p \leq \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la Figura 6, se evaluó el supuesto de normalidad para los residuales de la remoción de DQO con un intervalo de confianza del 95%. El valor p obtenido es 0.580, que es mayor que el nivel de significancia de 0.05. Por lo

tanto, no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), lo que nos permite concluir que los datos siguen una distribución normal.

B. Supuesto de homogeneidad de varianzas de residuales

Para verificar la condición de homogeneidad de varianzas, conocida como supuesto de homocedasticidad, se utiliza la prueba estadística de Bartlett. [47]

Las hipótesis estadísticas planteadas son las siguientes:

H_0 : La varianza de los residuos son iguales.

H_1 : La varianza de los residuos son diferentes.

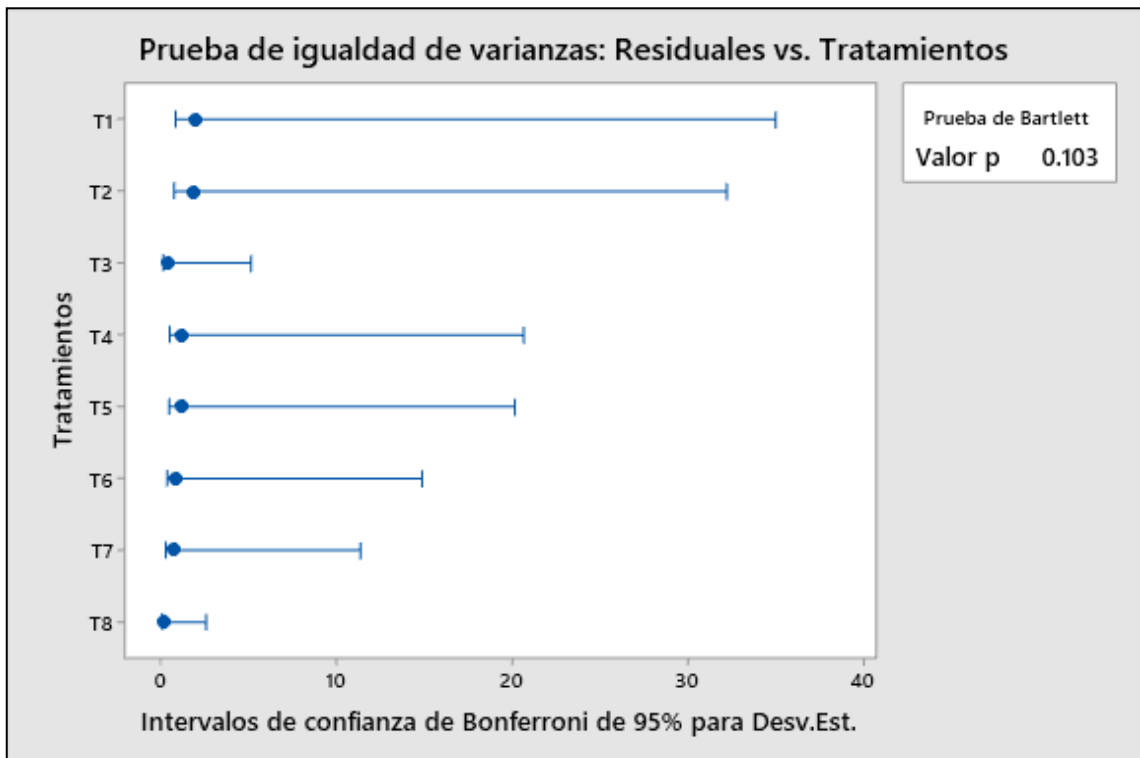
Nivel de significancia (α) = 0.05

Si el valor $p \leq \alpha$, se rechaza H_0 ; Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En la figura 9, se muestra el resultado de la prueba de Bartlett aplicada a los residuales de la remoción de DQO. El valor p obtenido es 0.103, que es mayor que el nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0), cumpliéndose así el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Figura 9

Gráfica de varianza de residuos de la remoción de DQO



Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

C. Supuesto de Independencia de residuales

Para la condición de independencia se emplea la prueba de Durbin-Watson. [48]

Las hipótesis de prueba son:

H_0 : Los residuos no tienen correlación

H_1 : Los residuos tienen correlación.

Donde se tiene los supuestos:

Si $d < d_L$ Se rechaza H_0

Si $d > d_U$ No se rechaza H_0

Si $d_L \leq d \leq d_U$

Sin decisión

En la tabla 13, se presenta el estadístico de Durbin-Watson, donde $d=1.75536$. Al evaluar esta prueba estadística con un nivel de significancia $\alpha=0.05$, un número de observaciones $n=24$ y el número de variables independientes $k=3$, se obtienen los valores del límite inferior ($d_L=1.10$) y del límite superior ($d_U=1.66$) según las tablas estadísticas.

Dado que el valor de d es mayor que d_U ($d > d_U$), no se rechaza la hipótesis nula H_0 . Por lo tanto, se concluye que los residuos no presentan autocorrelación, indicando que los tratamientos aplicados son independientes.

Tabla 13

Estadístico de Durbin-Watson de residuos de la remoción de DQO

Estadístico	Valor
Durbin-Watson	1.75536

Nota: Resultados obtenidos en el software estadístico Minitab 19.

Anexo 04: Constancia de conformidad

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA DE CONFORMIDAD

Sres.

EMPRESA TEXTIL EL AMAZONAS S.A.

Estimado Sr. Francisco Manco Matos,

Yo, LUIS YOEL ROSAS CASTILLO, Bachiller en Ingeniería Química – UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, con DNI N° 48240880, ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Me encuentro realizando un Proyecto de Investigación (tesis para optar el grado de título), tiene los siguientes objetivos:

- Evaluar el tratamiento de las aguas residuales industriales de la Empresa Textil Amazonas S.A.
- Determinar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales industriales mediante el proceso foto-Fenton, para el reúso del agua.

Para llevar a cabo con éxito estos objetivos, es imprescindible realizar una serie de pruebas piloto, para ello se requiere retirar muestras de agua al ingreso de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) en un aproximado de 30L, el cual se someterá a estudios.

Así mismo, cualquier resultado y conclusiones a los que se pueda llegar quedarían en poder de su organización y estaríamos encantados de compartir nuestro análisis con ustedes, para que EMPRESA TEXTIL AMAZONAS S.A. pueda beneficiarse en lo posible de su participación en este Proyecto de Investigación.

Lima, 17 de Agosto del 2023

TEXTIL EL AMAZONAS S.A.


Ing. Francisco Manco Matos
JEFE DE PRODUCCIÓN

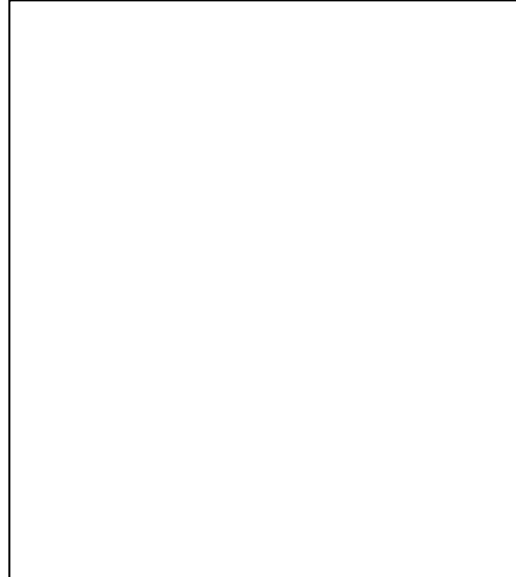
Ing. Francisco Manco Matos
Jefe de Planta

Anexo 05. Registro fotográfico de la investigación

Muestreo de aguas residuales de la empresa Textil El Amazonas



Muestreo de aguas residuales de la empresa Textil El Amazonas



Muestreo de aguas residuales de la empresa Textil El Amazonas



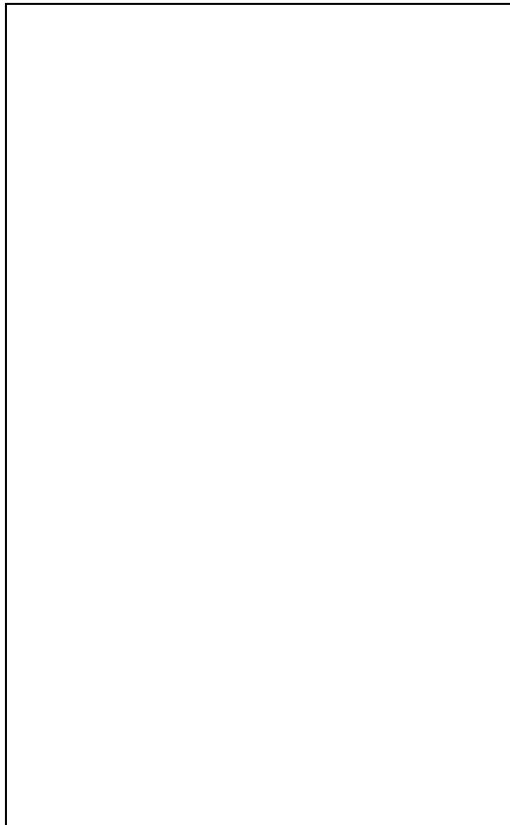
Muestra de 100 L de la empresa Textil El Amazonas



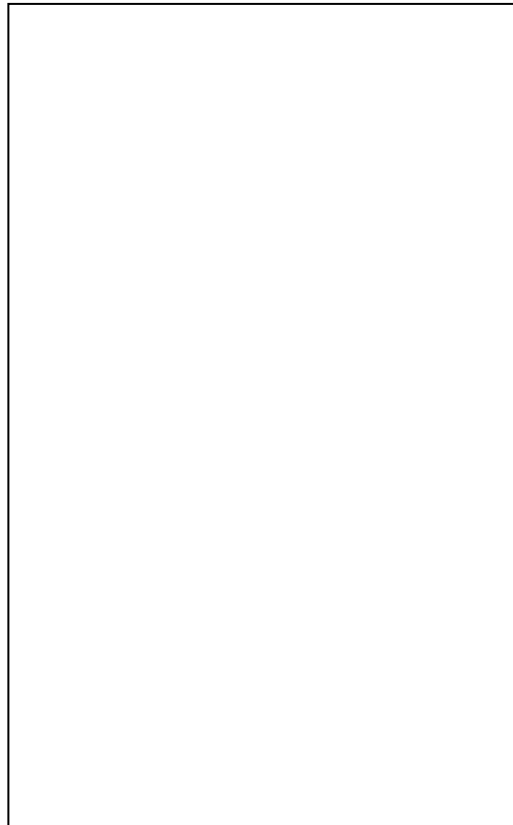
Caracterización de aguas residuales de la empresa Textil El Amazonas



Medición de la turbidez del agua residual de la empresa Textil El Amazonas



Medición del pH del agua residual de la empresa Textil El Amazonas



Pesado y preparación FeSO_4 al 25% []



Medición de H_2O_2 al 50% []

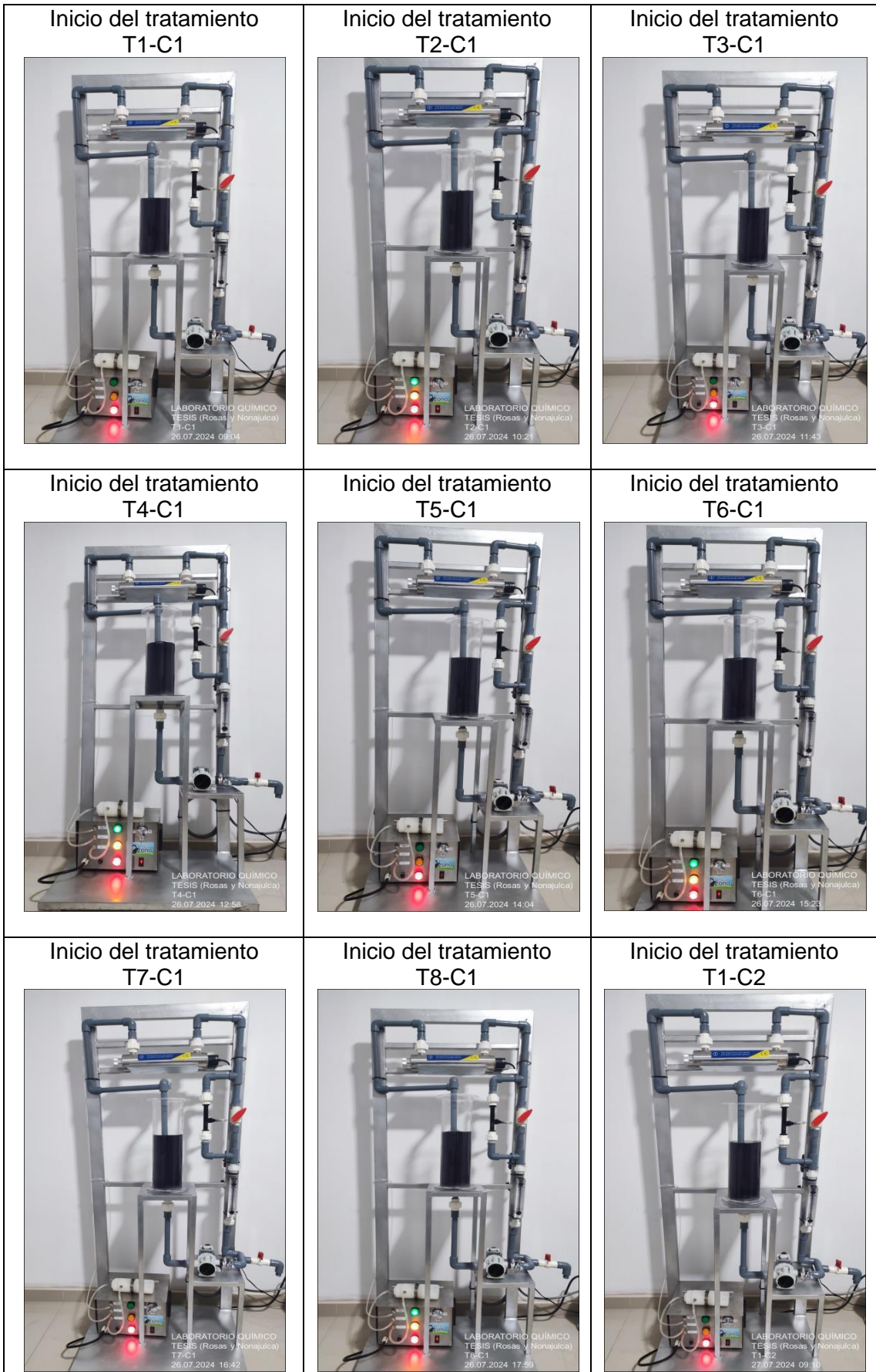


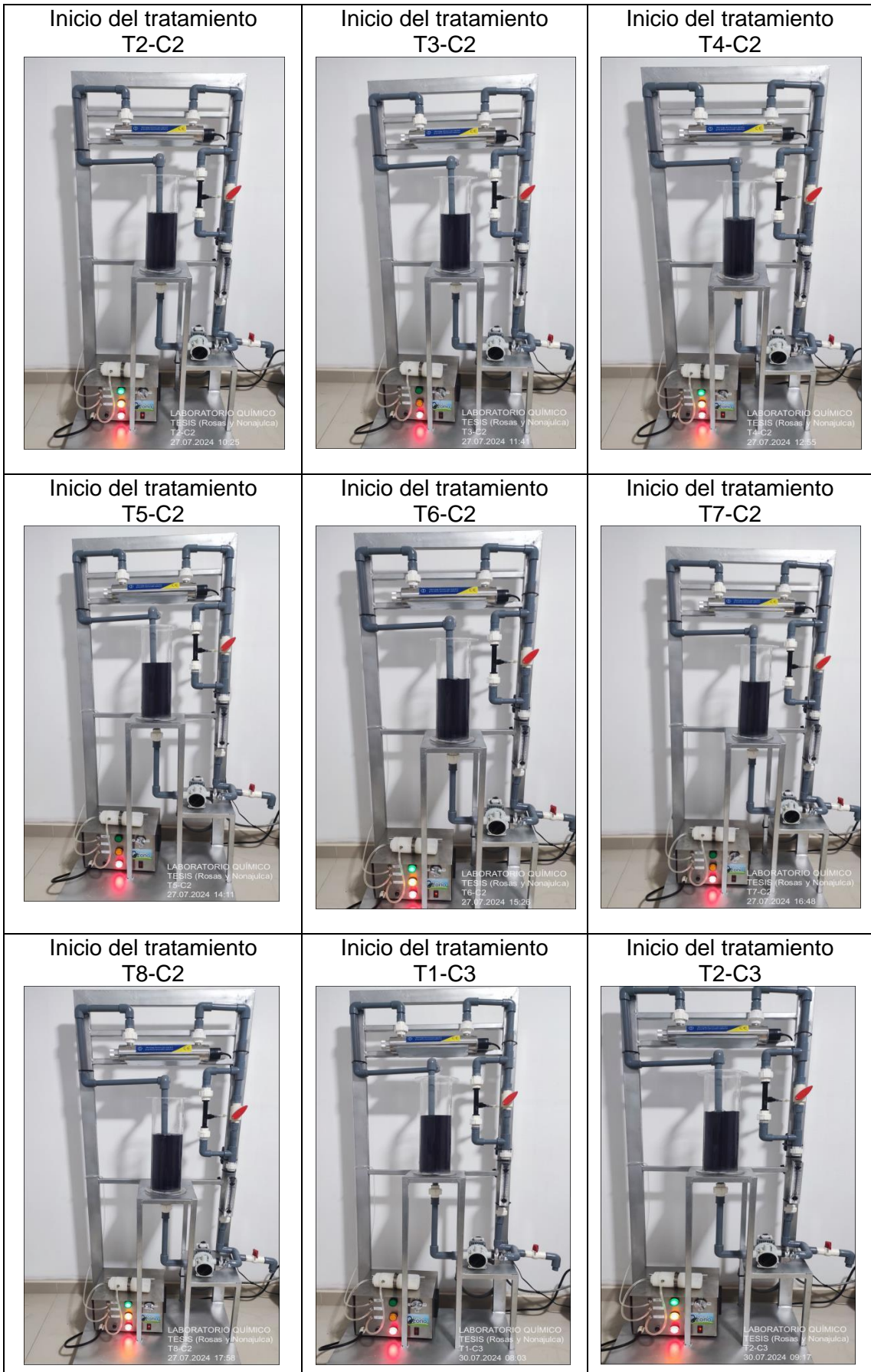
Armado del sistema de foto-Fenton con ozono



Llenado de 2 L de muestra para inicio del tratamiento









<p>Agua residual tratada T4-C1</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T4-C1 Tratado 26.07.2024 13:59</p>	<p>Agua residual tratada T5-C1</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T5-C1 Tratado 26.07.2024 15:05</p>	<p>Agua residual tratada T6-C1</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T6-C1 Tratado 26.07.2024 16:23</p>
<p>Agua residual tratada T7-C1</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T7-C1 Tratado 26.07.2024 17:33</p>	<p>Agua residual tratada T8-C1</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T8-C1 Tratado 26.07.2024 18:00</p>	<p>Agua residual tratada T1-C2</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T1-C2 Tratado 27.07.2024 10:11</p>
<p>Agua residual tratada T2-C2</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T2-C2 Tratado 27.07.2024 11:25</p>	<p>Agua residual tratada T3-C2</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T3-C2 Tratado 27.07.2024 12:42</p>	<p>Agua residual tratada T4-C2</p>  <p>LABORATORIO QUIMICO TESIS (Rosas y Nonajulca) T4-C2 Tratado 27.07.2024 13:56</p>



Agua residual tratada
T6-C3



Agua residual tratada
T7-C3



Agua residual tratada
T8-C3



Diferencia de color de la muestra
después del tratamiento por 1 h



Equipo construido a escala de
laboratorio



Anexo 06: Análisis de parámetros en laboratorio acreditado



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-8412

N° Id.: 0000301075

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : Rosas Castillo Luis Yoel
2.- DIRECCIÓN : Jr. Huaca de la luna 408 – Urb. Portada del Sol, La Molina - Lima
3.- PROYECTO : CARACTERIZACION DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA TEXTIL EL AMAZONAS
4.- PROCEDENCIA : TEXTIL EL AMAZONAS S.A.
5.- SOLICITANTE : Rosas Castillo Luis Yoel
6.- PRODUCTO : Agua Residual Industrial

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000007251-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-08-05

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 25
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-07-27
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación-
PERÍODO DE ENSAYO : 2024-07-28 al 2024-08-05


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391


Marleni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de
Microbiología e Hidrobiología
CBP N° 16639



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág. 1 de 5

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chelaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2
Ll. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

SEDE AREQUIPA


COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 816 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 762

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A Ll. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 788 828

 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-8412

N° Id.: 0000301075

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023.	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.	INACAL LE - 096 CHALACA
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.	INACAL LE - 096 CHALACA
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C. 23rd Edition, 2017.	Color. Spectrophotometric-Single Wavelength Method (Proposed).	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	INACAL LE - 096 CHALACA
Escherichia coli (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.	INACAL LE - 096 CHALACA
Huevos de Helminfos	MVAL-LAB-24. VALIDATED, 2018.	Quantification and Identification of Helminth Eggs in Water.	IAS TL-833 CHALACA
Sólidos Suspendedos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	INACAL LE - 096 CHALACA

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

"APHA" : American Public Health Association

Pág.2 de 5

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chetaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2
Ll. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 762

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A Ll. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 768 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-8412

N° Id.: 0000301075

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-03631
CÓDIGO CLIENTE ^(A)				T0
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(A)				W: 77.06114762 S: 12.0444786
PRODUCTO ^(A)				Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)				Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				26-07-2024 08:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aceites y Grasas (*)	mg/L	1,40	5,00	< 5
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*)	NMP/100m L	NA	1,8	<1,8
Color (*)	Pt/ Co	NA	0,1	289,4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	157,3
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	339,0
Escherichia coli (NMP) (*)	NMP/100m L	NA	1,8	<1,8
Huevos de Helmintos ²	Huevo/L	NA	1,0	<1,0
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	124,6

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Pág.3 de 5

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chetaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2
Ll. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 762

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A Ll. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 768 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-8412

N° Id.: 0000301075

ITEM	2	3	4	5	6	7			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631			
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	T1-C1	T2-C1	T3-C1	T4-C1	T5-C1	T6-C1			
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(A)	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:			
PRODUCTO ^(A)	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO ^(A)	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial			
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	26-07-2024 11:00	26-07-2024 12:00	26-07-2024 14:00	26-07-2024 15:00	26-07-2024 16:00	26-07-2024 17:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	189,3	193,2	269,0	283,3	31,2	35,1

ITEM	8	9	10	11	12	13			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631			
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	T7-C1	T8-C1	T1-C2	T2-C2	T3-C2	T4-C2			
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(A)	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:			
PRODUCTO ^(A)	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO ^(A)	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial			
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	26-07-2024 18:00	26-07-2024 19:00	27-07-2024 11:00	27-07-2024 12:00	27-07-2024 14:00	27-07-2024 15:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	41,0	47,4	195,6	203,1	268,1	276,4

ITEM	14	15	16	17	18	19			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631			
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	T5-C2	T6-C2	T7-C2	T8-C2	T1-C3	T2-C3			
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(A)	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:			
PRODUCTO ^(A)	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO ^(A)	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial			
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	27-07-2024 16:00	27-07-2024 17:00	27-07-2024 18:00	27-07-2024 19:00	30-07-2024 10:00	30-07-2024 11:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	25,4	33,4	45,2	49,1	201,2	189,4

Pág.4 de 5

9 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chetaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

9 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2
Ll. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

9 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 618 843
Cel.: 952 361 941

9 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 762

9 SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A Ll. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 768 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-8412

N° Id.: 000301075

ITEM	20	21	22	23	24	25			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631	M-24-03631			
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	T3-C3	T4-C3	T5-C3	T6-C3	T7-C3	T8-C3			
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(A)	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:	E: N:			
PRODUCTO ^(A)	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO ^(A)	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial			
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	30-07-2024 12:00	30-07-2024 14:00	30-07-2024 15:00	30-07-2024 16:00	30-07-2024 17:00	30-07-2024 18:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	266,1	279,2	29,9	28,2	39,1	46,2

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-21301

N° Id: 0000120964

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

1.- RAZON SOCIAL : Rosas Castillo Luis Yoel
2.- DIRECCIÓN : Jr. Huaca de la luna 408 – Urb. Portada del Sol, La Molina - Lima
3.- PROYECTO : TESIS
4.- PROCEDENCIA : TEXTIL EL AMAZONAS S.A.
5.- SOLICITANTE : Rosas Castillo Luis Yoel
6.- PRODUCTO : Agua Residual Industrial

II.- DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000009383-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-08-14

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

1.- MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-07-30
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación.
PERÍODO DE ENSAYO : 2024 07-31 al 2024-08-14


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391


Marleni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de
Microbiología e Hidrobiología
CBP N° 16639



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory I. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág. 1 de 3

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chelaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2
Ll. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 782

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A Ll. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 768 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-21301

N° Id: 0000120964

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	SMEWW-APIA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023.	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.	INACAL LE - 096 CHALACA
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliformsand E.coli.	INACAL LE - 096 CHALACA
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2120 C. 23rd Edition, 2017.	Color. Spectrophotometric-SingleWavelength Method (Proposed).	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD).5-Day BOD Test.	INACAL LE - 096 CHALACA
Escherichia coli (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliformsand F.coli.	INACAL LE - 096 CHALACA
Huevos de Helminths	MVAL-LAB-24, VALIDATED,2018.	Quantification and Identification of Helminth Eggs in Water.	IAS TL-833 CHALACA
Sólidos Suspendedos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	INACAL LE - 096 CHALACA

"SMEWW": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
"APHA": American Public Health Association

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-21301

N° Id: 0000120964

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-64402
CÓDIGO CLIENTE ^(A)				T0
COORDENADAS - UTM WGS 84 ^(A)				W: 77.06114762 S: 12.0444786
PRODUCTO ^(A)				Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)				Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				30-07-2024 16:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Accites y Grasas (*)	mg/L	1,40	5,00	< 5
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*)	NMP/100m L	NA	1,8	<1,8
Color (*)	Pt/ Co	NA	0,1	23,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	10,4
Escherichia coli (NMP) (*)	NMP/100m L	NA	1,8	<1,8
Huevos de Helmintos ²	Huevo/L	NA	1,0	<1,0
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	16,2

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802
Cel.: 977 515 129

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2
Ll. 3, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 952 617 782

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A Ll. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 961 768 828

Anexo 07: Fichas técnicas de insumos químicos utilizados

- Peróxido de hidrógeno al 50%.





ARIS

PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 50%
FICHA TÉCNICA

Nombre comercial	Peróxido de Hidrógeno	
Peso molecular	34.01 g/mol	
Fórmula química	H ₂ O ₂	
Apariencia	Líquido incoloro traslucido	

COMPOSICIÓN QUÍMICA

PARÁMETROS	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO
Pureza, %	Mín. 50.0	Q-M-LCOM-16

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

PARÁMETROS	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO
Acidez libre, H ₂ SO ₄	Máx. 0.06 %	ACS
Residuo por evaporación	Máx.0.12 %	ACS

PRESENTACIONES

Bidones 30 y 35 Kg, IBC 1100 kg y 1150kg

CONDICIONES DE USO Y ALMACENAJE



Almacenar en su envase original



Mantener en lugares secos y bajo techo



Proteger del sol



No comer, beber, ni fumar.



Mantener fuera del alcance de niños y animales

Para información adicional, consultar con la hoja de seguridad del producto. Aris Industrial S.A. garantiza que al momento de emitir esta hoja técnica el producto cumple con la especificación declarada. Es responsabilidad del comprador determinar que el producto cumple con los requisitos para su uso, incluyendo mediante la realización de pruebas de aplicación, así como de tomar todas las medidas de seguridad razonables.

Fecha de emisión: 30/01/2024
Versión: 01

Av. Industrial 491 Lima, Perú
(511) 336 5428 A: 5517 | vquimicos@aris.com.pe | www.quimicos.aris.com.pe



Imagen referencial.

97

- Sulfato ferroso




SULFATO FERROSO
FICHA TÉCNICA

Nombre comercial	Sulfato Ferroso Heptahidratado	
Peso molecular	278.05 g/mol.	
Fórmula química	FeSO ₄ ·7H ₂ O	
Apariencia	Cristales verdosos	

COMPOSICIÓN QUÍMICA

PARÁMETROS	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO
Pureza, %	Mín. 98.0	Q-M-COM-10
Hierro, %	Mín. 19.0	Q-M-COM-10

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

PARÁMETROS	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO
Óxido de Titanio, %	Máx. 0.5	Q-M-LINS-16

CONTENIDO DE METALES

PARÁMETROS	ESPECIFICACIÓN	MÉTODO
Plomo, ppm	Máx. 120	Q-M-LINS-16
Cadmio, ppm	Máx. 3.0	Q-M-LINS-16
Mercurio, ppm	Máx. 1.0	Q-M-LINS-16
Arsénico, ppm	Máx. 40	Q-M-LINS-16



Imagen referencial.

PRESENTACIONES

Bolsa de 25 kg.

CONDICIONES DE USO Y ALMACENAJE



Almacenar sobre pallets



Mantener en lugares secos y bajo techo



Proteger del sol



No comer, beber, ni fumar.



Mantener fuera del alcance de niños y animales

Para información adicional, consultar con la hoja de seguridad del producto. Aris Industrial S.A. garantiza que al momento de emitir esta hoja técnica el producto cumple con la especificación declarada. Es responsabilidad del comprador determinar que el producto cumple con los requisitos para su uso, incluyendo mediante la realización de pruebas de aplicación, así como de tomar todas las medidas de seguridad razonables.

Fecha de emisión: 31/01/2024
Versión: 01

Av. Industrial 491 Lima, Perú
(511) 336 5428 A: 5517 | vquimicos@aris.com.pe | www.quimicos.aris.com.pe

98

Anexo 08: Fichas técnicas de equipos utilizados

- Lámpara UV de 16 W, modelo TUV T5.



TUV T5

TUV 16W FAM/10X25BOX

TUV T5 lamps are single- or double-ended UVC (germicidal) lamps used in professional water and air disinfection units. The small 16 mm diameter of the lamp allows for a small system design and design flexibility. TUV T5 lamps offer constant UV output over their complete lifetime, for maximum security of disinfection and high system efficacy.

Warnings and Safety

- A lamp breaking is extremely unlikely to have any impact on your health. If a lamp breaks, ventilate the room for 30 minutes and remove the parts, preferably with gloves. Put them in a sealed plastic bag and take it to your local waste facilities for recycling. Do not use a vacuum cleaner.
- DANGER: Risk Group 3 Ultra Violet product. These lamps emit high-power UV radiation that can cause severe injury to skin and eyes. Avoid eye and skin exposure to unshielded product. Use only in an enclosed environment which shields users from the radiation.
- Plants and/or materials that are exposed to UV-C and/or ozone for a long time may become damaged and/or discolored.

Product data

General Information		Lamp Current (Nom)	
Cap-Base	G5 [G5]		0.4 A
Main Application	Disinfection	Voltage (Nom)	43 V
Useful Life (Nom)	11000 h	Mechanical and Housing	
System Description	-	Cap-Base Information	-
Light Technical		Approval and Application	
Color Code	TUV	Mercury (Hg) Content (Nom)	4.4 mg
Color Designation	- [Not Specified]	UV	
Depreciation at Useful Lifetime	15 %	UV-C Radiation at 100 hr	4.0 W
Operating and Electrical			
Power (Nom)	15 W		

Datasheet, 2021, February 9

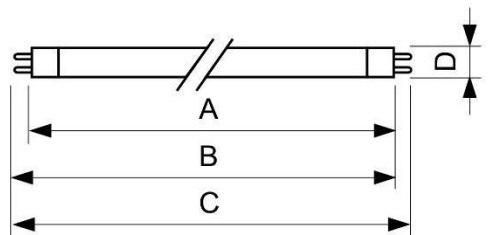
data subject to change

TUV T5

Product Data	
Full product code	871150063869427
Order product name	TUV 16W FAM/10X25BOX
EAN/UPC - Product	8711500638694
Order code	928002004013
Numerator - Quantity Per Pack	1

Numerator - Packs per outer box	250
Material Nr. (12NC)	928002004013
Net Weight (Piece)	25,700 g

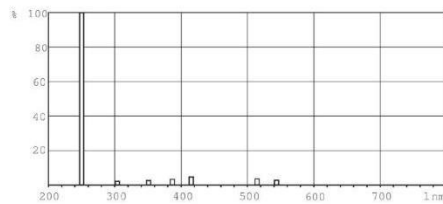
Dimensional drawing



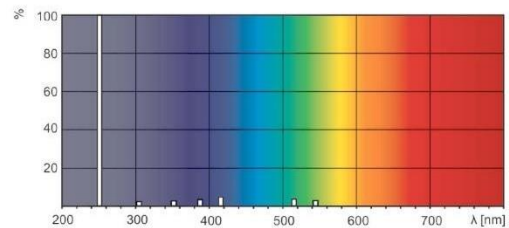
TUV 16W

Product	D (max)	B (max)	B (min)	C (max)	A (max)
TUV 16W FAM/10X25BOX	16 mm	295.4 mm	293 mm	302.5 mm	288.3 mm

Photometric data



XDPB_XUTUV-Spectral power distribution B/W



XDPO_XUTUV-Spectral power distribution Colour



© 2021 Signify Holding All rights reserved. Signify does not give any representation or warranty as to the accuracy or completeness of the information included herein and shall not be liable for any action in reliance thereon. The information presented in this document is not intended as any commercial offer and does not form part of any quotation or contract, unless otherwise agreed by Signify. Philips and the Philips Shield Emblem are registered trademarks of Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com
2021, February 9 – data subject to change

- Generador de ozono de 1 g/L, modelo AGUA-03-I1000T-M15.



NOMENGLATURA DE LOS MODELOS DE GENERADORES DE OZONO

WWW.INKAOZONO.COM
01 5562439
ventas@inkaozono.com

CAÑON-03-I2000T-(C)(D)(M60)

FUNCIÓN

GAS

REACTOR

TEMPORIZADO

FUNCIÓN	PUEDEN SER: AGUA, AIRE, CAÑON, DF. APLICACIONES EN AGUA, AIRE, ALIMENTOS, SUPERFICIES Y FOCALIZADOS.
GAS	OZONO
REACTOR	PRIMERA LETRA: I = INTERMITENTE, C = CONTINUO NUMEROS: PRODUCCIÓN EN MILIGRAMOS POR HORA ULTIMA LETRA: TIPO TUBO O PLACA, POR DESCARGA DE CORONA
TEMPORIZADO	TRES TIPOS DE TEMPORIZADORES, COMBINABLES ENTRE SI MECANICO (M): UN ENCENDIDO MANUAL UN APAGADO AUTOMATICO, REPRESENTADO POR LA LETRA "M" CICLICO (C): REPITE SIN PARAR UN CICLO DE ENCENDIDO Y APAGADO DIGITAL (D): HASTA 30 PROGRAMACIONES DE ENCENDIDO O 50 PULSOS DE 1 MINUTO







WWW.INKAOZONO.COM
01 5562439
ventas@inkaozono.com

FICHA TÉCNICA MODELOS LÍNEA ESTÁNDAR PARA AGUA O FOCALIZADOS								
	AGUA-03-I100T-M15	AGUA-03-I200T-M15	AGUA-03-I500T-M15	AGUA-03-I1000T-M15	AGUA-03-I100T-(C)(D)	AGUA-03-I200T-(C)(D)	AGUA-03-I500T-(C)(D)	AGUA-03-I1000T-(C)(D)
FABRICACIÓN	PRODUCTO PERUANO							
MARCA	INKAOZONO							
APLICACIÓN	OZONIZACIÓN DE AGUA Ó FOCALIZADA (Embolsado)							
PRODUCCIÓN O3*	100 mg/h	200 mg/h	500 mg/h	1000 mg/h	100 mg/h	200 mg/h	500 mg/h	1000 mg/h
DESINFECTAR AGUA**	<6 Litros	<12 Litros	<30 Litros	<60 Litros	<6 Litros	<12 Litros	<30 Litros	<60Litros
FOCALIZADO	Sugerido en recipientes (bolsas) menores de 10 a 100 Litros							
REACTOR DE O3	Tipo Tubo inoxidable + plástico + vidrio							
COMPRESOR AIRE	4 Lpm	4 Lpm	6 Lpm	8 Lpm	4 Lpm	4 Lpm	6 Lpm	8 Lpm
SALIDA O3	CONEXIÓN PARA MANGUERA TIPO TUBO							
MEDIDAS APROX.****	27 cm x 22 cm x 23 cm		37 cm X 22 cm X 23 cm		27 cm x 22 cm x 23 cm		37 cm X 22 cm X 23 cm	
TEMPORIZADOR	MECANICO (M), Un encendido manual y Un apagado automático.				CICLICO (C) ó DIGITAL (D), Programable para automatizar.			
CAJA/CHASIS	PASTICA Ó ACERO INOXIDABLE 304							
PATITAS	NO APLICA				PLASTICAS SOLO PARA CAJA DE ACERO INOX			
TIRADOR ó OREJAS	OREJAS PARA COLGAR				TIRADOR INOX 304 SOLO PARA CAJA DE ACERO INOX			
FUSIBLE	0.5 Amp		0.8 Amp		0.5 Amp		0.8 Amp	
INTERRUPTOR	ON / OFF							
VOLTAJE	220 V AC							
POTENCIA (W)	<30 W	<35 W	<40 W	<45 W	<30 W	<35 W	<40 W	<45 W
MANTENIMIENTO	Recomendado cada 6 meses							
ACCESORIOS	MANGUERA Y PIEDRA DIFUSORA							

*Producción sujeta a cambios por humedad relativa del aire y por temperatura del ambiente.
 **Se debe usar agua de una fuente potable, el tiempo mínimo de ozonización es 5 minutos, el recomendado 15 minutos.
 ***Medida referencial para 15 minutos de ozonización de agua potable. Se recomienda utilizar un medidor ORP para asegurar valores por encima de 450 Mv.
 ****Medidas sujetas a cambios sin previo aviso.

- Balanza analítica marca JERS, modelo MH-200.

Balanza Gramera Digital para Joyería Portátil

GENERICO 1000224859

FICHA TÉCNICA

Pantalla digital: Sí	Recomendaciones de uso: Joyería
Marca: Jers	Color: Plata
Modelo: MH-200 200g/0.01	Pantalla: LCD con retroiluminación
Tipos de alimentación: Pila	Calibración: Automática
Escala de medición: 0.01 - 200g	Función: TARE
Tamaño del bolsillo: 120x65x20mm	Apagado: Automático



- Turbidímetro marca BANTE, modelo TB 100.

TURBIDIMETRO / MEDIDOR DE TURBIDEZ TUB-430

EZDO




Descripción

El turbidímetro portátil es un dispositivo para medir la turbidez según el método de medición ISO 7027, utiliza un microprocesador para mediciones rápidas y precisas. Cuenta con unidades intercambiables tales como NTU, FTU, EBC y con una pantalla LCD de 45 x 25 mm para una lectura conveniente. La función de memoria almacena y recupera hasta 150 puntos. Además, posee una alarma de batería baja, apagado automático después de 10 minutos de inactividad. Incluye dos botellas de prueba de vidrio, agua destilada, conjunto de solución estándar: 0, 100, 800NTU, paño de limpieza, cubeta, batería y estuche de transporte.

Especificaciones

- **Rango de medición:** 0~19,99 NTU
20,0~199,9 NTU / 200~1000 NTU
- **Exactitud:** ±3% de lectura+1 dígito a <500 NTU
±5% de lectura+1 dígito a >500 NTU
- **Resolución:** 0,01 / 0,1 / 1 NTU
- **Respuesta:** <10 segundos
- **Operación en:** 0~50°C, <85% de humedad relativa
- **Muestra:** 10 ml
- **Pantalla digital LCD**
- **Temperatura de operación:** 0°-50°C
- **Fuente de alimentación:** Batería DC 1.5V (UM4, AAA) x 4
- **Dimensiones:** 70x135x65mm
- **Peso:** 168 gr
- **Procedencia:** TAIWAN

- Multiparámetro marca HANNA, modelo HI 98130.



Ficha Técnica del Producto Tester de pH/TDS/Conductividad rango alto

Hanna Instruments SAS
www.hannacolombia.com

Tester de pH/TDS/Conductividad rango alto

HI98130



Descripción

El **HI98130** hace que la medición de pH sea rápida y fácil. Este medidor de peso ligero e impermeable ofrece una alta precisión de pH, CE en el intervalo de 0.00 a 20.00 mS/cm, TDS de 0.00 a 10.00 ppt y mediciones de temperatura, en un solo medidor portátil. No requiere de más cambios entre medidores para realizar sus mediciones rutinarias.

Especificaciones

Rango de pH	0.0 a 14.0 pH
Resolución de pH	0.01 pH
Precisión de pH	±0.05 pH
Calibración de pH	Automática, en uno o dos puntos con dos juegos de estándares (pH 4.01 / 7.01 / 10.01 o pH 4.01 / 6.86 / 9.18)

Hanna Instruments SAS
www.hannacolombia.com

1

Compensación de temperatura pH	Automática
Rango CE	0.00 a 20.00 mS/cm
Resolución CE	0.01 mS/cm
Exactitud CE	±2% F.S.
Calibración CE	Automática, de un punto a
Rango TDS	0.00 a 10.00 ppt (g/L)
Resolución TDS	0.01 ppt (g/L)
Exactitud TDS	±2% F.S.
Calibración TDS	Automática, de un punto a
Compensación de temperatura CE/TDS	Automática con β ajustable de 0.0 a 2.4%/°C
Factor de conversión de CE a TDS	0.45 a 1.00
Rango de temperatura	0.0 a 60.0 °C / 32.0 a 140.0 °F
Resolución de temperatura	0.1 °C / 0.1 °F
Precisión de temperatura	±0.5°C / ±1°F
Electrodo de pH	HI73127 (reemplazable; incluido)
Tipo de batería/duración	1.5 V (4) / aprox. 100 horas de uso continuo, apagado automático después de 8 minutos sin uso
Ambiente	0 a 50 °C (32 a 122 °F); RH Max 100%
Dimensiones	163 x 40 x 26 mm (6.4 x 1.6 x 1.0")
Peso	100 g (3.5 oz.)

Accesorios

ELECTRODOS

- **HI73127** Electrodo para pH (Combo)

SOLUCIONES

- **HI70004P** Solución tampón con pH 4.01, bolsas de 20 ml (25)
- **HI70006P** Solución tampón con pH 6.86, bolsas de 20 ml (25)
- **HI70007P** Solución tampón con pH 7.01, bolsas de 20 ml (25)
- **HI70009P** Solución tampón con pH 9.18, bolsas de 20 ml (25)
- **HI70010P** Solución tampón con pH 10.01, bolsas de 20 ml (25)
- **HI70030P** Solución tampón de 12.88 mS/cm, bolsas de 20 ml (25)

- **HI70031P** Solución tampón de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, bolsas de 20 ml(25)
- **HI70032P** Solución tampón de 1382 mg/L (ppm), bolsas de 20 ml (25)
- **HI70038P** Solución tampón de 6.44 g/L (ppt), bolsas de 20 ml (25)
- **HI70442P** Solución tampón de 1500 mg/L (ppm), bolsas de 20 ml (25)
- **HI70300M** Solución para almacenar electrodos, 250 ml
- **HI7061M** Solución para almacenar electrodos, 250 ml

ACCESORIOS

- **HI73128** Herramienta remueve electrodo

Cómo pedir

El **HI98130** se suministra con el electrodo de pH **HI73127** y la herramienta de extracción de electrodos **HI73128**, baterías (4 x 1.5V) y manual de instrucciones.

Ventajas

El **HI98130** es un medidor de pH y temperatura muy preciso e impermeable que también puede medir CE/TDS en el intervalo alto (CE de 0.00 a 20.00 mS/cm/ TDS de 0.00 a 10.00 ppt). Este medidor a prueba de agua es fácil de leer, tiene pantalla LCD y apagado automático. Además, las lecturas de pH y CE/TDS son automáticamente compensadas por temperatura (ATC) para evitar variaciones en sus mediciones. Para las lecturas de CE/TDS el usuario puede seleccionar el factor de conversión (CONV), así como el coeficiente de compensación de temperatura β (BETA).

Cartucho de electrodo de pH reemplazable: El medidor **HI98130** cuenta con un cartucho de electrodo de pH fácil de reemplazar con unión de tela extraíble. La unión de tela extensible ayuda a aumentar la vida del electrodo y el cartucho reemplazable de pH significa que este medidor no necesita ser desechado cuando el sensor de pH está agotado. Además, el conector hace que no haya pines que se puedan doblar o romper.

Sonda de grafito de EC/TDS de alta precisión: La sonda de conductividad de grafito proporciona una mayor exactitud porque no se contamina con depósitos de sal que estén presentes en la solución. El sensor de temperatura en contacto con la muestra proporciona tiempos de respuesta rápidos y garantiza lecturas compensadas.

Características generales

-Nivel de la batería mostrado al inicio.

-3 sensores en un solo medidor

- Electrodo de pH con unión extraíble.
- Sensor amperométrico de EC/TDS.
- Sonda de temperatura expuesta para lecturas EC/TDS más rápidas.

-Compensación automática de temperatura:

- Todas las lecturas se compensan por las variaciones de temperatura
- Temperatura mostrada en °C o °F junto con lectura de pH, CE o TDS