

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN PUENTE PIEDRA, 2025

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autor:

Yackelyn Rosmery Rios Cruz

Asesor:

Mg. Ing. Anderson Alejandro Benites Zelaya

<https://orcid.org/0000-0001-5740-3626>

Lima - Perú

2025


JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	DENISSE MILAGROS ALVA MENDOZA
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	HANIEL JOSUE TORRES JOAQUIN
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	ANDERSON ALEJANDRO BENITES ZELAYA
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud

 Página 2 de 102 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega: trrcoid::13326158749




4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado

Fuentes principales

4%		Fuentes de Internet
1%		Publicaciones
2%		Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 Página 2 de 102 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega: trrcoid::13326158749

DEDICATORIA

Honro a tres personas que han sido importantes en mi etapa profesional.

A Edita Cruz Gonzales, quien ha sido mi mayor inspiración, mi mejor compañera hacia mi camino profesional y la única razón por la que continúo avanzando. Estoy eternamente agradecida contigo porque vi en ti cada esfuerzo que hiciste por mí y por enseñarme que cuando uno se propone una meta, debe terminar en lograrlo. Este logro es de las dos, ya que, sin ti, el camino habría sido mucho más estrecho para convertirme en lo que soy.

A mi querida hermana Aracely, que, aunque no esté físicamente conmigo en estos momentos, me ha dado la fortaleza para continuar adelante. Este logro es un homenaje a su presencia eterna en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Este logro es para mí hermosa madre Edita Cruz Gonzales, este logro es la respuesta de cada sacrificio, cada consejo y cada acto de amor incondicional. Agradezco su orientación al mostrarme que la perseverancia y la persistencia, son claves para lograr cualquier objetivo. Este trabajo también es un reflejo de toda la confianza que ha puesto constantemente en mí.

Para mi hermana, cuya memoria es una luz guía en la que confío todos los días. Aunque físicamente no está aquí, su presencia en mi corazón me ha proporcionado la resistencia de perseverar.

Para mi asesor, Anderson Alejandro Benites Zelaya, por su inquebrantable compromiso, paciencia y orientación a lo largo de este viaje. Su dedicación y experiencia fueron cruciales para la finalización exitosa de esta investigación, y su apoyo ha jugado un papel importante en mi desarrollo académico y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Justificación.....	15
1.3. Antecedentes	16
1.3.1. Antecedentes internacionales	16
1.3.2. Antecedentes Nacionales	18
1.4. Bases Teóricas.....	21
1.4.1. Aguas Residuales	21
1.4.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	23
1.4.3. Electrocoagulación.....	23
1.5. Formulación del Problema	29
1.5.1. Formulación del Problema General	29
1.5.2. Formulación de los problemas específicos	29
1.6 Objetivos	30

1.6.1. Objetivo General	30
1.6.2. Objetivos Específicos.....	30
1.7. Hipótesis.....	30
1.7.1. Hipótesis General	30
1.7.2. Hipótesis Específicas	31
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	32
2.1 Tipo de Investigación.....	32
2.1.1. Enfoque	32
2.1.2. Nivel de Investigación.....	32
2.1.3. Tipo	33
2.1.4. Diseño	33
2.2. Población y muestra	34
2.2.1. Población.....	34
2.2.2. Muestra.....	34
2.3. Materiales de laboratorio, equipo e insumo	35
2.4. Técnicas, instrumentos de recolección y método de análisis de datos.....	35
2.4.1. Técnicas.....	36
2.4.1.1. Revisión Bibliográfica	36
2.4.2. Instrumentos de recolección de datos	37
2.4.3. Método de Análisis de Datos	38

2.5. Procedimiento	38
2.5.1. Ubicación	38
2.6. Diseño Factorial	39
2.6.1. Obtención de la muestra analizar	40
2.6.2. Obtención del agua residual	41
2.7. Procedimiento Experimental	42
2.7.1. Diagrama del procedimiento del tratamiento empleado	42
2.7.2. Esquema de Agrupación para el Análisis de los Parámetros de Control	43
2.7.3. Análisis de los parámetros de control	44
2.8. Análisis Estadístico	45
2.9. Aspectos Éticos	46
CAPITULO III: RESULTADOS	47
3.1. Análisis Base del Agua Residual de Lavandería.....	47
3.2. Resultados de las 3 réplicas del tratamiento de electrocoagulación	47
3.3. Promedio del resultado de las 3 réplicas del tratamiento de electrocoagulación...	48
3.4. Porcentaje de reducción óptima y desviación estándar de la Demanda química de oxígeno (DQO)	49
3.5. Análisis Estadístico	50
IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES	58
4.1. Discusión.....	58

4.1.1. Implicancias	59
4.1.2. Limitaciones	60
4.2 CONCLUSIONES	60
4.2.1. Conclusión General:.....	60
4.2.2. Conclusiones Específicas:.....	60
4.2.3. Recomendaciones.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS	69

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Materiales, insumos y equipos empleados en las pruebas	35
<i>Tabla 2</i> Georreferenciación del punto de muestreo	39
<i>Tabla 3</i> Condiciones experimentales de los ensayos de electrocoagulación	40
<i>Tabla 4</i> Medición inicial de los parámetros	47
<i>Tabla 5</i> Resultados de la DQO bajo diferentes condiciones de voltaje y tiempo	47
<i>Tabla 6</i> Resultados de DQO con sus promedios para 10V y 20 V	49
<i>Tabla 7</i> Reducción óptima y desviación estándar de la Demanda química de oxígeno (DQO) ..	50
<i>Tabla 8</i> Planteamiento de hipótesis y nivel de significancia para prueba de homocedasticidad	52
<i>Tabla 9</i> Análisis de varianza	54
<i>Tabla 10</i> Resumen del modelo	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Proceso de electrocoagulación</i>	25
Figura 2 <i>Configuración Paralelo</i>	27
Figura 3 <i>Configuración Bipolar</i>	28
Figura 4 <i>Localización Geográfica de la Lavandería Industrial</i>	34
Figura 5 <i>Diagrama de flujo del ensayo de electrocoagulación</i>	43
Figura 6 <i>Agrupación para el análisis de los parámetros de control</i>	44
Figura 7 <i>Concentraciones de DQO resultantes de los ensayos de Electrocoagulación</i>	48
Figura 8 <i>Prueba de normalidad</i>	51
Figura 9 <i>Análisis de homocedasticidad (prueba de Levene)</i>	52
Figura 10 <i>Análisis de independencia de los residuos del modelo de regresión</i>	53
Figura 11 <i>Gráfico de los residuos para remoción del a demanda química de oxígeno</i>	55
Figura 12 <i>Diagrama de Pareto</i>	55
Figura 13 <i>Grafica de efectos principales del porcentaje de reducción de la demanda química de oxígeno</i>	56
Figura 14 <i>Grafica de interacción para porcentaje de reducción</i>	57

RESUMEN

El incremento de descargas de aguas residuales provenientes de lavanderías industriales en el distrito de Puente Piedra constituye un problema ambiental significativo, debido a su elevado contenido de demanda química de oxígeno (DQO), asociado principalmente al uso de detergentes, grasas y aceites de difícil degradación. Ante esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad del método de electrocoagulación en la reducción de la DQO en aguas residuales de lavandería. Para ello, se diseñó un sistema experimental empleando electrodos de hierro y aluminio, con variaciones de voltaje (10 V y 20 V) y tiempos de tratamiento (15, 25 y 35 minutos). Se aplicaron pruebas de normalidad (Anderson–Darling), homocedasticidad (Levene) e independencia (Durbin-Watson), así como un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial para determinar la significancia estadística de los factores evaluados. Los resultados evidenciaron que la condición óptima se alcanzó con 20 V y 35 minutos, logrando una remoción máxima de DQO del 97,24 %. En conclusión, la electrocoagulación constituye una técnica eficaz y viable para el tratamiento de aguas residuales de lavanderías industriales, contribuyendo a mejorar la calidad ambiental.

Palabras Claves

Electrocoagulación, demanda química de oxígeno, agua residual de lavandería

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Además, la gestión inadecuada de estos vertidos ya sea que se viertan sin tratamiento o con tratamientos insuficientes, no solo viola la normativa vigente, sino que también conduce a una degradación extrema en el agua que sería los receptores, cuando existe presencia de la DQO se debe evaluar la calidad de agua y caracterizar estas aguas para poder estimar la totalidad de oxígeno equivalente necesario que se requiere para transformar esta materia orgánica e inorgánica oxidable. En los cuerpos de agua naturales, la materia orgánica se descompone gracias a los microorganismos, y durante este proceso, se gasta el oxígeno disuelto que está en el agua. Cuando el oxígeno disuelto baja, las cosas se ponen muy malas para la vida acuática: se mueren los peces y otras especies, se rompe el equilibrio de los ecosistemas, se afectan las cadenas alimentarias y, para colmo, pueden aparecer condiciones anaeróbicas, lo que lleva a la producción de gases tóxicos y olores bien desagradables (Dirk, 2015).

La electrocoagulación trae consigo un montón de beneficios que se destaca por eficiente y por su valor económico frente a otras tecnologías de tratamiento. Por su capacidad en manejar efluentes complicados sin necesidad de agregar productos químicos externos es una gran ventaja tanto económica como ambiental. Esto significa que se eliminan los costos de comprar, almacenar y dosificar reactivos. Además, también he de mencionar que reduce la cantidad de lodos químicos voluminosos y altamente peligrosos que se generan. Los lodos que se producen con electrocoagulación tienden a ser más densos y ocupan menos espacio, lo que facilita mucho su deshidratación. Esto simplifica su manejo y disposición final, y como bonus, ayuda a disminuir significativamente el impacto ambiental del proceso en general. Por otro lado, la electrocoagulación es realmente efectiva para eliminar la materia orgánica difícil de tratar, así

como aceites, grasas y otros contaminantes persistentes que interfieren en que la cantidad de DQO se incremente en las aguas residuales de lavanderías industriales. Además, su flexibilidad permite aplicarla a distintos tipos de efluentes, no solo a los de lavanderías (Perez, 2018).

En tercer lugar, una de las características más relevantes para esta investigación es que se tiene una gran facilidad en acceder a la manipulación como el voltaje que se utiliza y los tipos de electrodos (ya sea hierro, aluminio, entre otros), la configuración del reactor (monopolar o bipolar) y el tiempo de tratamiento, se pueden ajustar y optimizar de forma muy precisa. Esto permite maximizar la eliminación de DQO y otros contaminantes, adaptándose a las características específicas de cada efluente, esta habilidad de ajuste fino es lo que hace que la electrocoagulación sea tan efectiva en diferentes situaciones, e incluso puede funcionar bien en un amplio rango de pH. Esto reduce o, en algunos casos, elimina la necesidad de esos molestos y costosos pretratamientos para ajustar el pH, que son bastante comunes en otros métodos. Por otro lado, en Puente Piedra existe un crecimiento urbano y comercial impresionante en las últimas décadas. Con esta expansión, también ha aumentado notablemente el número de lavanderías industriales. Esto se debe a la creciente demanda de servicios de lavado de textiles no solo de hoteles y restaurantes, sino también de hospitales y de la gente en general. Sin embargo, aunque el auge de las lavanderías está moviendo la economía local, también ha traído consigo un problema ambiental, como por ejemplo descargas de aguas provenientes de lavandería con altas concentraciones de DQO y otros contaminantes. Los sistemas de tuberías no están diseñados para lidiar de manera efectiva con la carga contaminante tan diversa y específica de estos efluentes industriales (Rioja, 2023).

Debido a esta situación, es de suma urgencia investigar y proponer soluciones efectivas para un tratamiento adecuado de estas aguas residuales generadas por lavanderías industriales en

Puente Piedra. Además, se debe implementar tecnologías para un tratamiento seguro y eficaz, desde la fuente para disminuir la carga sobre la infraestructura municipal, protegiendo de esa manera los ríos y canales de drenaje que, al final, terminan desembocando en el mar. Por lo tanto, contribuirá significativamente a las comunidades cercanas. Por eso, investigar cómo aplicar la electrocoagulación en este contexto tiene mucho sentido. El objetivo aquí es ofrecer una solución técnica que sea realizable y eficaz para tratar estas aguas residuales que causan un daño irremediable. Dado el desafío mencionado y el potencial que tiene la electrocoagulación, este trabajo se enfatiza en reducir la DQO de estas aguas residuales provenientes de una lavandería industrial ubicada en Puente Piedra. Mediante el proceso de Electrocoagulación, se pretende alcanzar este objetivo, donde se diseñará y se utilizará un sistema experimental de electrocoagulación, donde se empleará variables operacionales como el tiempo (15, 25 y 35min) y el voltaje (15 V y 20 V) (Tovilla,2009).

1.2. Justificación

La contaminación del agua es un problema global significativo, un caso especialmente complicado son las aguas residuales de las lavanderías industriales, donde existe una alta concentración de (DQO) si no se trata de manera adecuada, estas descargas pueden perjudicar a los ecosistemas acuáticos por el agotamiento de oxígeno disuelto y, además, afectaría y sería un riesgo para la salud de la población. En Puente Piedra, están surgiendo cada vez más lavanderías industriales, y eso trae consigo un montón de efluentes que tienen una alta carga de DQO. Esto, evidentemente, está poniendo bastante presión sobre el sistema de saneamiento que ya tenemos. Por eso, es crucial encontrar soluciones de tratamiento que funcionen y que podamos implementar de manera local. Por ello, se pretende utilizar el método de electrocoagulación para bajar la DQO en estas aguas residuales, esta tecnología será de mucha ayuda para reducir

coagulantes directamente en el agua, sin necesidad de añadir químicos externos. Esto no solo ayuda a reducir costos, sino que también bajara la cantidad de lodos que genere (Hernández, 2019).

La electrocoagulación es realmente efectiva para lidiar con la materia orgánica difícil de tratar, así como con las grasas y aceites, que son los principales culpables de la DQO. Además, su flexibilidad permite ajustar los parámetros de operación de manera que se optimice su rendimiento. Este estudio no solo va a enriquecer nuestro conocimiento teórico sobre cómo tratar efluentes complicados, sino que, en la práctica, también ofrecerá datos útiles para que se implemente de manera directa en las lavanderías. Esto va a ayudarles a cumplir con la normativa ambiental en Perú. Al reducir efectivamente la DQO se tendrá un ambiente más seguro, al mismo tiempo que promovemos prácticas industriales más responsables (Meliton & Miyashiro, 2022).

1.3. Antecedentes

1.3.1. Antecedentes internacionales

Según Moussavi, G., & Mahmoudi, M. (2009), nos indica que el tratamiento de electrocoagulación híbrida le ayudo a disminuir la DQO y que esta técnica es bastante efectiva para eliminar contaminantes persistentes, como los tensioactivos y los microplásticos. En el estudio, se analizó qué tan bien funcionaba este sistema cuando se combinaba con procesos de oxidación avanzados, utilizó electrodos de aluminio en una configuración monopolar, en diferentes tiempos (10 y 30 minutos) y voltajes (15 V y 30 V), obtuvo una reducción del 85 % en la eliminación de turbidez y más del 90 % en la reducción de microplásticos.

Según Gündoğdu, S., & Çevik, C. (2017), Las aguas residuales suelen tener una buena cantidad de sólidos, detergentes y sustancias orgánicas en suspensión que necesitan un tratamiento adecuado antes de poder ser liberadas. Este estudio se llevó a cabo para ver si la electrocoagulación podría ser una alternativa eficaz para eliminar los contaminantes en los desechos de lavandería. Se utilizó la electrocoagulación, también se utilizó una fuente de poder, un reactor con electrodos de aluminio y hierro, organizados de manera bipolar y paralela. Se evaluaron varios parámetros, como el tiempo de tratamiento (15 y 30 minutos), los voltajes aplicados (10 y 25 V) y la concentración inicial de los contaminantes. Los resultados fueron bastante prometedores, porque hubo una eliminación total de sólidos suspendidos entre un 70 % y un 90 %, dependiendo de cómo se combinaron los diferentes parámetros. En resumen, la electrocoagulación se caracteriza por ser efectivo para tratar el agua de lavandería, logrando reducir significativamente los contaminantes sin requerir un consumo de energía excesivo.

Según Gündoğdu, S., & Çevik, C. (2017), se ha comprobado que el tratamiento del agua de lavandería usando un proceso de electrocoagulación híbrida es súper efectivo para eliminar contaminantes permanentes, como los microplásticos. Su enfoque era analizar si era eficiente o no el sistema de electrocoagulación cuando se combina con procesos de oxidación avanzados en cuanto a la calidad del agua tratada. En la prueba, se utilizaron electrodos de aluminio en una configuración monopolar, haciendo corridas de 10 y 30 minutos, con un voltaje de 15 y 30 V. El resultado fue de 85 % y la reducción de microplásticos superó el 90 %. En definitiva, se concluyó que usar procesos híbridos mejora bastante la eficiencia del tratamiento en comparación con la electrocoagulación convencional.

1.3.2. Antecedentes Nacionales

De acuerdo con Sarmiento y Torres (2024), menciona que se enfocaron en reducir la DQO y la turbidez de las aguas residuales de una lavandería industrial, utilizaron el método de electrocoagulación con un coagulante natural (Moringa Oleifera). Para llevar a cabo el experimento, se montó una celda de electrocoagulación donde usó dos voltajes de 12 V y 24 V, tiempos (15 y 30 min). Recolectaron 24.5 litros de aguas residuales para hacer los ensayos. Los resultados que obtuvieron fue una reducción del 80%, al principio tenía un valor de 1050.5 mg/L, con un voltaje de 24V y el tiempo fue de 30 min, junto con el coagulante de Moringa Oleifera y también hubo una reducción significativa en la turbidez, que llegó al 71%. Este estudio resalta lo valioso que puede ser combinar la electrocoagulación con coagulantes naturales para mejorar la reducción de DQO en estos tipos de efluentes.

Según Vera (2023), la electrocoagulación con coagulantes sintéticos reduce la concentración de DQO de las aguas que provienen de lavanderías, utilizando electrodos de aluminio y acero inoxidable. Para ello, realizaron una prueba para concluir la intensidad de corriente eficiente y la separación que debía existir entre electrodos, pero manteniendo un tiempo constante de 15 minutos. Al empezar, se comprobó que el efluente tenía una DQO de 1095 PT-Co Color. Luego de hacer varios ensayos, se encontró que el tratamiento más efectivo (T-05) consiguió una reducción máxima de DQO del 63.94 % con una intensidad de (4 amperios) y la distancia entre electrodos fue (0.8 mm). Por lo tanto, se llegó a concluir que la electrocoagulación es eficiente para reducir la DQO.

Según Ayuque (2022), menciona que la gran demanda de aguas residuales sin tratar ha generado un daño en la mejoría del agua a nivel mundial. En este contexto, realizó un estudio sobre el método de electrocoagulación con muestras de aguas industriales de dos lavanderías

industriales en Huancavelica. Analizó factores como el tiempo de retención, la intensidad de corriente, para reducir la demanda química de oxígeno (DQO), el pH y la temperatura. Donde concluyo que la intensidad de corriente de 40 A en muestras de 3 litros, mostraron que tanto el tiempo como la intensidad de corriente tienen un impacto importante en la reducción de la DQO. La DQO inicial en la primera lavandería fue de 1308.00 mg/L, la cual se redujo a 366.50 mg/L, en la segunda lavandería, fue de 1333.50 mg/L a 348.50 mg/L, donde el tiempo óptimo para lograr esta reducción fue de 5 minutos, con un flujo de 0.6 L/min y una intensidad de corriente de 40A. Esto resalta tanto la significativa disminución de la DQO como la efectividad del método de electrocoagulación.

Según Reátegui (2019) indica que su trabajo fue mejorar la calidad del agua, enfocándose a reducir contaminantes de los efluentes de lavandería que son destinados por los alcantarillados. Realizó un análisis del efluente y su valor inicial de DQO es de 1592.6 mg/L, además de otros parámetros como SST, fosfatos, detergentes y turbidez. Para realizarlo, utilizó el método de electrocoagulación donde uso electrodos de aluminio y los resultados fueron bastante alentadores. Logró una remoción máxima del 72.3 % en DQO, luego al analizar el efecto del material del ánodo, observó que, al emplear hierro o una combinación de aluminio y hierro, la remoción de DQO sería óptimo, alcanzando un 92.5 % con el sistema Fe-Fe a los 30 minutos. Además, cuando se realizaron pruebas a flujo con ánodos de hierro, concluyó que el caudal óptimo es de 0.6 L/min y una densidad de corriente de 0.8 A/dm². Con ello, logró una remoción del 84.45 % en DQO. Este estudio subraya lo relevante que es la electrocoagulación como una técnica efectiva para mejorar la calidad del agua, lo que sin duda contribuye a la sostenibilidad ambiental.

Según Cuba et al. (2019), menciona que analizaron la electrocoagulación para que sea una alternativa mejor que los métodos químicos para tratar las aguas residuales de lavandería, y la idea era que se pudieran usar para regar vegetales. Para hacerlo, usaron el método Taguchi y se fijaron en cuatro factores importantes: la intensidad, el tiempo, la distancia y el pH. A través de su análisis de varianza (ANOVA), descubrieron que el tiempo y la intensidad eran los que más influían en el proceso de remoción. En condiciones optimizadas, con 5 A de intensidad, 15 min, 2 cm de distancia de los electrodos y un pH de 7.5, lograron tasas de eliminación impresionantes: un 99.02 % para la turbidez y un 90.83 % para el consumo de oxígeno químico (DQO), por lo tanto, los resultados de remoción de DQO superaron lo que marcan las normativas peruanas (D.S. N° 004-2017 – MINAM Categoría 3) para el riego de hortalizas.

Según Gonzales, L. (2024), dice que la electrocoagulación es bastante efectiva para reducir la (DQO) y (DBO) en aguas residuales industriales. En su estudio, evaluaron la efectividad para eliminar estos parámetros provenientes de una lavandería en San Pedro de Saños, utilizaron electrodos de aluminio y hierro, también una configuración bipolar. Además, se analizaron varias variables, como el tiempo de tratamiento (20 y 40 minutos), intensidad de corriente (15 y 25 mA/cm²). Los resultados fueron altamente llamativos, mostrando una reducción del 85% en DQO y del 92 % en DBO. Esto indica que el proceso es eficaz cuando se deja a más tiempo controlando la intensidad de la corriente. En conclusión, la electrocoagulación es una alternativa de mejora para el tratamiento de aguas residuales industriales, logrando eliminar una gran cantidad de contaminantes.

Según Ramon (2021) indica que realizó un estudio de observar y experimentar para reducir (SST) en aguas residuales de lavandería, al principio, superaban los límites establecidos para la calidad ambiental que resulto 296.5 mg/L, lo que solo se permite es hasta 100 mg/L en la

Categoría 4). Usó una corriente eléctrica de 3 amperios durante 20 minutos, logró eliminar el 89.43 % de los SST. Por otro lado, al aplicar 2 amperios durante 10 minutos, la remoción fue del 81.48 %. En ambos casos, logró bajar los SST en el que está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Por lo tanto, tuvo una gran eficacia (más del 80 %) lo que respalda la electrocoagulación como una técnica efectiva para quitar partículas de los efluentes de lavandería, lo cual ayuda también a reducir la materia orgánica que contribuye a la demanda química de oxígeno (DQO).

1.4. Bases Teóricas

1.4.1. Aguas Residuales

Según Ramon (2021), El agua residual se refiere al volumen de recursos hídricos empleados por la actividad humana que, al carecer de un tratamiento apropiado, configura un riesgo significativo para el ecosistema. Su composición química y biológica es diversa, albergando una gama de sustancias y microorganismos cuya particularidad depende de su fuente. Estos desechos líquidos, que en ocasiones incluyen elementos tóxicos, son capaces de generar escenarios de contaminación, especialmente cuando se descargan en el ambiente sin un procesamiento previo. Esta problemática de polución es una consecuencia directa del imparable crecimiento industrial y la proliferación urbana, ya que el aumento de la densidad poblacional y la intensificación de sus actividades conllevan a una mayor emisión de contaminantes procedentes del sector agrícola, industrial y urbano, saturando progresivamente la capacidad de autodepuración de los ecosistemas naturales.

1.4.1.1. Volumen del agua residual

El volumen de las aguas residuales es variable y depende de factores como los parámetros de descarga y las precipitaciones. En este contexto, la pluviometría es crucial para

evaluar estas fluctuaciones, dado que el flujo de residuos líquidos se ve afectado por oscilaciones condicionadas por la generación anual y mensual, donde el consumo de agua es mayor en verano debido a actividades como el aseo, la ingesta y la recreación; la generación semanal, que muestra un incremento en el consumo de agua en ciertos días, con variaciones significativas a nivel industrial; y la generación diaria, que registra un mayor vertimiento de agua residual, tanto doméstica como industrial, durante el día en comparación con la noche (Mendez,2020).

1.4.1.2. Clasificación

La clasificación de los contaminantes de las aguas residuales se aborda considerando que los suministros de agua se originan en tres categorías: aguas superficiales, subterráneas y meteorológicas. Desde el punto de vista del tratamiento, las aguas residuales son aquellas que han sido utilizadas por el ser humano para satisfacer sus necesidades o que se han emitido como residuos líquidos tras su uso. Se comprende que el agua pura no se encuentra de forma natural; al entrar en contacto con el aire, el suelo o la actividad humana, adquiere impurezas y se contamina, lo que puede ocasionar enfermedades y perjuicios. Además, el agua que ha sido retirada y luego retornada estará contaminada de una u otra forma. (Leiva,2024).

1.4.1.3. Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales

Los diversos tipos de tratamiento de aguas ya sean residuales, grises o para consumo humano, implican una serie de procesos escalonados para eliminar contaminantes y mejorar su calidad. Inicialmente, el pretratamiento elimina sólidos grandes y partículas gruesas. Seguido por el tratamiento primario, donde se asientan sólidos suspendidos y se reduce parte de la materia orgánica. El tratamiento secundario, o biológico, utiliza microorganismos en sistemas como lodos activados o filtros biológicos para degradar la materia orgánica disuelta. Opcionalmente, el

tratamiento terciario o avanzado emplea técnicas como filtración (con arena, carbón activado o membranas), desinfección (con cloro, ozono o UV) y adsorción para eliminar contaminantes específicos o alcanzar una calidad de agua superior. Además de estos, la aireación y la coagulación química son fundamentales para eliminar compuestos volátiles y agrupar partículas, mientras que el intercambio iónico remueve iones específicos (Hernandez, 2018).

1.4.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

1.4.2.1. Definición

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se refiere a la cantidad de oxígeno que la materia orgánica presente en el agua necesita para ser descompuesta o degradada, esta materia orgánica, al ser abundante, estimula el crecimiento de bacterias y hongos que consumen el oxígeno disuelto. El consumo de oxígeno por parte de los microorganismos reduce la disponibilidad de oxígeno vital para la fauna y flora acuática, lo que puede alterar la calidad del agua, puede elevar su pH y, en consecuencia, provocar la desaparición de peces y plantas. La DBO es una medida indirecta de la contaminación orgánica en cuerpos de agua, ya sean corrientes o estancados (Lecca y Lizzama, 2014).

1.4.3. Electrocoagulación

1.4.3.1. Definición

La electrocoagulación es un proceso de tratamiento de aguas residuales que, similar a la coagulación química, se basa en la aplicación de corriente eléctrica a un ánodo de sacrificio, generalmente de aluminio (Al) o hierro (Fe). Esta corriente provoca la electrodisolución del ánodo, liberando iones que forman una variedad de hidróxidos, oxihidróxidos e hidróxidos poliméricos de Fe o Al. Estos compuestos actúan como coagulantes, desestabilizando y adsorbiendo contaminantes suspendidos, disueltos o emulsionados en el agua, así como

eliminando metales pesados mediante adsorción, complejación y coprecipitación (Gonzales, 2024).

El proceso también induce la formación de partículas más grandes, al permitir la recolección de iones de carga opuesta, se favorece por la disociación de iones como sulfato de aluminio o cloruro férrico, lo que promueve la coalescencia de las partículas. La corriente eléctrica, al estabilizar la carga negativa de las partículas suspendidas, facilita su remoción. Además, la electrocoagulación puede oxidar directamente o indirectamente la materia orgánica y generar burbujas de hidrógeno en el cátodo, lo que ayuda a la flotación de los flóculos formados. En resumen, es un método eficaz para desestabilizar contaminantes en un medio acuático mediante la introducción de una corriente eléctrica, utilizando generalmente electrodos de hierro o aluminio y el propio agua o aguas residuales como electrolito (Chinchay y Guardia, 2023).

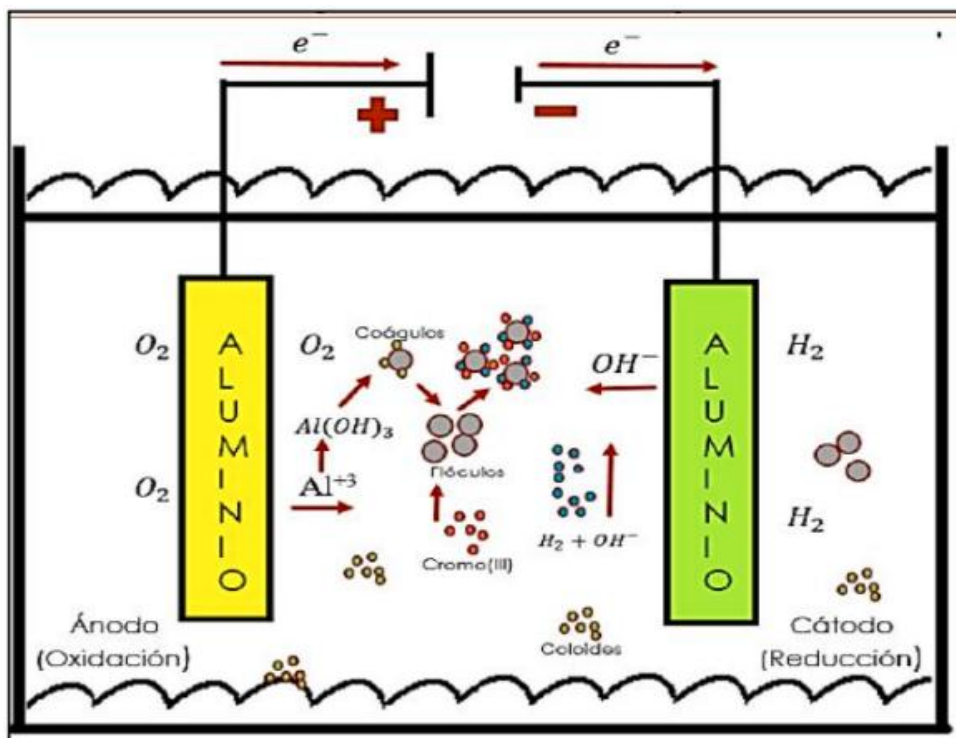
1.4.3.2. Proceso de Electrocoagulación

Se observa que la electrocoagulación es un proceso que se desarrolla en varias fases sucesivas, la primera etapa consiste en la creación de agentes coagulantes directamente en el agua. Esto se logra al disolver el metal del ánodo (un electrodo, típicamente de hierro o aluminio) en el mismo instante en que se aplica una corriente eléctrica. Simultáneamente, en el cátodo (el otro electrodo), se generan iones hidroxilo y gas hidrógeno. Estos iones metálicos liberados, junto con los hidroxilos, actúan como los coagulantes, facilitando el siguiente paso. La segunda fase es la desestabilización de los contaminantes. En esta etapa, los coagulantes recién formados en el agua "neutralizan" las cargas de las partículas contaminantes, lo que permite que estas se agrupen y formen aglomerados más grandes. Este proceso también ayuda a que las partículas suspendidas se unan y que las emulsiones (mezclas de líquidos que normalmente no se

mezclan, como aceite en agua) se rompan. Para ello, se utilizan placas de metal (hierro o aluminio) como "electrodos de sacrificio", ya que se disuelven continuamente para liberar los iones necesarios que precipitan y aglomeran los contaminantes, preparándolos para su posterior remoción (Aguilar y Soto, 2021).

Figura 1

Proceso de electrocoagulación



Nota: Diseño conceptual y construcción de un electrocoagulador controlado por LabView, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Electroquímica Ambiental, Bogotá. Beltrán K. (2015)

1.4.3.3. Factores que Influyen en el Proceso

La eficacia del proceso de electrocoagulación depende de tres factores principales: la intensidad de corriente, que no solo incrementa el consumo de energía (especialmente en aguas con alta conductividad), sino que también es crucial porque determina la cantidad de iones de aluminio y hierro liberados por los electrodos, los cuales son fundamentales para la coagulación; la distancia entre electrodos, ya que una separación excesiva reduce la atracción electrostática y ralentiza el movimiento de los iones, afectando la formación de grumos con los contaminantes; y el tiempo de tratamiento, que al ser prolongado, favorece una mayor formación de sólidos coagulados y una liberación más abundante de gases que ayudan a la flotación y crecimiento de los flóculos (Ramón, 2021).

1.4.3.4. Tipo y Configuración de Electrodos

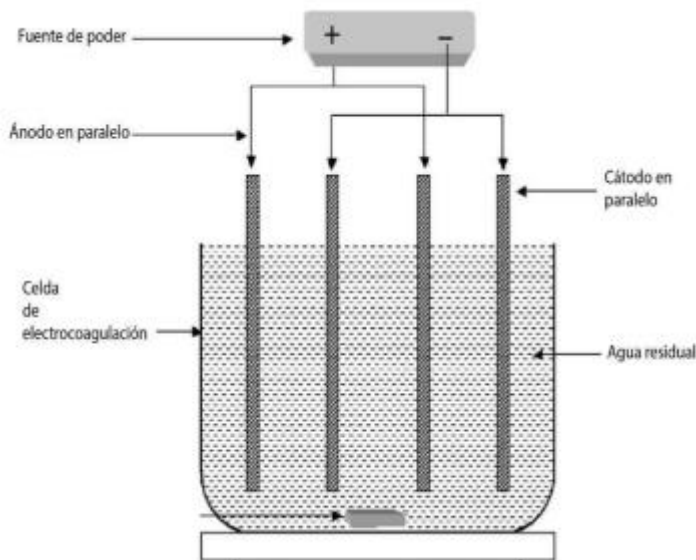
1.4.3.4.1. Configuración Paralela de Electrodos Monopolares

En los reactores de electrocoagulación, cuando se emplea una configuración de electrodos en paralelo, ya sea monopolar o bipolar, se optimiza la distribución de corriente y el aprovechamiento de la energía. Estos reactores operan con un volumen constante y requieren que el agua fluya de forma continua. Una de sus principales ventajas es su bajo costo y simplicidad en la operación, aunque las condiciones internas pueden variar con el tiempo, por lo que se recomienda usar electrodos con una gran superficie para favorecer la liberación de iones y lograr una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes. En el caso de los electrodos monopolares conectados en paralelo, la corriente eléctrica se reparte entre todos los electrodos en función de la resistencia de cada celda, facilitando un mejor rendimiento eléctrico. En contraste, los sistemas con configuración monopolar en serie, aunque no pertenecen al tipo paralelo, sirven como

comparación, ya que requieren voltajes más altos debido a su mayor resistencia. Este tipo de diseño en paralelo es compatible con operaciones a temperaturas de hasta 60 °C, manteniendo condiciones favorables para el proceso de electrocoagulación (Salazar,2017).

Figura 2

Configuración Paralelo



Nota: Ruiz, P. S. (2017). Prototipo de una celda de electrocoagulación abastecida con energía fotovoltaica para tratamiento de aguas residuales en la industria minera [Trabajo de grado no publicado]. Corporación Universitaria Minuto de Dios.

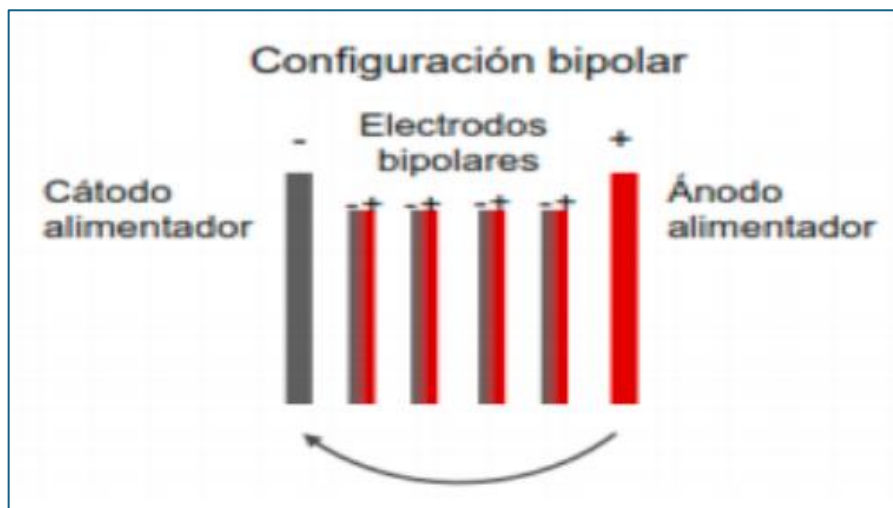
1.4.3.4.2. Configuración Paralela de Electrodo Bipolar

Otra alternativa en el diseño del reactor batch de electrocoagulación es la configuración bipolar en paralelo, donde los electrodos intermedios adquieren carga positiva o negativa según su ubicación dentro del sistema. Esta disposición permite que varios electrodos actúen como elementos de sacrificio simultáneamente, optimizando el proceso de remoción de contaminantes.

En este tipo de arreglo, se pueden emplear tres electrodos de sacrificio, y su operación se caracteriza por requerir una menor intensidad de corriente, pero un voltaje más elevado, lo que contribuye a una distribución más eficiente del campo eléctrico en el reactor (Vasquez, 2019).

Figura 3

Configuración Bipolar



Nota: Representación de la configuración bipolar en el proceso de electrocoagulación.

Adaptado de Mollah et al. (2000).

1.4.3.5. Ventajas y Desventajas de la Electrocoagulación

La electrocoagulación presenta significativas ventajas. Es un método que requiere equipos sencillos y es fácil de operar, ofreciendo una notable flexibilidad en su funcionamiento. Permite obtener agua potable, clara y sin olores, y elimina la necesidad de almacenar y manipular productos químicos. Una de sus grandes fortalezas es la generación de lodos más compactos y en menor cantidad, lo que simplifica considerablemente su disposición final. Los flóculos formados son superiores a los producidos químicamente: son de mayor tamaño, retienen menos agua, son más estables y se separan fácilmente por filtración. Además, los lodos

resultantes están libres de magnesio y el proceso demuestra una alta eficacia para eliminar una gran variedad de contaminantes, contribuyendo a una reducción de la contaminación en los cuerpos de agua. Sin embargo, la electrocoagulación también tiene ciertas desventajas. Una de ellas es la necesidad de reponer los electrodos de sacrificio periódicamente. Asimismo, los lodos pueden contener altas concentraciones de hierro y aluminio, dependiendo del material de los electrodos. Este método no es efectivo para remover la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) soluble proveniente de solventes y anticongelantes. Finalmente, el consumo de electricidad puede representar un costo considerable en algunos lugares (Vasquez, 2019).

1.5. Formulación del Problema

1.5.1. Formulación del Problema General

¿Cuál es el efecto del método por electrocoagulación, mediante la variación del tiempo de tratamiento y del voltaje aplicado, en la disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales industriales de una lavandería en Puente Piedra durante el año 2025?

1.5.2. Formulación de los problemas específicos

- ¿Cuál es el valor inicial de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales de una lavandería industrial en Puente Piedra antes de aplicar el tratamiento de electrocoagulación?
- ¿Cuál es la combinación óptima de voltaje y tiempo de tratamiento que permite maximizar la reducción de la DQO mediante electrocoagulación?
- ¿Cuál es el porcentaje de reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) alcanzado mediante diferentes combinaciones de voltaje y tiempo en el proceso de electrocoagulación?

1.6 Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del método de electrocoagulación, mediante la variación del tiempo de tratamiento y del voltaje aplicado, en la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales industriales de una lavandería en Puente Piedra durante el año 2025.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la concentración inicial de DQO en las aguas residuales de una lavandería industrial en Puente Piedra antes del tratamiento por electrocoagulación.
- Determinar la combinación de voltaje y tiempo de tratamiento que permita maximizar la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales industriales mediante electrocoagulación.
- Calcular el porcentaje de reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) alcanzado tras la aplicación del método de electrocoagulación bajo diferentes condiciones experimentales.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

El método de electrocoagulación, mediante la variación del tiempo de tratamiento y el voltaje aplicado, reduce significativamente la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales que vienen de una lavandería industrial en el distrito de Puente Piedra en 2025.

1.7.2. Hipótesis Específicas

- Las aguas residuales de la lavandería industrial en Puente Piedra presentan concentraciones iniciales de DQO elevadas que pueden ser significativamente reducidas mediante el tratamiento por electrocoagulación.
- Existe una combinación óptima de voltaje y tiempo de tratamiento que permite maximizar la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) en aguas residuales mediante electrocoagulación.
- El uso de diferentes combinaciones de tiempo y voltaje en el proceso de electrocoagulación logrará un cambio notable en la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales de la lavandería.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

2.1.1. Enfoque

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se recopilaron y analizaron datos numéricos obtenidos de las pruebas experimentales.

Cely et al. (2023) menciona que el enfoque cuantitativo se aplica a procesos que pueden medirse o cuantificarse, generando datos numéricos. Este enfoque busca resultados objetivos y deductivos a partir de las mediciones, con el propósito de dar respuesta a cada pregunta de investigación planteada. Este enfoque se ajusta perfectamente a este estudio, porque se busca medir y cuantificar cuán efectivo es el método de electrocoagulación para que exista una reducción de (DQO) en las aguas residuales de una lavandería industrial. Para lograrlo, se va a recopilar de manera sistemática datos numéricos, como los valores de DQO, tanto al inicio como al final del proceso, y bajo distintas condiciones de operación de la electrocoagulación. Luego, se analizará esos resultados estadísticamente para averiguar cuán efectivo fue el tratamiento, ver cómo se relacionan las variables que manipulamos con los resultados que observamos y, en última instancia, poder aplicar nuestros hallazgos a situaciones similares.

2.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación del presente estudio es explicativo, debido a que busca determinar la relación de causalidad entre las variables independientes (voltaje y tiempo de tratamiento) y la variable dependiente (reducción de la DQO en aguas residuales). Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la investigación explicativa se orienta a responder por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiestan sus causas, estableciendo vínculos

de causa-efecto entre las variables estudiadas. En este caso, el estudio pretende explicar cómo la aplicación de la electrocoagulación incide directamente en la disminución de la carga contaminante de las aguas residuales industriales.

2.1.3. Tipo

El tipo de investigación es aplicada, dado que busca solucionar un problema concreto relacionado con la contaminación de aguas residuales de lavanderías industriales. Según Vera (2023), menciona que la investigación aplicada, se distingue por su enfoque en analizar la realidad social para implementar sus hallazgos en la mejora de estrategias y acciones específicas, este proceso fomenta la creatividad y la innovación al aplicar el conocimiento adquirido, también genera nuevo saber a través de la sistematización de prácticas basadas en la investigación. De esta manera, busca consolidar el conocimiento y sus resultados, proporcionando una forma rigurosa y organizada de entender e intervenir en la realidad, el tipo es aplicada.

2.1.4. Diseño

El diseño es experimental, porque se manipularon deliberadamente las variables independientes (voltaje y tiempo) para observar su efecto en la variable dependiente (reducción de DQO). Según Ramos (2021), el diseño experimental se caracteriza por la manipulación de la variable independiente, con el propósito de establecer relaciones de causa y efecto en condiciones controladas. En este sentido, el presente estudio se enmarca en este diseño, al utilizar un reactor de electrocoagulación construido para evaluar de manera precisa el comportamiento de las variables bajo estudio.

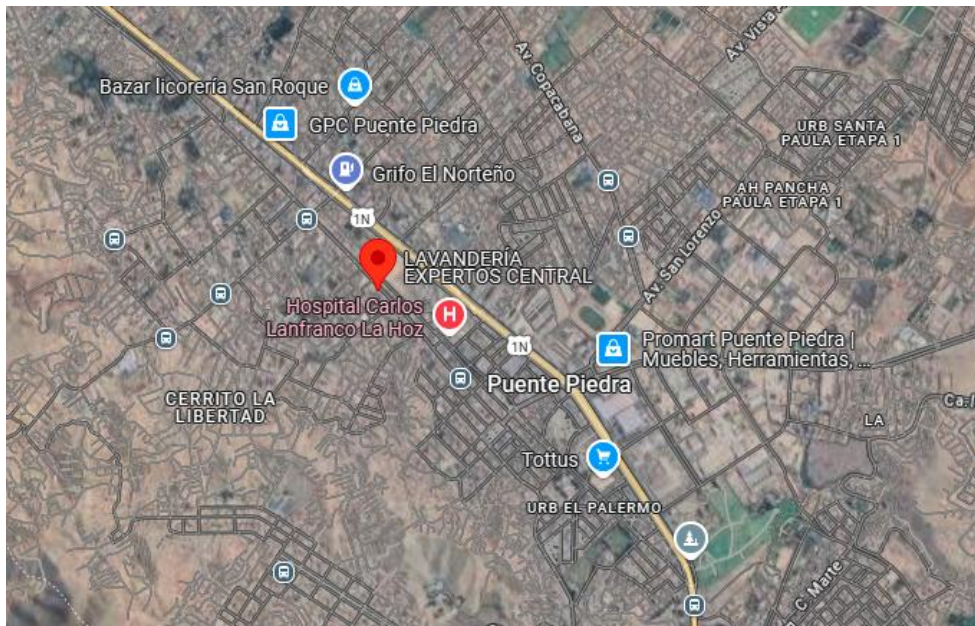
2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población del estudio son los efluentes de las lavanderías industriales del distrito de Puente Piedra. De esta población, la muestra se extrajo de una lavandería específica, cuya ubicación se detalla en la Figura 4.

Figura 4

Localización Geográfica de la Lavandería Industrial



Nota. Mapa que muestra la ubicación de la Lavandería Industrial. Adaptado de Google Earth (2025).

2.2.2. Muestra

La muestra estaba formada por 24 litros de agua residual recogidos de una lavandería en el distrito de Puente Piedra, Lima, Perú.

2.3. Materiales de laboratorio, equipo e insumo

Tabla 1

Materiales, insumos y equipos empleados en las pruebas

Categoría	Material/insumo/equipo	Descripción	Cantidad
Materiales	Vaso de precipitados	50 ml	19
	Piseta	500 ml	1
Insumos	Guantes de nitrilo	Desechable y resistente	3
	Agua destilada	500 ml	1
	Electrodo de aluminio	20 cm × 1.5 cm	3
	Electrodo de hierro	20 cm × 1.5 cm	3
	Cocodrilo	3 positivos y 3 negativos	6
	Cinta aislante	Para proteger empalmes de los cables	1
Equipos	Fuente de poder	Pelltron DC Power Supply 305D	1
	Turbidímetro	Medición de la turbidez	1
	Medidor de TDS	Medición de TDS	1

Nota: La tabla presenta los materiales, insumos y equipos empleados en el montaje experimental

2.4. Técnicas, instrumentos de recolección y método de análisis de datos

Se empleó dos técnicas principales: la revisión bibliográfica y la técnica experimental. La revisión bibliográfica consistió en recopilar información académica y científica de fuentes confiables, como artículos, tesis y documentos técnicos, con el fin de sustentar teóricamente la investigación. Por su parte, la técnica experimental se centró en la aplicación del método de electrocoagulación en muestras de aguas residuales industriales, variando los parámetros de voltaje y tiempo de tratamiento. Estas técnicas se apoyaron en instrumentos de laboratorio y el análisis externo de DQO mediante el método de dicromato de potasio, siguiendo estándares internacionales.

2.4.1. Técnicas

Según Maya (2014), menciona que las técnicas son procedimientos metódicos y organizados que dirigen al investigador, facilitando la ampliación del conocimiento existente y también la formulación de futuras indagaciones, estas herramientas son aplicables en cualquier campo del saber que busque una interpretación lógica y científica de los sucesos y realidades circundantes. Las técnicas empleadas fueron: revisión bibliográfica y técnica experimental, las cuales son detalladas a continuación.

2.4.1.1. Revisión Bibliográfica

Se llevó a cabo una búsqueda a fondo de fuentes académicas y científicas para respaldar teóricamente el estudio y entender mejor cómo funciona el método de electrocoagulación. En esta revisión, se revisaron informes técnicos, artículos científicos, revistas especializadas y estudios anteriores que abordan el tratamiento de aguas residuales industriales, especialmente las de lavanderías, así como la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a través de los procesos de electrocoagulación.

2.4.1.2. Técnica Experimental

El desarrollo de la técnica experimental se basó en aplicar el método de electrocoagulación sobre las muestras de aguas residuales industriales. Para ello, se procedió a la recolección de dichas muestras en la lavandería del distrito de Puente Piedra, las cuales fueron trasladadas a un lugar de experimentación personal para su tratamiento. La ejecución del proceso de electrocoagulación se llevó a cabo utilizando una celda de diseño propio, variando los parámetros de tiempo de tratamiento (15, 25 y 35 minutos) y voltaje (10 V y 20 V). Para evaluar la efectividad de cada tratamiento, se tomaron 19 muestras que fueron enviadas al laboratorio externo especializado, los análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se realizaron en el

laboratorio SLAB. Adicionalmente, las mediciones de turbidez y TDS se efectuaron en los laboratorios de la Universidad Privada del Norte.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

2.4.2.1. Instrumentos

Según Hernández y Duana (2020) los instrumentos de recolección de datos son herramientas o medios que facilitan el proceso de investigación, en conjunto con las técnicas de recolección de información, permite examinar y transformar los datos en información valiosa, lo cual es fundamental para extraer conclusiones y apoyar la toma de decisiones.

2.4.2.1.1. Ficha de Registro y Cadena de Custodia - Pre-experimento

Este instrumento, que brindado por el laboratorio SLAB Perú, fue fundamental para manejar la información de las muestras iniciales. Nos ayudó a llevar un registro ordenado de la codificación y a identificar correctamente los parámetros que íbamos a analizar, sobre todo la (DQO), se envió al laboratorio externo. Además, se utilizó una ficha de registro aparte para anotar las condiciones de línea base de otros parámetros, como la turbidez y los Sólidos Disueltos Totales (TDS).

2.4.2.1.2. Ficha de Registro y Cadena de Custodia - Post experimento

Para garantizar la trazabilidad y fiabilidad de los resultados de laboratorio, se empleó una ficha de registro y una cadena de custodia para las muestras de agua tratada. Este procedimiento es fundamental para documentar de manera precisa y organizada los datos de las concentraciones finales de Demanda Química de Oxígeno (DQO), turbidez y Sólidos Totales Disueltos (TDS).

La cadena de custodia, proporcionada por el laboratorio SLAB, aseguró el control estricto del muestreo post-tratamiento. Este protocolo incluyó la codificación y la identificación unívoca

de cada muestra, garantizando que los parámetros analizados (DQO, turbidez, TDS) correspondieran de forma fehaciente al tratamiento experimental específico al que fueron sometidos. Este riguroso control es esencial para que los resultados obtenidos sean válidos y puedan ser sometidos a una validación de expertos. Estos expertos fueron los Ing. Anderson Benites y Jairo Pinedo, quienes hicieron la validación correspondiente (Ver Anexo 12 – Validación de expertos).

2.4.3. Método de Análisis de Datos

Los datos recopilados durante la investigación pasaron por un análisis estadístico para interpretarlos y evaluar qué tan efectivo es el método de tratamiento que proponemos. Se usó estadística descriptiva para resumir y presentar los números en forma de tablas y gráficos, lo que facilita la comprensión. Además, se realizó (ANOVA) de dos factores para observar si existía relaciones coherentes entre las medias de los resultados obtenidos. Esto ayudó a entender cómo las variables de voltaje y tiempo de reacción afectaron el porcentaje de reducción de la DQO, se utilizó análisis estadístico con el software Minitab.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Ubicación

El estudio se realizó en una lavandería industrial, que se encuentra en la Av. Buenos Aires, en el distrito de Puente Piedra, Lima. Para recolectar las muestras de agua residual, se determinó un lugar específico dentro de las instalaciones de la lavandería. Se empleó un GPS para fijar las coordenadas exactas de este punto, la cuales se encuentran disponibles en la tabla 2.

Tabla 2

Georreferenciación del punto de muestreo

Punto	Coordenadas
L-EC-01	11° 51' 43.14" S 77° 4' 53.81" W

2.6. Diseño Factorial

Se empleó un diseño factorial completo 3×2 con réplicas, lo que nos ayudó a analizar cómo el tiempo de tratamiento y el voltaje aplicado afectan juntos la reducción de (DQO) en las aguas residuales de lavandería industrial. Este diseño abarcó:

- Factor A: Tiempo de tratamiento (15, 25 y 35 minutos).
- Factor B: Voltaje aplicado (10 V y 20 V).
- Variable dependiente: porcentaje de reducción de DQO.
- Electrodo utilizados: Hierro (Fe) y Aluminio (Al), en configuración combinada (3 Al y 3 Fe).
- Número total de tratamientos: 3 niveles (tiempo) × 2 niveles (voltaje) × 3 repeticiones = 18 ensayos.

Según Luicho (2020), la fórmula que se utiliza para calcular el porcentaje de remoción

$$E = \frac{(S_0 - S_f)}{S_0} \times 100$$

Las muestras se analizaron tanto antes como después del tratamiento para determinar la DQO, la turbidez y los sólidos disueltos totales (TDS). Luego, se procesaron los datos de manera

estadística haciendo un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial, usando el software Minitab versión 18 y también Excel.

Tabla 3

Condiciones experimentales de los ensayos de electrocoagulación

Número de ensayo	Voltaje (V)	Tipo de electrodos	Número de electrodos	Tiempo (min)
MA-1	10	Fe (3) + Al (3)	6	15
MA-2	10	Fe (3) + Al (3)	6	25
MA-3	10	Fe (3) + Al (3)	6	35
MA-4	10	Fe (3) + Al (3)	6	15
MA-5	10	Fe (3) + Al (3)	6	25
MA-6	10	Fe (3) + Al (3)	6	35
MA-7	10	Fe (3) + Al (3)	6	15
MA-8	10	Fe (3) + Al (3)	6	25
MA-9	10	Fe (3) + Al (3)	6	35
MB-1	20	Fe (3) + Al (3)	6	15
MB-2	20	Fe (3) + Al (3)	6	25
MB-3	20	Fe (3) + Al (3)	6	35
MB-4	20	Fe (3) + Al (3)	6	15
MB-5	20	Fe (3) + Al (3)	6	25
MB-6	20	Fe (3) + Al (3)	6	35
MB-7	20	Fe (3) + Al (3)	6	15
MB-8	20	Fe (3) + Al (3)	6	25
MB-9	20	Fe (3) + Al (3)	6	35

Nota: En esta Tabla 3, se observa que fueron realizados con dos niveles de voltaje (10V en los N° de ensayo de MA y 20V en los N° de ensayo de MB), y se realizó en diferentes tiempos de 15, 25 y 35 minutos.

2.6.1. Obtención de la muestra analizar

Este apartado describe el procedimiento para la recolección de muestras de agua ya tratada, correspondientes al sobrenadante del reactor de electrocoagulación tras cada ensayo. Para la totalidad de los experimentos, la celda de electrocoagulación se llenó con 4 litros de agua residual por cada corrida, realizando un total de seis llenados (6 corridas experimentales). De

cada una de estas corridas, y mientras el proceso se mantenía activo, se extrajeron muestras representativas del sobrenadante en tres tiempos de reacción predefinidos: a los 15 minutos, 25 minutos y 35 minutos desde el inicio de la operación. Una vez obtenida cada muestra en los tiempos específicos, estas fueron acondicionadas en recipientes estériles y debidamente etiquetadas con la identificación de la corrida, el voltaje aplicado y el tiempo de muestreo. Inmediatamente después de su recolección, una porción de estas muestras se utilizó para los análisis directos de pH, TDS y turbidez en el Laboratorio de Biología de la Universidad Privada del Norte. Las porciones designadas para el análisis de DQO fueron preservadas según los estándares establecidos (ej., mediante refrigeración y/o adición de ácido sulfúrico) y enviadas al laboratorio externo SLAB para su posterior evaluación, garantizando su integridad y representatividad hasta el momento del análisis. Es importante destacar que, para cada una de estas muestras recolectadas en los tiempos de 15, 25 y 35 minutos, se prepararon tres réplicas analíticas para el análisis de DQO, con el fin de asegurar la robustez y consistencia estadística de los resultados.

2.6.2. Obtención del agua residual

La materia prima principal para la investigación, el agua residual de lavandería fue recolectada directamente de una instalación industrial ubicada en el distrito de Puente Piedra. Para asegurar la representatividad de la materia prima a lo largo de todos los ensayos, se obtuvo un volumen total de 24 litros de efluente. La recolección se realizó en bidones de polietileno limpios y estériles, los cuales fueron previamente enjuagados con el mismo efluente para minimizar cualquier contaminación externa. Tras su recolección, el agua residual fue transportada al laboratorio bajo condiciones controladas, principalmente mediante refrigeración, con el objetivo de preservar sus características fisicoquímicas y biológicas, evitando su

alteración antes de ser utilizada en los experimentos de electrocoagulación y su caracterización inicial. Esta muestra inicial sirvió como la base para todas las corridas experimentales de tratamiento.

2.7. Procedimiento Experimental

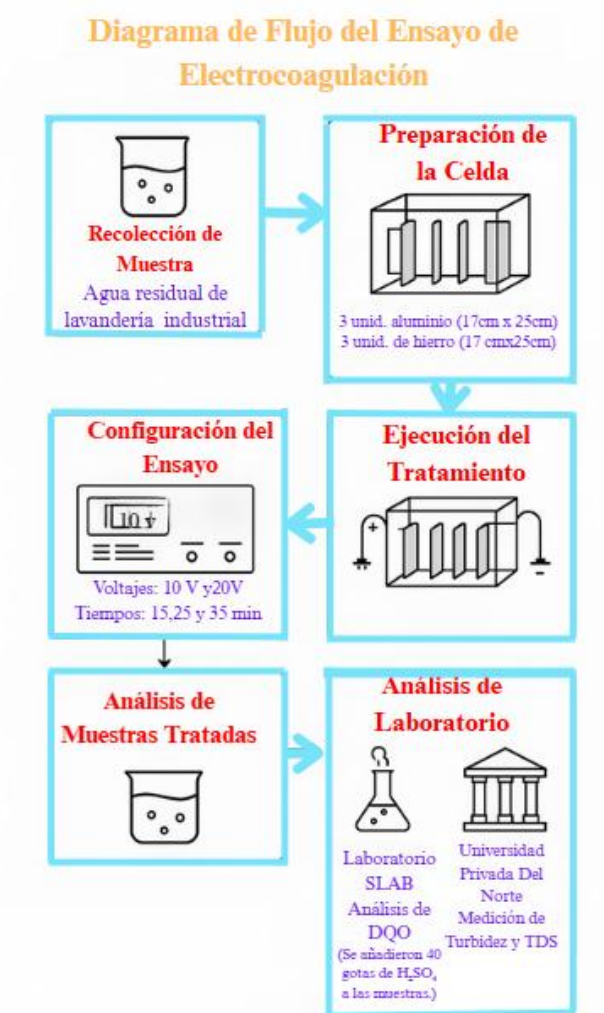
El procedimiento experimental incluyó la recolección de aguas residuales de una lavandería industrial en Puente Piedra, su tratamiento en un reactor de electrocoagulación con electrodos de aluminio y hierro, y la variación de las condiciones de voltaje (10 V y 20 V) y tiempo de exposición (15, 25 y 35 minutos). Las muestras recolectadas fueron analizadas en cuanto a DQO.

2.7.1. Diagrama del procedimiento del tratamiento empleado

Este diagrama muestra, de manera cronológica y operativa, los pasos que se realizaron a en el experimento de tratamiento de aguas residuales de una lavandería fue la electrocoagulación por lotes. Todo comienza cuando se recibe y carga el agua residual cruda, que proviene directamente de una lavandería industrial en Puente Piedra, en un reactor de electrocoagulación que fue diseñado y fabricado exclusivamente para este proyecto. Después, pasamos a la fase activa de electrocoagulación, donde se aplica un voltaje y un tiempo específicos (especificados en el diagrama adjunto) que vienen de una fuente de poder, conectados a los electrodos que están sumergidos en el reactor. Esto provoca que se generen, en el mismo lugar, agentes coagulantes que hacen que se formen flóculos. Luego de esta etapa, hay un periodo de reposo y sedimentación en el mismo reactor, donde los flóculos pueden decantarse. Por último, el proceso termina con la extracción de la muestra de agua tratada a través del caño del reactor para que pueda ser analizada en cuanto a DQO (Ver Figura 5). Además, se maneja de manera adecuada los lodos residuales que se han sedimentado.

Figura 5

Diagrama de flujo del ensayo de electrocoagulación

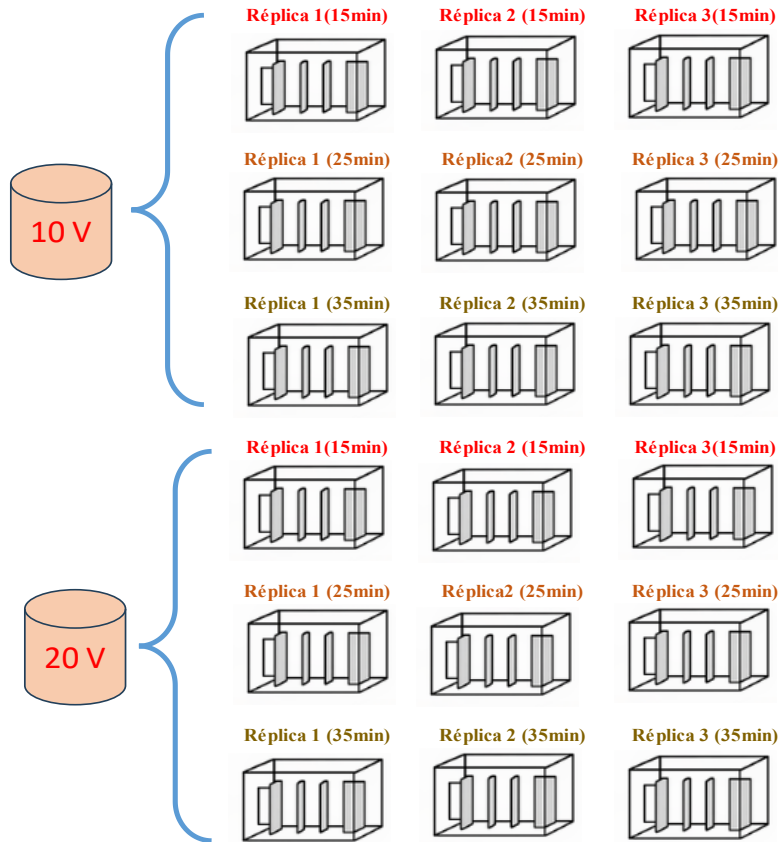


2.7.2. Esquema de Agrupación para el Análisis de los Parámetros de Control

El diagrama presenta el esquema de muestreo y análisis de la (DQO), organizado por condición experimental de voltaje y tiempo en el proceso de electrocoagulación. Para cada combinación específica de voltaje y tiempo de reacción, se obtienen tres réplicas de la muestra de agua tratada, las cuales son sometidas individualmente a la medición de la DQO para demostrar fiabilidad y validez estadística en los resultados (Ver Figura 6).

Figura 6

Agrupación para el análisis de los parámetros de control



Nota: Se observa que se realizó por triplicado, en tres tiempos de 15min, 25min y 35 min, con dos voltajes de 10V y 20V.

2.7.3. Análisis de los parámetros de control

Al terminar el proceso de electrocoagulación las muestras se proceden a realizar la medición del parámetro de DQO, es importante recalcar que estos procedimientos son elaborados y aplicados para los 18 tratamientos más la muestra inicial, en total sería 19 muestras.

2.7.3.1. Demanda química de oxígeno (DQO)

Las muestras, tanto las iniciales como las que fueron tratadas, se preservaron correctamente y fueron enviadas al laboratorio externo SLAB para su análisis. Para medir la DQO, se usaron métodos estandarizados que consisten en la oxidación química de la materia orgánica que hay en la muestra, la metodología empleada por el laboratorio para la determinación de la DQO fue el método de dicromato de potasio por digestión cerrada y espectrofotometría, conforme a los procedimientos establecidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 5220 D. Esta metodología permite determinar la carga contaminante del efluente de manera precisa y reproducible.

2.8. Análisis Estadístico

Los resultados estadísticos fueron procesados empleando el software Microsoft Excel (cálculo de medias y desviaciones estándar). Posterior a ello se realizó la estadística inferencial en el software Minitab, siendo las pruebas de normalidad, homocedasticidad e independencia las realizadas en un principio, y posterior a la validación de las hipótesis con estas pruebas, se realizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de dos factores para observar si existía relaciones coherentes entre las medias de los resultados obtenidos y validar o rechazar las hipótesis planteadas.

2.9. Aspectos Éticos

Para esta investigación, se siguieron estrictos principios éticos y científicos. Se aseguró la originalidad y se evitó el plagio mediante la correcta citación según APA 7ma edición. La veracidad de los datos se garantizó con procedimientos estandarizados y el uso de instrumentación calibrada. Las mediciones de pH y conductividad (TDS) se realizaron en el Laboratorio de Biología de la Universidad Privada del Norte con un medidor Hach HQ40d, cuya calibración fue certificada el 02/04/2024 por OMEGA PERU S.A. El análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se llevó a cabo en el laboratorio externo SLAB. Este control metodológico riguroso y la calibración de equipos aseguran la fiabilidad y autenticidad de los resultados.

CAPITULO III: RESULTADOS

3.1. Análisis Base del Agua Residual de Lavandería

Los resultados obtenidos del agua línea base (sin tratamiento) se presentan en la Tabla 04, siendo el resultado inicial de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 1219 mg/L.

Tabla 4

Medición inicial de los parámetros

Parámetros	Unidad	Valor
TURBIDEZ	NTU	1555
DQO	mg/L	1219
TDS	mg/L	1654

3.2. Resultados de las 3 réplicas del tratamiento de electrocoagulación

En la tabla 05 se presenta los resultados de la DQO obtenidos después del tratamiento de electrocoagulación.

Tabla 5

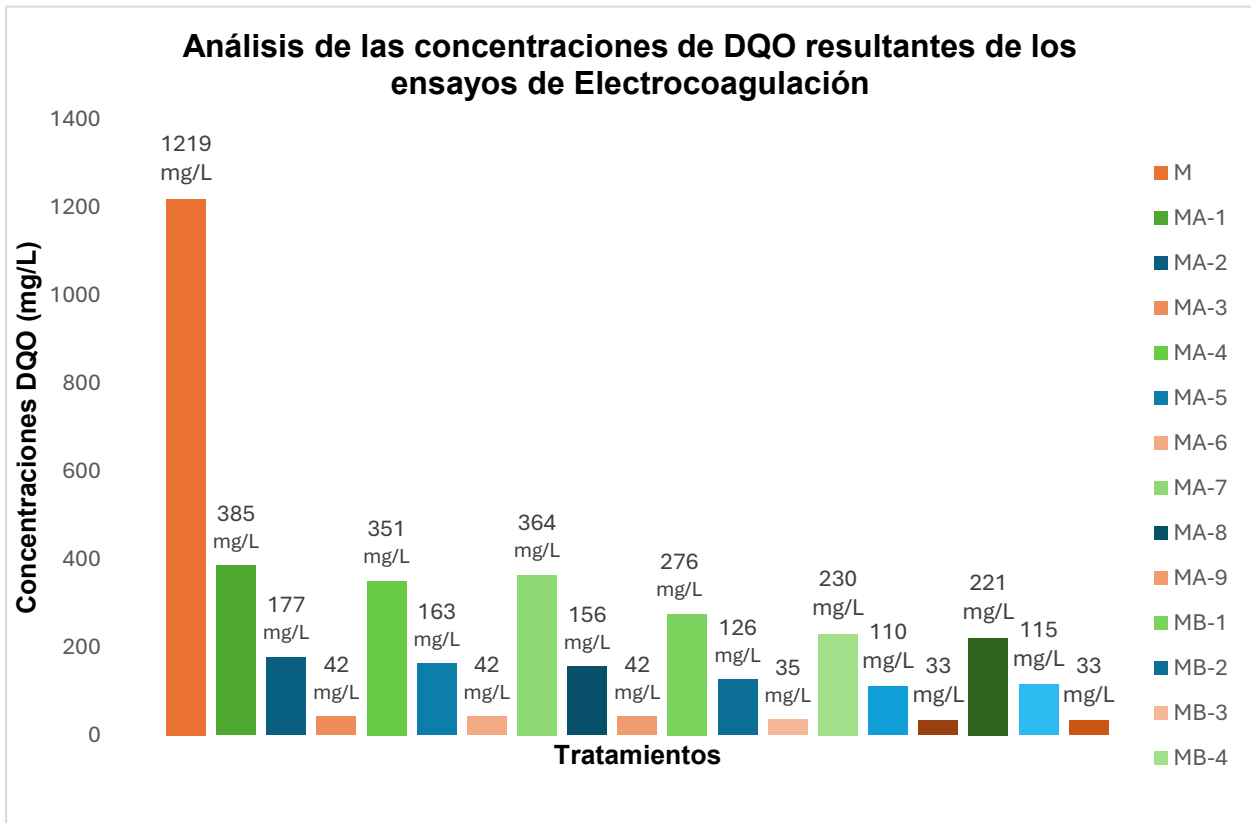
Resultados de la DQO bajo diferentes condiciones de voltaje y tiempo

Voltaje	Tiempo (min)	Código	DQO (mg/L)
—	—	M	1219
10 V	15	MA-1	385
10 V	25	MA-2	177
10 V	35	MA-3	42
10 V	15	MA-4	351
10 V	25	MA-5	163
10 V	35	MA-6	42
10 V	15	MA-7	364
10 V	25	MA-8	156
10 V	35	MA-9	42
20 V	15	MB-1	276
20 V	25	MB-2	126
20 V	35	MB-3	35
20 V	15	MB-4	230
20 V	25	MB-5	110
20 V	35	MB-6	33
20 V	15	MB-7	221
20 V	25	MB-8	115
20 V	35	MB-9	33

Nota: DQO = Demanda química de oxígeno

Figura 7

Concentraciones de DQO resultantes de los ensayos de Electrocoagulación



Nota: Se observa una concentración inicial de DQO de 1219 mg/L antes del tratamiento. Tras la aplicación de diversos tratamientos de electrocoagulación, las concentraciones de DQO disminuyen significativamente, alcanzando valores tan bajos como 33 mg/L.

3.3. Promedio del resultado de las 3 réplicas del tratamiento de electrocoagulación

En la tabla 6 se muestra el promedio de los valores obtenidos por cada réplica después del proceso de electrocoagulación

Tabla 6

Resultados de DQO con sus promedios para 10V y 20 V

Tratamiento	Voltaje (V)	Tiempo (min)	Código	DQO (mg/L)	Promedio de la DQO (mg/L)
M (muestra inicial)	–	–	M	1219	1219.00
A1	10	15	MA-1	385	366.67
			MA-4	351	
			MA-7	364	
A2	10	25	MA-2	177	165.33
			MA-5	163	
			MA-8	156	
A3	10	35	MA-3	42	42.00
			MA-6	42	
			MA-9	42	
B1	20	15	MB-1	276	242.33
			MB-4	230	
			MB-7	221	
B2	20	25	MB-2	126	117.00
			MB-5	110	
			MB-8	115	
B3	20	35	MB-3	35	33.67
			MB-6	33	
			MB-9	33	

Nota: DQO = Demanda química de oxígeno

3.4. Porcentaje de reducción óptima y desviación estándar de la Demanda química de oxígeno (DQO)

En la tabla 7 se muestran los resultados de porcentaje de reducción obtenido durante los experimentos.

Tabla 7

Reducción óptima y desviación estándar de la Demanda química de oxígeno (DQO)

Tratamiento	Voltaje (V)	Tiempo (min)	Código	DQO (mg/L)	% reducción de DQO	Desviación estándar
M (muestra inicial)	–	–	M	1219	–	–
A1	10	15	MA-1	385	69.92	± 17.16
			MA-4	351		
			MA-7	364		
A2	10	25	MA-2	177	86.44	± 10.69
			MA-5	163		
			MA-8	156		
A3	10	35	MA-3	42	96.55	± 0.00
			MA-6	42		
			MA-9	42		
B1	20	15	MB-1	276	80.12	± 29.50
			MB-4	230		
			MB-7	221		
B2	20	25	MB-2	126	90.40	± 8.19
			MB-5	110		
			MB-8	115		
B3	20	35	MB-3	35	97.24	± 1.15
			MB-6	33		
			MB-9	33		

Nota: Se observa que el mayor porcentaje de reducción es de 97.24 %.

3.5. Análisis Estadístico

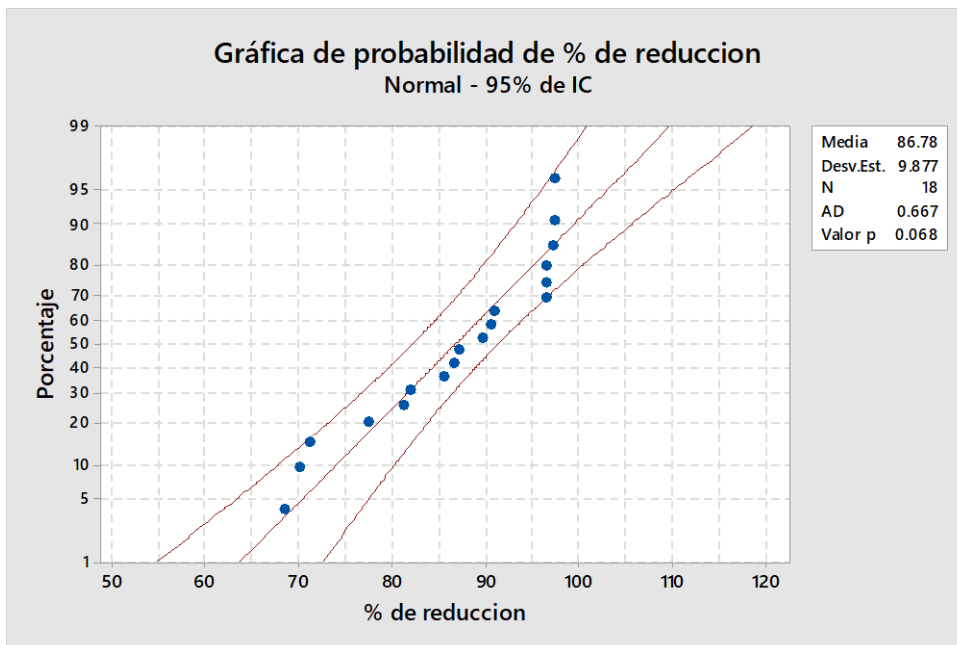
Para el análisis estadístico se aplicaron pruebas de normalidad (Anderson–Darling), homocedasticidad (Levene) e independencia (Durbin-Watson). Posteriormente, se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial con un nivel de significancia de 0.05, utilizando el software Minitab 18, lo que permitió evaluar la significancia estadística de los factores estudiados y de su interacción.

Prueba de normalidad

En la figura 8 se puede observar el gráfico de la prueba de normalidad.

Figura 8

Prueba de normalidad



La gráfica de probabilidad muestra que los datos del porcentaje de reducción de la DQO siguen una distribución normal, lo cual se verifica visualmente por la alineación de los puntos dentro del intervalo de confianza del 95 % (líneas rojas). El valor de la prueba de Anderson-Darling ($AD = 0.667$) y el valor $p = 0.068$ (> 0.05) indican que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Por tanto, los datos son aptos para realizar análisis estadísticos paramétricos como el ANOVA.

Prueba de homogeneidad de varianza (homocedasticidad)

La prueba de homocedasticidad presenta las siguientes hipótesis (Ver tabla 8). De igual forma en la figura 9 se observa la prueba de Levene.

Tabla 8

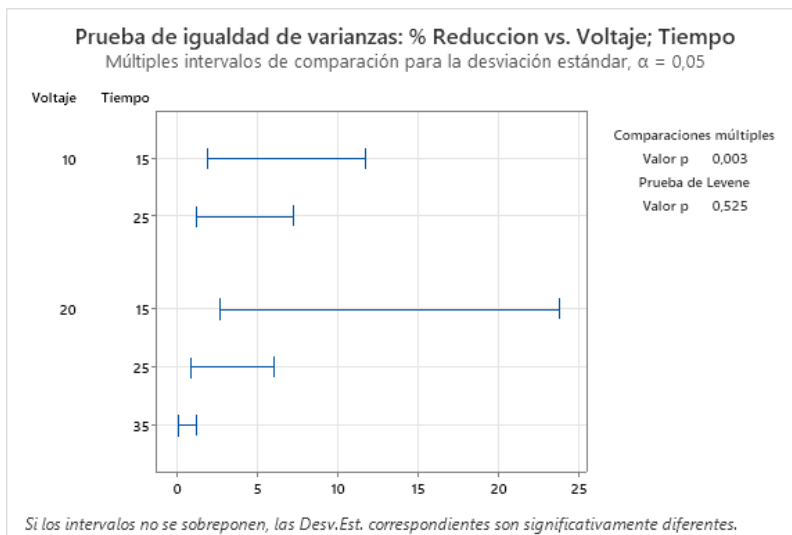
Planteamiento de hipótesis y nivel de significancia para prueba de homocedasticidad

Elemento	Descripción
Hipótesis nula (H_0)	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna (H_1)	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Nota. La tabla resume las hipótesis y el nivel de significancia asumidos para la prueba de Levene

Figura 9

Análisis de homocedasticidad (prueba de Levene)



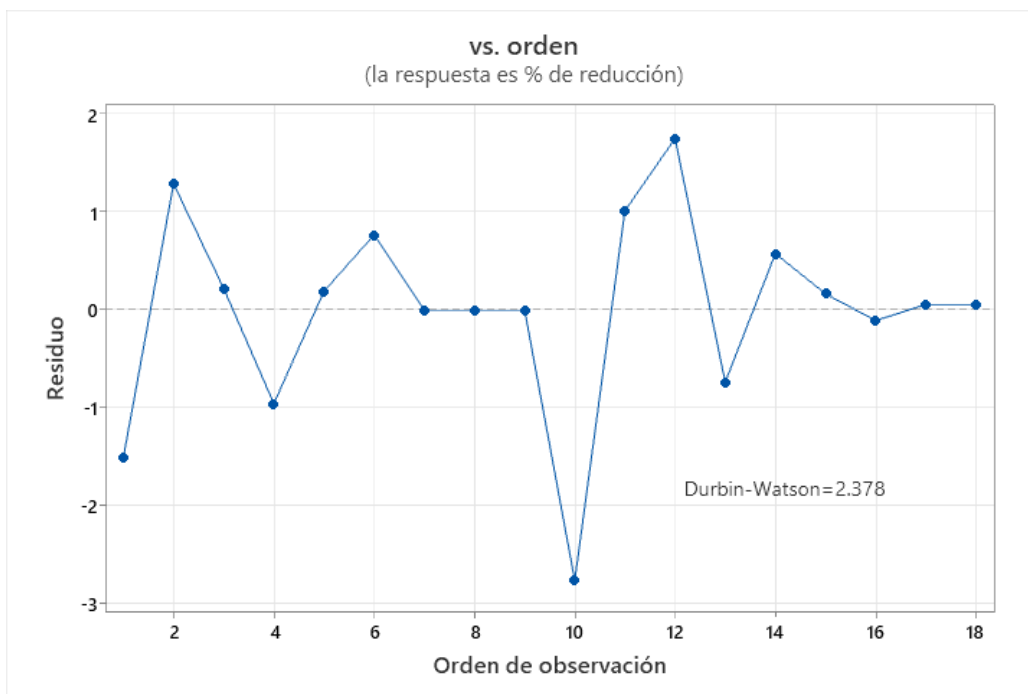
La prueba de Levene ($p = 0.525 > 0.05$) indica que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los grupos, por lo que se cumple el supuesto de homocedasticidad.

Prueba de independencia

En la figura 10 se puede observar el gráfico de la prueba de independencia.

Figura 10

Análisis de independencia de los residuos del modelo de regresión



La gráfica de orden de observación versus los residuos muestra un patrón aparentemente aleatorio distribuido alrededor del cero en casi todos los rezagos, con excepción del orden 2, el orden 10 y el orden 12, lo que indica que los residuos del modelo no presentan una elevada autocorrelación, lo que se verifica mediante el estadístico de Durbin-Watson que es de 2.378 y se encuentra ligeramente por encima de 2 dentro de un rango razonablemente aceptable, por lo que se puede asumir que los residuos son aproximadamente independientes.

Una vez comprobados los 3 supuestos, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) a los datos obtenidos (ver tabla 9).

Tabla 9

Análisis de varianza

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	1640.22	328.043	217.08	0
Lineal	3	1570.12	523.374	346.33	0
VOLTAJE	1	110.24	110.235	72.95	0
TIEMPO	2	1459.89	729.943	483.03	0
Interacciones de 2 términos	2	70.1	35.048	23.19	0
VOLTAJE*TIEMPO	2	70.1	35.048	23.19	0
Error	12	18.13	1.511		
Total	17	1658.35			

Nota: En esta tabla, se detallan las fuentes de variación como el modelo, los factores lineales (voltaje y tiempo), y las interacciones de dos términos (voltaje*tiempo).

Para cada fuente, se muestran los grados de libertad (GL), la suma de cuadrados ajustada (SC Ajust.), el cuadrado medio ajustado (MC Ajust.), el valor F y el valor p. Se observa que tanto los factores individuales como su interacción tienen valores p de 0.000, lo que sugiere que son estadísticamente significativos en el modelo.

Tabla 10

Resumen del modelo

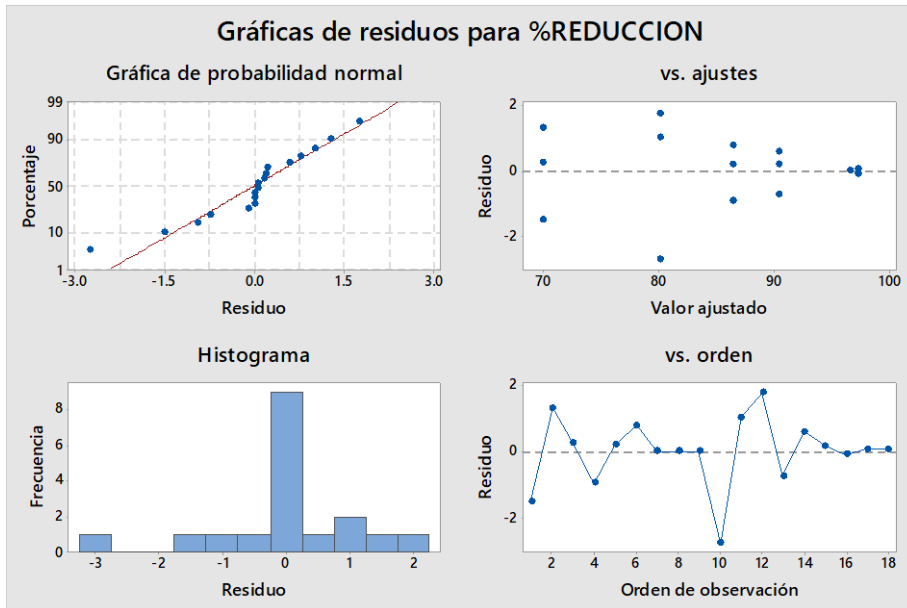
Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.2293	98.91%	98.45%	97.54%

Nota: En esta tabla se presentan tres métricas clave para evaluar la bondad del ajuste del modelo: S, R-cuadrado (R-cuad.), R-cuadrado (ajustado) y R-cuadrado (pred). El valor de S es 1.22930, mientras que el R-cuadrado es del 98.91%. El R-cuadrado ajustado es del 98.45% y el R-cuadrado predicho es del 97.54%. Estos altos porcentajes de R-cuadrado indican que el modelo explica una gran proporción de la variabilidad en la variable de respuesta.

En la figura 11 se muestra los gráficos de residuos del análisis de varianza.

Figura 11

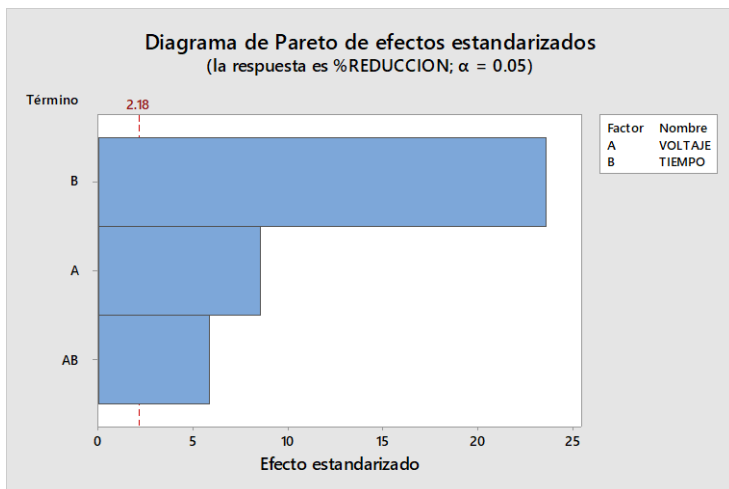
Gráfico de los residuos para remoción del a demanda química de oxigeno



En la figura 12 se puede muestra el diagrama de Pareto de efectos estandarizados, donde se puede apreciar que factores tienen mayor efecto en las pruebas.

Figura 12

Diagrama de Pareto

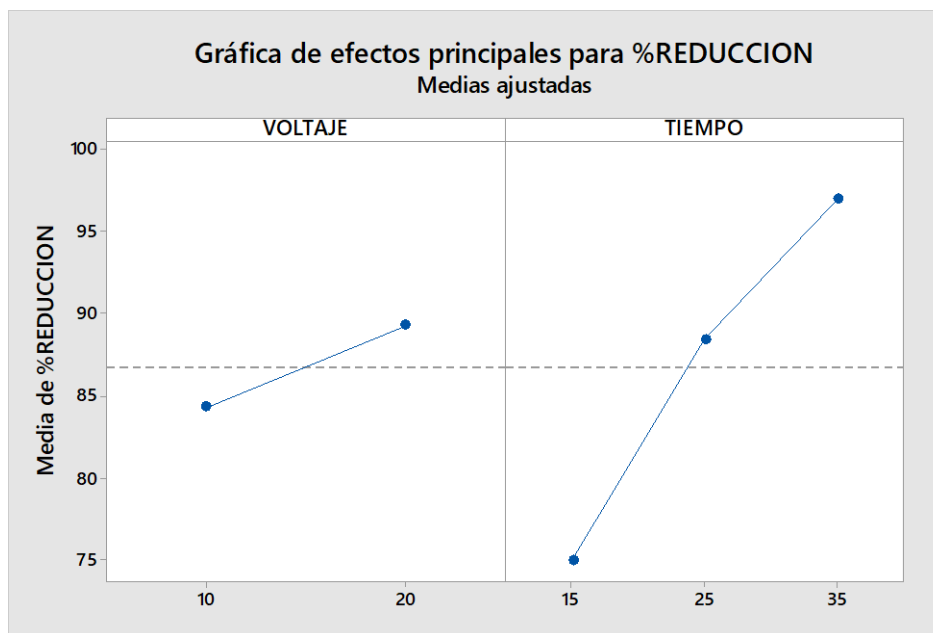


Se observa que el tiempo de tratamiento (factor B) tiene el mayor efecto, seguido del voltaje aplicado (factor A) y su interacción (AB). Esto demuestra que el tiempo de electrocoagulación es la variable que más influye en la eficiencia del proceso.

En la figura 13 se muestra la gráfica de efectos principales.

Figura 13

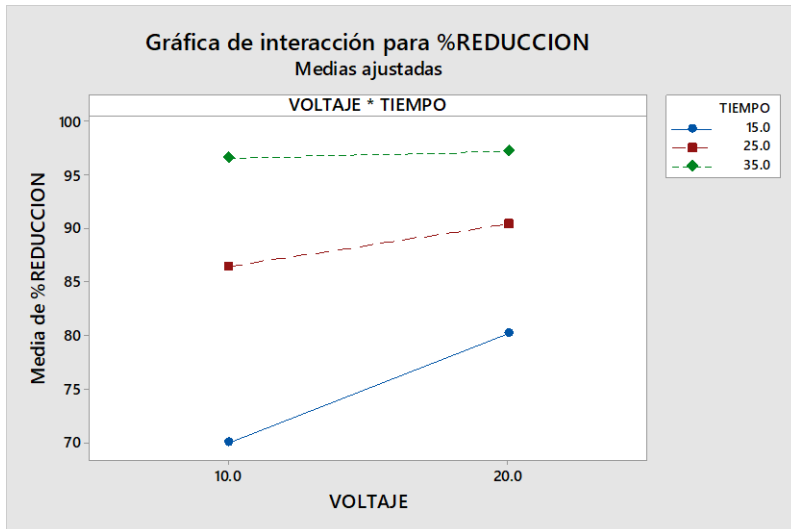
Gráfica de efectos principales del porcentaje de reducción de la demanda química de oxígeno



La gráfica de efectos principales muestra la influencia individual de los factores voltaje y tiempo sobre el porcentaje de reducción. Se observa que, al aumentar el voltaje de 10 V a 20 V, la media del porcentaje de reducción incrementa, lo que indica un efecto positivo. Asimismo, el tiempo de tratamiento tiene un impacto considerable: al pasar de 15 a 35 minutos, el porcentaje de reducción mejora de forma significativa, evidenciando que este factor tiene un efecto más marcado sobre la respuesta.

Figura 14

Grafica de interacción para porcentaje de reducción



La gráfica de interacción analiza la relación conjunta entre el voltaje y el tiempo sobre el porcentaje de reducción. Aunque las líneas de los diferentes niveles de tiempo no son completamente paralelas, la interacción entre los factores es débil. Se observa que el mayor porcentaje de reducción se obtiene con 35 minutos de tratamiento, independientemente del voltaje aplicado. Sin embargo, cuando el tiempo es menor (15 o 25 minutos), el aumento del voltaje contribuye a una mejora notable en la reducción, lo que indica que el voltaje tiene mayor relevancia cuando el tiempo de exposición es limitado.

IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

La presente investigación evaluó la efectividad del método de electrocoagulación para la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales de lavandería. Los resultados mostraron una reducción máxima del 97.24% bajo las condiciones de 20 V y 35 minutos. Estos hallazgos son consistentes con la literatura y se comparan a continuación con los antecedentes.

Al comparar los resultados con los antecedentes nacionales, se observó que la eficiencia obtenida en esta tesis superó significativamente la reducción del 63.94% reportada por Vera (2023). Sin embargo, se alineó estrechamente con estudios como los de Ayuque (2022), Reátegui (2019) y Cuba et al. (2019), quienes lograron remociones de DQO superiores al 90%. Esto valida que el método de electrocoagulación es robusto y que las diferencias en la eficiencia dependen de la optimización de los parámetros. A diferencia del estudio de Sarmiento y Torres (2024), que usó un coagulante natural, esta investigación logró una alta eficiencia utilizando únicamente la técnica electroquímica, lo que resalta la eficacia del método por sí solo.

A nivel internacional, la eficiencia obtenida es comparable con los hallazgos de Gündoğdu y Çevik (2017) y Moussavi y Mahmoudi (2009), quienes también demostraron la viabilidad de la electrocoagulación en aguas residuales de lavandería. Nuestros resultados muestran que la combinación de un voltaje de 20 V y un tiempo de 35 minutos fue altamente efectiva, lo que confirma que la optimización de los parámetros de operación es crucial. Se observó una correlación directa entre el tiempo de tratamiento y la reducción de la DQO, con 35 minutos siendo significativamente más efectivo que los tiempos más cortos. Esto coincide con

otros estudios que también destacan el tiempo como un factor determinante. De manera similar, el aumento de voltaje incrementó la eficiencia de remoción, lo cual es consistente con los principios de la electrocoagulación.

4.1.1. Implicancias

La presente investigación tiene implicancias significativas en distintos ámbitos, ya que demuestra que la electrocoagulación es una alternativa eficiente y sostenible para el tratamiento de aguas residuales altamente contaminadas, como las generadas por lavanderías industriales.

Desde el punto de vista metodológico, este estudio valida el uso de una configuración de electrodos de hierro y aluminio para el método de electrocoagulación, confirmando que esta combinación es altamente efectiva para la remoción de DQO. Esto sugiere que futuras investigaciones podrían tomar este diseño como base para explorar la optimización de otros parámetros, como la distancia entre los electrodos o el tipo de corriente, con el objetivo de maximizar la eficiencia del proceso.

Las implicancias prácticas de este trabajo son considerables para las lavanderías industriales en distritos como Puente Piedra. Al lograr una reducción de la DQO de hasta el 97.24%, se demuestra que la electrocoagulación es una técnica de bajo costo y fácil implementación que les permitiría cumplir con las normativas ambientales para el vertido de aguas residuales, evitando sanciones y contribuyendo a una gestión ambiental más responsable.

Finalmente, a nivel teórico, la investigación confirma la hipótesis de que el tiempo de tratamiento y el voltaje son los parámetros más influyentes en el proceso de electrocoagulación para la reducción de la DQO. Al obtener resultados óptimos con una combinación específica de estas variables, el estudio aporta evidencia empírica que enriquece el conocimiento sobre la

aplicación de esta técnica en efluentes de lavandería, lo que contribuye a la literatura académica existente.

4.1.2. Limitaciones

La presente investigación estuvo sujeta a diversas limitaciones que impactaron directamente su desarrollo y cronograma. Una restricción significativa fue de índole económica, particularmente el elevado costo asociado a los análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO). Esta situación condicionó la frecuencia de las mediciones y la extensión del estudio, resultando en una limitación de tiempo que impidió la culminación de la tesis en un plazo anterior. Adicionalmente, el enfoque se concentró en una única lavandería industrial durante un lapso específico, lo que implica que los resultados obtenidos son contextualmente dependientes y podrían no ser directamente extrapolables a otras instalaciones o situaciones temporales.

4.2 CONCLUSIONES

4.2.1. Conclusión General:

La investigación permitió concluir que la electrocoagulación es una alternativa eficiente para reducir valores altos de DQO en aguas residuales de lavanderías industriales. La aplicación de voltajes de **20 V** y un tiempo de **35 minutos** demostró ser la condición óptima, logrando reducciones superiores al **95%**, con lo cual se contribuye a mitigar la contaminación hídrica.

4.2.2. Conclusiones Específicas:

Se caracterizó la concentración inicial del agua residual, evidenciando una carga contaminante con una DQO de 1219 mg/L, lo cual confirma la necesidad de un tratamiento para cumplir con los estándares de calidad ambiental.

Se determinó que la combinación óptima de voltaje y tiempo para maximizar la reducción de DQO fue de 20 V y 35 minutos, respectivamente, logrando una remoción máxima del 97.24%.

Se calculó que el porcentaje de reducción de la DQO en el efluente varió de manera significativa con cada combinación de parámetros, confirmando que el método es altamente efectivo para la eliminación de la demanda química de oxígeno.

4.2.3. Recomendaciones

Se recomienda replicar este tratamiento a nivel piloto o industrial en otras lavanderías con características similares, con el fin de evaluar su viabilidad operativa y económica a mayor escala.

Se sugiere incorporar variables adicionales en estudios futuros, como el pH inicial, la distancia entre electrodos y la configuración del sistema (monopolar/bipolar), para optimizar aún más el proceso de electrocoagulación.

Se aconseja evaluar la posibilidad de integrar fuentes de energía renovables, como paneles solares, con el fin de reducir el consumo energético del sistema y hacerlo aún más sostenible.

Se recomienda considerar un tratamiento posterior (postratamiento), especialmente si el agua tratada será reutilizada, a fin de garantizar el cumplimiento de estándares específicos de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, C. (2018). *Diseño conceptual y construcción de un electrocoagulador controlado por LabVIEW*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional de la Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/e03a38aa-b97d-4723-b459-7f6179b6c2d7/content>

Aguilar, B., & Soto, A. (2021). *Eficiencia y rentabilidad de la aplicación del tratamiento por electrocoagulación para la reducción del cromo hexavalente en las aguas residuales de Curtiembre, Arequipa, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo.

Ardila, A., & Vargas, N. (2019). *Método de electrocoagulación en aguas residuales: Revisión de literatura*. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/27159747-bc9b-45de-910f-91d4cc4d5c90/content>

Arroyo, C. C., & Monge, D. (2021). *Evaluación de parámetros de operación de un equipo de electrocoagulación para la reducción de la dureza total a partir de agua residual proveniente de ósmosis inversa* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/27731>

Ayuque, J. (2022). *Tratamiento de aguas residuales procedentes de lavadoras por el método de electrocoagulación en la ciudad de Huancavelica* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Huancavelica. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b8e2cddb-eb7e-4cd7-ba1e-4af5045f5905/content>

Castro, J. (2023). *Tratamiento de aguas residuales en una lavandería industrial mediante electrofloculación en la ciudad de Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio de la Universidad Nacional del Callao. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3569>

Cely Calixto, N. J., Palacios Alvarado, W., & Caicedo Rolon, A. J. (2023). *Conceptos y enfoques de metodología de la investigación*. Creser S.A.S.

Cerna, L. C., & Gamboa, A. S. (2021). *Condiciones técnicas del proceso de electrocoagulación para una remoción eficiente de Cromo y DQO en aguas residuales industriales de curtiembre* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/30804>

Chinchay, Y., & Guardia, E. (2024). *Aplicación del método de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales en una lavandería*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/144702/Chinchay_RYC-Guardia_REJ-SD.pdf

Cuba Tello, M. V., Alcocer Meneses, P., & Pacheco Ortiz, M. (2019). Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales - Ate Vitarte. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 22(44), 62-70.

Dirk, L. (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

Fuentes, C., Martínez, L., & Rivas, H. (2018). Evaluación de tecnologías emergentes para el tratamiento de aguas residuales industriales. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 15(2), 55–64.

Gamboa, E. (s.f.). *Conceptos y enfoques de metodología de la investigación*. Universidad Francisco de Paula Santander. <https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/6728/CONCEPTOS%20Y%20ENFOQUES%20DE%20METODOLOG%C3%8DA%20DE%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N.pdf>

Gonzales, E. E., & Malca, M. N. (2019). Influencia del amperaje y tiempo de residencia sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el tratamiento de aguas ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por electrocoagulación, 2018. [Tesis de licenciatura]. Repositorio de la

Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/21258>

Gonzales, L. (2024). *Electrocoagulación para la reducción de DQO y DBO en lavanderías* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional del Centro del Perú.

González, E. (2021). Evaluación de la composición de efluentes industriales: retos y soluciones. *Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 22(4), 88–99.

González, R., & Rojas, M. (2019). Evaluación de contaminantes en aguas residuales de lavanderías industriales. *Revista de Ingeniería Ambiental del Perú*, 23(1), 45–53.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Hernández, J. (2019). Carga orgánica en aguas residuales industriales. *Revista de Gestión Ambiental*, 10(2), 51–59.

Hernández, S. , & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), 51-53.

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>

Jarrín, S., & Cazco, A. (2010). *Diseño, Construcción Y Análisis De Los Parámetros De Operación De Un Sistema De Electrocoagulación* [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2678/1/CD-3363.pdf>

Lecca, E., & Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM*, 17(1), 71-80.

Leiva, S. (2024). *Determinación de la remoción de DQO Y DBO5 en el tratamiento de las aguas residuales domésticas mediante la electrocoagulación en el distrito de Ahuac*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio institucional de la Universidad Continental. Recuperado de IV_FIN_107_TE_Leiva_Gonzales_2024.pdf

Luicho, E. A. (2020). *Estudios realizados sobre la tecnología de electrocoagulación para*

la disminución de turbidez y demanda química de oxígeno en el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea [Trabajo de investigación]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/23803>

Meliton, J., & Miyashiro, R. M. (2022). *Estudio comparativo de los tratamientos de electrocoagulación y coagulación/floculación para la remoción de contaminantes de aguas residuales del camal Conchucos, Lima, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/31248>

Mendes, L. (2020). *Tesis sobre tratamiento de aguas residuales*. Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2020/07/tesis-lyvia-mendes.pdf>

Mendoza, L., & Pérez, R. (2008). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Facultad de Ingeniería*, 46, 49–60. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>

Mollah, M. Y. A., Schennach, R., & Parga, J. R. (2004). Electrocoagulation (EC)—science and applications. *Journal of Hazardous Materials*, B84(1), 29–41. <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/e03a38aa-b97d-4723-b459-7f6179b6c2d7/content>

Moreno, R. M. (2018). *Tratamiento de aguas residuales del camal municipal, mediante el método de electrocoagulación – Cajamarca 2018* [Tesis de licenciatura]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/13807>

Quizana, C. R. (2023). *Remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales lácteas mediante una celda de electrocoagulación en el distrito de Ayaviri, Puno, año 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/34973>

Ramírez, F., & Vargas, P. (2022). Degradación de oxígeno en aguas contaminadas. *Revista Peruana de Hidrobiología*, 20(2), 77–84.

Ramón, J. (2021). *Evaluación del sistema de electrocoagulación en el tratamiento de*

aguas residuales de lavanderías en el distrito de San Juan de Lurigancho [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio de la Universidad Continental.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10394/1/IV_FIN_107_TE_Ram%C3%B3n_C%C3%B3rdova_2021.pdf

Ramón Córdova, C. A. (2021). *Aplicación de la electrocoagulación como alternativa de remoción de sólidos suspendidos totales presentes en las aguas residuales generadas en el distrito de San Pedro de Saños, 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental].

Repositorio Institucional de la Universidad Continental. Recuperado de IV_FIN_107_TE_Ramón_Córdova_2021.pdf

Ramón, R. (2021). *Reducción de sólidos suspendidos en aguas de lavandería mediante electrocoagulación* [Tesis de licenciatura]. Universidad Privada del Norte.

Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *Ciencia América*, 10(1), 1–7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>

Reátegui, M. (2019). *Electrocoagulación para la remoción de contaminantes en efluentes de lavandería* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Rioja, J. M. (2023). Diagnóstico ambiental de lavanderías industriales en Lima Norte. *Revista Peruana de Ingeniería Ambiental*, 19(1), 15–27.

Rivera, S., & Soto, A. (2021). Contaminación biológica y química de cuerpos de agua urbanos. *Revista Latinoamericana de Recursos Hídricos*, 9(3), 17–25.

Rodríguez, G. (s.f.). *Métodos y técnicas de investigación documental*. Universidad Nacional Autónoma de México.

https://librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos_y_tecnicas.pdf

Ruiz, P. S. (2017). *Prototipo de una celda de electrocoagulación abastecida con energía fotovoltaica para tratamiento de aguas residuales en la industria minera* [Trabajo de grado no publicado]. Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Salas, M. (2008). Investigación aplicada. *Revista de Ciencias Sociales*, 14(2), 328–336.

<https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

Salazar, M. (2017). *Evaluación del sistema de electrocoagulación para disminuir la carga contaminante a escala de laboratorio en minería aurífera*. [Tesis de pregrado, Universidad de América]. Repositorio de la Universidad de América.

<https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/91291732-ae57-41c3-887e-63f931b45468/content>

Sánchez, F., Gómez, E., & Ruiz, C. (2021). Eficiencia de la electrocoagulación en la remoción de contaminantes en aguas residuales. *Ciencias Ambientales*.

Sarmiento, P., & Torres, E. (2024). Reducción de la DQO en aguas residuales de lavandería con Moringa oleifera. *Ingeniería y Ciencia Ambiental*, 10(1), 25–34.

Silva, P., & Costa, R. (2018). Tensoactivos en aguas residuales y su remoción. *Ingeniería del Agua*, 25(3), 211–220.

Smith, J., & Jones, A. (2020). Water pollution and oxygen depletion in aquatic ecosystems. *Journal of Environmental Science*, 15(4), 123–134.

<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.012>

Tovilla, C. (2009). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y DQO en cuerpos de agua contaminados. *Avances en Química*, 4(2), 98–106.

<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Universidad Continental. (2015). *Tratamiento de aguas residuales: Informe técnico*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/25552/2/Informe_Tratamiento_Aguas_Residuales.pdf

Vasquez, B. L. (2019). *Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para la reducción de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018* [Tesis de licenciatura]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/23394>

Vera, M. B. (2023). *Reducción de la demanda química de oxígeno de las aguas residuales provenientes de lavadoras mediante el método de electrocoagulación con electrodos de aluminio y acero inoxidable en el distrito de San Juan de Lurigancho en el año 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/33951>

Vera Solís, M. B. (2023). *Tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación: ventajas y desventajas* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33951/Vera%20Solis%2c%20Maria%20Belen.pdf>

ANEXOS

Anexo N° 1. Modelo del tanque



Anexo N° 2. Toma de datos fisicoquímicos con el equipo multiparámetro



Anexo N° 3. Informe de Mantenimiento

OMEGA PERU S.A.
OPESA
Experiencia y Calidad a su Servicio

ST-FR-01 / V01
Vigencia: 29.05.2013

N° **6512**

INFORME DE MANTENIMIENTO

TIPO DE TRABAJO		FECHA	01/04/2024	
- MANTENIMIENTO POR GARANTIA		N° O/S	PER03-0000090907	
- MANTENIMIENTO POR O/S	X			
- VISITAS PARA EVALUACION DE EQUIPOS				

CLIENTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.			
AREA	Laboratorio de Biología			
REFERENCIA	Proforma N° 24-058			
ASUNTO	Mantenimiento y Calibración de Medidor Multiparámetro HQ40d			

EQUIPO:

CANT	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	N° SERIE
01	MEDIDOR MULTIPARAMETRO	HACH CO.	HQ40d	170500002275 Código: 3-023791

TRABAJOS REALIZADOS:

- Desmontaje integral del equipo.
- Limpieza y remoción de impregnados.
- Revisión y mediciones en el sistema electrónico.
- Mantenimiento Sensor Conductividad.
- Suministro de 01u. Electrodo pH.
- Ensamblaje final.
- Pruebas de funcionamiento.
- Calibración Metrológica pH - Procedimiento PC-OMEGA-001.
- Calibración Metrológica Conduct - Procedimiento PC-OMEGA-002.

DOCUMENTOS A PRESENTAR:

- Certificado Calibración en pH y Conductividad.

OBSERVACIONES:

- Equipo se encontró con rastros de suciedad en la parte externa de la carcasa.

RECOMENDACIONES:

- Almacenar electrodo pH siempre con su solución de almacenamiento para evitar daños en el bulbo del sensor
- Mantenimiento anual.

CONCLUSIONES:

- Equipo en buen estado de funcionamiento.

Elaborado por: Ing. Roque Luis Veliz Acosta
Aprobado por:

OMEGA PERU S.A.
Ing. Roque Luis Veliz Acosta
Ing. Junior - Servicio Técnico

Av. Colonial N° 1593 Int. 201 Urb. San Rafael, Lima – Lima – Lima
Telfs.: 336-6523 • 657-6206 • 657-6207
omega@omegaperu.com.pe

"USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE
OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE
PUENTE PIEDRA, 2025"

Anexo N° 4. Certificado de Calibración

OMEGA PERU S.A.		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	
		0077-OP.M-2024	
ÁREA DE METROLOGÍA			
Solicitante	:	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
Dirección	:	Av. Alfredo mendiola 6062 - Los Olivos	
Expediente	:	28799	
Referencia	:	O/S N° PER03-0000090907	
Instrumento de Medición	:	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO (EN PARÁMETRO DE PH)	
Alcance de Indicación	:	0,00 a 14,00 pH (**)(***)	
Resolución	:	0,001 / 0,01 / 0,1 pH (**)(***)	
Marca	:	Hach Co.	
Modelo	:	HQ40d	
Serie	:	170500002275	
SBN	:	3-023791	
Procedencia	:	U.S.A.	
Modelo del Electrodo	:	PHC10101	
Serie del Electrodo	:	240222564616	
Método de Calibración			
La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento PC-OMEGA-001 para la Calibración de pHmetros Digitales			
Fecha de Calibración	:	02/04/2024	
Lugar de Calibración	:	LABORATORIO DE METROLOGIA - OMEGA PERU S.A.	
Condiciones Ambientales			
Temperatura	:	25 °C	
Humedad Relativa	:	74 %	
Presión Atmosférica	:	1004 mbar	
Patrones de Referencia			
Los resultados obtenidos tienen trazabilidad a la NIST / IUPAC		Certificado de Calibración / N° de Lote	
Termómetro Digital - Cole Parmer - Model 90205-01		TD23A-C-0363	
Material de Referencia Certificado Marca Control Company pH 4,005 @ 25 °C		4280-14288174 / CC781397	
Material de Referencia Certificado Marca Control Company pH 7,000 @ 25 °C		4281-14358208 / CC783229	
Material de Referencia Certificado Marca Control Company pH 10,012 @ 25 °C		4282-14269450 / CC780480	
Resultados			
Indicación (pH)	Valor de referencia (pH)	Corrección (pH)	Incertidumbre (pH)
4.00	4.001	0.001	0.012
7.01	6.997	-0.013	0.022
10.00	9.999	-0.001	0.015
Nota: Los resultados están dados a la temperatura de referencia de 26.7 °C			
Incertidumbre			
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.			
Observaciones			
- Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.			
- Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva			
(*) Indicado en el manual de instrucciones del fabricante			
(**) Unidades de pH			
-Los resultados corresponden al promedio de 3 mediciones			
Fecha de Emisión	02/04/2024	Responsable del Área de Metrología	
Realizado por:			
 LIZ NOLBERTO GAONA Técnica Metrologa Servicio Técnico OMEGA PERU S.A.	 Ing. FELINA C. AREÑA F. CIP: 038393 Jefe de Servicio Técnico OMEGA PERU S.A.	Pág 1 / 1	

Prohibida su reproducción total o parcial de este documento
Av. Colonial N° 1593 Int. 201 Urb. San Rafael - Lima / Telfs.: 336-6523 • 657-6206 • 657-6207
e-mail: metrologia@omegaperu.com.pe



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

0078-OP.M-2024

ÁREA DE METROLOGÍA

Solicitante : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
Dirección : Av. Alfredo mendiola 6062 - Los Olivos
Expediente : 28799
Referencia : O/S N° PER03-000090907
Instrumento de Medición : MEDIDOR MULTIPARÁMETRO (EN PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD)
Alcance de Indicación : 0 μ S/cm a 19.99 μ S/cm; 20 μ S/cm a 199.9 μ S/cm; 200 μ S/cm a 1999 μ S/cm; 2.00 mS/cm a 19.99 mS/cm; 20.0 mS/cm a 199.9 mS/cm (*)
Resolución : 0,01 μ S/cm / 0,1 μ S/cm / 1 μ S/cm / 0,01 mS/cm / 0,1 mS/cm (*)
Marca : Hach Co.
Modelo : HQ40d
Serie : 170500002275
Código : 3-023791
Procedencia : U.S.A.
Modelo del Sensor : CDC40101
Serie del Sensor : 171522588006

Método de Calibración

La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento PC-OMEGA-002 para la Calibración de Conductímetro.

Fecha de Calibración : 02/04/2024
Lugar de Calibración : LABORATORIO DE METROLOGIA - OMEGA PERU S.A.

Condiciones Ambientales

Temperatura	25 °C
Humedad Relativa	72 %
Presión Atmosférica	1004 mbar

Patrones de Referencia

Los resultados obtenidos tienen trazabilidad al SI de Unidades	Certificado de Calibración / N° de Lote
Termómetro Digital - Cole Parmer - Model 90205-01	TD23A-C-0363
Material de Referencia Certificado Marca Control Company 1413 μ S/cm @ 25 °	4173-14505841/ CC24853
Material de Referencia Certificado Marca Control Company 10,00 mS/cm @ 25	4068-14172262 / CC24202

Resultados

Indicación	Valor de referencia	Corrección	Incertidumbre
1421 μ S/cm	1429 μ S/cm	8 μ S/cm	4.6 μ S/cm
9.97 mS/cm	10.12 mS/cm	0.15 mS/cm	0.04 mS/cm

Nota: Los resultados están dados a la temperatura de referencia de 25.6 °C

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Observaciones

- Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva.

(*) Indicado en el manual de instrucciones del fabricante.

Fecha de Emisión 02/04/2024

Responsable del Área de Metrología

Realizado por:

LIZ NOLBERTO GAONA
 Técnica Metrología
 Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.

Ing. FELIX CAMARENA F.
 CIP 088393
 Jefe de Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.

HC-OP.M-002

Pág 1 / 1

"USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025"

Anexo N° 5. Muestras etiquetadas con sus respectivos datos



Anexo N°6. Cadena de Custodia

Slab		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUAS				SE-0266						
Datos del Cliente: Razón Social / Nombre: YACKELYN ROSMEY RIOS CRUZ Persona de Contacto: YACKELYN ROSMEY RIOS CRUZ Correo: YACKELYN.RIOS@ceyda.com Dirección: San Pedro MACU LT 48 - CARRASQUILLO		RUC O DNI: 72632568 Cédula: 920789429		Colección: 2025-129460 - S-25-402 Lugar de captura de muestra: 64-35-2023 AL 2101 Lugar de muestra: IE-2025-2023 AL 2101		No. 1 de 3						
N°	Punto de Muestreo	Código de Laboratorio	Fecha y Hora de Muestra	Categoría	Sub-grupo	Completado (%)	Muestra	Método	Medición en campo			Observaciones
									T Agua (°C)	pH	Observaciones	
1	M	S-2652	26-05-25 3:30pm	AR Industrial		-	-	X				
2	MA-1	S-2653	26-05-25 3:52pm	AR Industrial		-	-	X				
3	MA-2	S-2654	26-05-25 6:04pm	AR Industrial		-	-	X				
4	MA-3	S-2655	26-05-25 7:01pm	AR Industrial		-	-	X				
5	MA-4	S-2656	26-05-25 4:15pm	AR Industrial		-	-	X				
6	MA-5	S-2657	26-05-25 6:21pm	AR Industrial		-	-	X				
7	MA-6	S-2658	26-05-25 7:20pm	AR Industrial		-	-	X				
8	MA-7	S-2659	26-05-25 4:29pm	AR Industrial		-	-	X				

Destinatario de la muestra: Slab - Slab Referencia: NT 234-24		Condiciones de carga: <input type="checkbox"/> SC <input type="checkbox"/> BV <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> SE		Leyenda: 1 Fecha 2 Hora de Muestra 3 Hora de Inicio 4 Hora de Fin 5 Hora de Salida 6 Hora de Llegada		Estado de recepción de muestra: 7 Condición de recepción 8 Estado de conservación 9 Estado de almacenamiento 10 Estado de entrega		Fecha: 28 MAY 2025 Hora: 10:00		Condiciones en que se recibieron las muestras: <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeradas <input checked="" type="checkbox"/> Preservadas <input type="checkbox"/> Control del tiempo de conservación <input type="checkbox"/> Muestras observadas	
AN: Aguas Residuales AR: Aguas Residuales AS: Aguas Salinas AP: Aguas de Proceso		Nombres y Apellidos: Fecha: 28/05/2025 Firma: YACKELYN RIOS CRUZ		Receptado por: MRC Fecha / Hora: 2025-05-28/10:20 Firma: [Firma]		Observaciones y comentarios: SI CUMPLE CON LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE ENSAYO		Temperatura (°C): 4°C Número de muestras observadas: -		Documento Controlado, prohíbe su reproducción parcial o total sin autorización de Slab	

"USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025"

Slab CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUAS FR-09-06

Datos del Cliente:
 Razón Social / Nombre: **YACKELYN ROSMERY RIOS CRUZ** RUC O DNI: **72632568** Contacto: **001-129860-3125 V02** Pág. **2** de **3**
 Persona de Contacto: **YACKELYN ROSMERY RIOS CRUZ** Correo: **yackelyncruz@gn.com** Cédula: **970189427** Código de Cadena de custodia: **RH-25-2083 AL 2101** N° de Plan de Muestras: **-**
 Dirección: **San Pedro H2 CY LT 4B - CARASAYLLO** N° de Informe: **JE-2025-2083 AL 2101**
 Nombre del Proyecto: **-** Lugar de Muestreo: **-**

Punto de muestreo y descripción de la muestra	Código de Laboratorio	Fecha y hora de Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frasco	V	F	DQO	Medición en campo		Observaciones
									T° Agua (°C)	Turbidez (NTU)	
1 MA-8	S-2660	26-05-25 6:35pm	AR Industrial	-	-	-	-	1	X		
2 MA-9	S-2661	26-05-25 7:35pm	AR Industrial	-	-	-	-	1	X		
3 MB-1	S-2662	26-05-25 10:45pm	Industrial	-	-	-	-	1	X		
4 MB-2	S-2663	26-05-25 11:51pm	Industrial	-	-	-	-	1	X		
5 MB-3	S-2664	26-05-25 1:20am	Industrial	-	-	-	-	1	X		
6 MB-4	S-2665	26-05-25 11:05pm	Industrial	-	-	-	-	1	X		
7 MB-5	S-2666	26-05-25 12:12pm	Industrial	-	-	-	-	1	X		
8 MB-6	S-2667	26-05-25 1:39am	Industrial	-	-	-	-	1	X		

Slab **Sistema de Servicios y Análisis Químicos SLABPERU** **28 MAY 2025** **INGRESO CONFORME**

Condiciones en que se recibieron las muestras:
 Refrigeradas Preservadas Temperatura (°C): **4°C**
 Dentro del tiempo de conservación Muestras observadas: **-**
 Observaciones y comentarios: **SI CUMPLE CON LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE ENSAYO**

Receptado por: **MBC** **Yackelyn Rosmery Rios Cruz** **Receptado por:** **MBC**
 Fecha / Hora: **2025-05-28 09:20** Fecha / Hora: **2025-05-28 09:20**

V01 Fecha de Aprobación 2024-08-27 Documento Controlado, prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de Slab. Página 1 de 1

Slab CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUAS FR-09-06

Datos del Cliente:
 Razón Social / Nombre: **YACKELYN ROSMERY RIOS CRUZ** RUC O DNI: **72632568** Contacto: **001-129860-3125 V02** Pág. **3** de **3**
 Persona de Contacto: **YACKELYN ROSMERY RIOS CRUZ** Correo: **yackelyncruz@gn.com** Cédula: **970189427** Código de Cadena de custodia: **RH-25-2083 AL 2101** N° de Plan de Muestras: **-**
 Dirección: **San Pedro H2 CY LT 4B** N° de Informe: **JE-2025-2083 AL 2101**
 Nombre del Proyecto: **-** Lugar de Muestreo: **-**

Punto de muestreo y descripción de la muestra	Código de Laboratorio	Fecha y hora de Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frasco	V	F	DQO	Medición en campo		Observaciones
									T° Agua (°C)	Turbidez (NTU)	
1 MB-7	S-2668	26-05-25 11:19pm	AR Industrial	-	-	-	-	1	X		
2 MB-8	S-2669	26-05-25 12:26am	AR Industrial	-	-	-	-	1	X		
3 MB-9	S-2670	26-05-25 1:53am	AR Industrial	-	-	-	-	1	X		

Slab **Sistema de Servicios y Análisis Químicos SLABPERU** **28 MAY 2025** **INGRESO CONFORME**

Condiciones en que se recibieron las muestras:
 Refrigeradas Preservadas Temperatura (°C): **4°C**
 Dentro del tiempo de conservación Muestras observadas: **-**
 Observaciones y comentarios: **SI CUMPLE CON LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE ENSAYO**

Receptado por: **MBC** **Yackelyn Rosmery Rios Cruz** **Receptado por:** **MBC**
 Fecha / Hora: **2025-05-28 09:20** Fecha / Hora: **2025-05-28 09:20**

V01 Fecha de Aprobación 2024-08-27 Documento Controlado, prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de Slab. Página 1 de 1

Anexo N° 7. Datos Generales del Cliente y la Muestra para el Análisis de Agua Residual



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

ANEXO N° 0304 - 2025

EL PRESENTE ANEXO ES EMITIDO POR SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC QUIEN ASEGURA HABER ANALIZADO LA MUESTRA PROPORCIONADA POR NUESTRO CLIENTE A QUIEN SE IDENTIFICA POSTERIORMENTE.

Informe de Ensayo IE-2025-2083 hasta IE-2025-2101

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : YACKELYN ROSMERY RIOS CRUZ
1.2 RUC o DNI : 72632568
1.3 Dirección : SAN PEDRO MZ. C4 LT. 48 – CARABAYLLO

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : AGUA
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 19
2.4 Lugar de Muestreo : No Precisa
2.5 Proyecto : No Precisa

3. DATOS DEL SERVICIO

3.1 N° de Cotización : COT-129860-SL25 V02
3.2 Plan de Monitoreo : N.A.
3.3 Procedimiento de Muestreo : N.A.
3.4 Fecha de Recepción : 2025-05-28
3.5 Periodo de Ensayo : 2025-05-28 al 2025-06-06
3.6 Fecha de Emisión : 2025-06-09

4. REPORTE FOTOGRÁFICO

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

Anexo N°8. Resultados Concentración Inicial



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2083

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2652
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				M
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				15:30
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	1219

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



Anexo N° 9. Proceso de análisis de DQO



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



Imagen N°01: Proceso de análisis de DQO

N.A.: No Aplica

(4) Información suministrada por el cliente.

Laboratorio de ensayo e investigación

FIN DE DOCUMENTO

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

Anexo N° 10. Informe del ensayo de la concentración final



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2084

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM					1
CODIGO DE LABORATORIO					S-2653
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)					MA-1
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)					No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)					No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)					2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)					15:52
GRUPO ^(c)					AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)					INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	385	

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método
L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método
N.A.: No Aplica
^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2085

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2654
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-2
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				18:04
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	177

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método
L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método
N.A.: No Aplica
^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2086

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2655
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-3
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				19:01
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	42

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2087

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2656
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-4
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				16:15
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	351

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2088

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2657
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-5
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				18:21
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	163

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2089

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2658
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-6
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				19:20
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	42

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2090

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2659
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-7
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				16:29
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	364

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2091

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2660
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-8
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				18:35
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	156

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2092

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2661
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MA-9
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				19:35
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	42

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2093

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2662
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-1
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				22:45
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	276

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2094

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2663
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-2
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				23:51
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	126

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2095

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2664
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-3
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				01:20
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	35

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2096

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2665
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-4
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				23:05
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	230

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2097

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2666
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-5
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				12:12
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	110

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2098

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2667
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-6
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				01:39
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	33

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2099

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2668
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-7
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				23:19
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	221

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.



“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2100

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2669
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-8
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				00:26
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	115

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método

N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 211



INFORME DE ENSAYO IE-2025-2101

5. RESULTADOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO				S-2670
PUNTO DE MUESTREO Y/O DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(c)				MB-9
COORDENADAS NORTE (N) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
COORDENADAS ESTE (E) – UTM WGS 84 ^(c)				No Precisa
FECHA MUESTREO ^(c)				2025-05-26
HORA DE MUESTREO ^(c)				01:53
GRUPO ^(c)				AGUA RESIDUAL
SUB GRUPO ^(c)				INDUSTRIAL
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Química de Oxígeno	mg /L O ₂	4	10	33

Leyenda

L.D.M.: Límite de detección del método

L.C.M.: Límite de Cuantificación de Método



N.A.: No Aplica

^(c) Información suministrada por el cliente.





"USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025"

Anexo N° 12. Validación de expertos

 MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación: "USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025"				
Línea de investigación: Desarrollo sostenible y Gestión empresarial				
Apellidos y nombres del experto: PINEDO TAQUIA JAIRO				
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. Tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una X en las columnas de Sí o No. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y /o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
tem	Preguntas	Considera		Observaciones
		Sí	No	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos se mencionan las variables del estudio?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudios?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿El diseño de los instrumentos de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos ?	X		
8	¿Son entendibles las alternativas de respuesta de instrumento de medición ?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio ?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos ?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto: 				

“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”

		MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS		
Título de la investigación:		“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025		
Línea de investigación:		Desarrollo sostenible y Gestión empresarial		
Apellidos y nombres del experto:		BENITES ZELAYA ANDERSON ALEJANDRO		
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. Tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una X en las columnas de Sí o No. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y /o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
tem	Preguntas	Considera		Observaciones
		Sí	No	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos se mencionan las variables del estudio?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudios?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿El diseño de los instrumentos de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos ?	X		
8	¿Son entendibles las alternativas de respuesta de instrumento de medición ?	X		
9	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio ?	X		
10	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos ?	X		
Sugerencias:				
 ANDERSON ALEJANDRO BENITES ZELAYA INGENIERO QUIMICO Reg. CIP Nº 170711				

Anexo N° 11. Matriz de Operacionalización de variables

		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
VARIABLE INDEPENDIENTE	Método de Electrocoagulación	Es un método de tratamiento de aguas residuales que utiliza electricidad para generar coagulantes in situ (ej. hidróxidos de hierro o aluminio) y remover contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua. Su eficiencia se ajusta manipulando parámetros como el tiempo de tratamiento y el voltaje aplicado.	Se medirá a través de la variación controlada de dos de sus parámetros clave: el tiempo de aplicación de la corriente eléctrica y el nivel de voltaje suministrado al sistema de electrocoagulación durante los experimentos de tratamiento de las aguas residuales de la lavandería.	*Tiempo de Tratamiento * Voltaje Aplicado	Duración de la aplicación de corriente eléctrica (15min, 25 min y 35min) Nivel de potencial eléctrico aplicado (10 y 20 voltios)	Minutos Voltios
VARIABLE DEPENDIENTE	Disminución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)	La DQO es un indicador de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica oxidable presente en una muestra de agua. Su disminución implica una reducción de la carga contaminante y una mejora en la calidad del agua.	Se medirá comparando la concentración de DQO en las aguas residuales antes del tratamiento de electrocoagulación (DQO inicial) y después del tratamiento (DQO final) bajo diferentes condiciones de tiempo y voltaje. El resultado se expresará como el porcentaje de reducción de DQO.	DQO Inicial DQO Final Porcentaje de Reducción	Concentración de DQO en muestra cruda (pre-tratamiento) Concentración de DQO en muestra tratada (post-tratamiento) Porcentaje de remoción de DQO	(mg/L) (mg/L) %

“USO DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA REDUCIR LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA LAVANDERÍA EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2025”

Anexo N° 12. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Título: Uso del método de electrocoagulación para reducir la demanda química de oxígeno (DQO) en aguas residuales industriales de una lavandería en el distrito de puente piedra, 2025”					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	Variable dependiente: Porcentaje de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS 1	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
¿Cuál es el efecto del método por electrocoagulación, mediante la variación del tiempo de tratamiento y del voltaje aplicado, en la disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales industriales de una lavandería en Puente Piedra durante el año 2025?	Evaluar la efectividad del método de electrocoagulación, mediante la variación del tiempo de tratamiento y voltaje aplicado en la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales industriales de una lavandería en Puente Piedra durante el año 2025.	El método de electrocoagulación, mediante la variación del tiempo de tratamiento y el voltaje aplicado, reduce significativamente la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales que vienen de una lavandería industrial en el distrito de Puente Piedra en 2025.	DQO Porcentaje de Reducción	Concentración de DQO en la muestra cruda Concentración de DQO después del tratamiento	mg/L %
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Variable Independiente: Tiempo de tratamiento y Voltaje		
¿Cuál es el valor inicial de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales de una lavandería industrial en Puente Piedra antes de aplicar el tratamiento de electrocoagulación?	Caracterizar la concentración inicial de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales de una lavandería industrial en Puente Piedra antes del tratamiento por electrocoagulación.	Las aguas residuales de la lavandería industrial en Puente Piedra presentan concentraciones iniciales de DQO elevadas que pueden ser significativamente reducidas mediante el tratamiento por electrocoagulación.	* Tiempo de tratamiento * Voltaje	Minutos de aplicación Voltaje de la fuente de poder	Minutos (min) Voltios (V)
¿Cuál es la combinación óptima de voltaje y tiempo de tratamiento que permite maximizar la reducción de DQO mediante electrocoagulación en aguas residuales industriales de una lavandería industrial en Puente Piedra?	Determinar el voltaje y el tiempo de tratamiento óptimo que permite maximizar la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales mediante el método de electrocoagulación.	Existe una combinación óptima de voltaje y tiempo de tratamiento que permite maximizar la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) en aguas residuales mediante electrocoagulación.			
¿Cuál es el porcentaje de reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas de las lavanderías industriales al aplicar el método de electrocoagulación?	Calcular el porcentaje de reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales de la lavandería industrial, tras aplicar diferentes combinaciones de voltaje y tiempo en el proceso de electrocoagulación.	El uso de diferentes combinaciones de tiempo y voltaje en el proceso de electrocoagulación logrará un cambio notable en la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales de la lavandería.			