

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN PARA EL
TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES
PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHÍCULOS
EN LA CIUDAD DE TACNA

TESIS

Presentada por:

Bach. Jean Carlos Lauracio Marca

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

TACNA - PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

TESIS

INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN PARA EL

TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES

PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHÍCULOS

EN LA CIUDAD DE TACNA

SUSTENTADA Y APROBADA EL 20 DE AGOSTO DEL 2024, SIENDO EL
JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:

.....
Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera

SECRETARIO:

.....
Dr. Edgar Chaparro Aguilar

VOCAL:

.....
Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

ASESOR:

.....
Dr. Efrén Eugenio Chaparro Montoya

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **Dr. Efrén Eugenio Chaparro Montoya**, en mi condición de asesor de la tesis titulada: **“INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHÍCULOS EN LA CIUDAD DE TACNA”**.

Presentada por **Bach. Jean Carlos Lauracio Marca**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual considerando que, según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del Software de similitud textual **Turnitin** cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentajes es del 12%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba la cual esta expedita para continuar con los trámites para la obtención del título profesional, según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.



.....
Dr. Efrén Eugenio Chaparro Montoya
DNI: 00450486

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la sabiduría y la fortaleza para que pueda alcanzar mi sueño, por ser mi fuerza en todo momento y brindarme una vida llena de experiencias.

A mi querida familia, a mis hijos Cathalina y Jean Franco quienes me brindan su amor incondicional, me inspiran para enfrentarme al camino de la vida, enseñarme la constancia y el respeto al trabajo diario.

A mis jurados y asesor, por sus palabras de aliento, su apoyo, por su tiempo que se tomaron para realizar y culminar mi tesis.

A mis profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes me apoyaron en todo el transcurso de mi carrera y fueron guía de inspiración para culminar mis estudios, estaré eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme ser parte de este mundo, disfrutar del privilegio de la vida, y por hacerme entender que a pesar de las adversidades siempre existe un nuevo día para volver a empezar.

A mi familia, por su apoyo constante para ser una persona de bien, de buenos sentimientos, con valores y respeto hacia los demás.

A mi asesor de tesis Dr. Efrén Chaparro Montoya que siempre me brindó sus conocimientos para realizar el presente estudio.

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, que de forma constante fueron apoyándome en el transcurso de los años de estudio.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema.....	5
1.2 Formulación y sistematización del problema	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problemas específicos	7

1.3	Delimitación de la investigación	7
1.3.1	Delimitación temporal.....	7
1.3.2	Delimitación espacial.....	8
1.4	Justificación e importancia de la investigación	8
1.4.1	Justificación técnico científica	8
1.4.2	Justificación socioeconómica	8
1.4.3	Justificación ambiental	9
1.5	Limitaciones	10

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1	Objetivos	11
2.1.1	Objetivo general	11
2.1.2	Objetivos específicos	11
2.2	Hipótesis.....	12
2.2.1	Hipótesis general.....	12
2.2.2	Hipótesis específicas.....	12
2.3	Variables	13
2.3.1	Indicadores de variables.....	13

2.3.2	Operacionalización de variables.....	13
-------	--------------------------------------	----

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1	Antecedentes	15
3.2	Bases teóricas.....	18
3.2.1	Electrocoagulación	18
3.2.2	Diseño y clasificación de las celdas de electrocoagulación.....	19
3.2.3	Tratamiento eficiente.....	23
3.2.4	Remoción de turbidez	24
3.2.5	Factores que afectan el proceso de electrocoagulación	25
3.2.6	Mejoramiento de la calidad de agua por electrocoagulación.....	28
3.2.7	Marco legal.....	29
3.3	Definición de conceptos básicos	32

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Tipo y nivel de investigación.....	34
4.1.1.	Tipo de investigación.....	34
4.1.2.	Nivel de investigación.....	34

4.1.3	Diseño de investigación	34
4.2	Lugar de estudio.....	35
4.3	Población y muestra de estudio	36
4.3.1	Población.....	36
4.3.2	Muestra	36
4.4	Método	37
4.5	Procedimiento experimental.....	37
4.5.1	Diseño y construcción de la celda de electrocoagulación	39
4.5.2	Influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación	46
4.6	Materiales y equipos	54
4.6.1.	Materiales de laboratorio.....	54
4.6.2	Equipos	55
4.6.3	Reactivos.....	55
4.7	Análisis estadístico.....	56

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1	Resultados	57
-----	------------------	----

5.1.1	Diseño y construcción de la celda de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de turbidez del agua residual	57
5.1.2	Influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para el tratamiento eficiente de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la Ciudad de Tacna.	62
5.2	Discusión de resultados	104
5.2.1	Discusión del diseño y construcción de un sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de turbidez del agua residual	104
5.2.2	Discusión de la influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para el tratamiento eficiente de las aguas residuales provenientes de lavado de vehículos.....	105
	CONCLUSIONES.....	115
	RECOMENDACIONES.....	117
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
	ANEXOS.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables.....	14
Tabla 2. Valores Máximos Admisibles de aguas residuales para la descarga al sistema de alcantarillado	30
Tabla 3. Valores Máximos Admisibles de aguas residuales para la descarga al sistema de alcantarillado	31
Tabla 4. Tratamiento y repeticiones para el desarrollo de la investigación	35
Tabla 5. Pruebas preliminares de remoción de turbidez	60
Tabla 6. Prueba de t-student para el voltaje en la remoción de turbidez .	61
Tabla 7. Prueba de rangos múltiples de tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la remoción de turbidez.....	61
Tabla 8. Caracterización de la muestra de agua de grifo	63
Tabla 9. Caracterización físico química de la muestra residual inicial.....	64
Tabla 10. Porcentaje de incremento del pH	67
Tabla 11. Análisis de varianza del porcentaje de incremento del pH	67
Tabla 12. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de incremento del pH.....	68

Tabla 13. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de incremento del pH.....	68
Tabla 14. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de incremento del pH.....	69
Tabla 15. Porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica.....	70
Tabla 16. Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica	72
Tabla 17. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica.....	73
Tabla 18. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica	73
Tabla 19. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica	74
Tabla 20. Porcentaje de eficiencia de remoción de la turbidez	75
Tabla 21. Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de turbidez	76

Tabla 22. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de la turbidez.....	77
Tabla 23. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de la turbidez	77
Tabla 24. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia remoción de la turbidez	78
Tabla 25. Porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas	79
Tabla 26. Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas	80
Tabla 27. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas	81
Tabla 28. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas	82
Tabla 29. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas	83

Tabla 30. Porcentaje de eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno	84
Tabla 31. Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno	85
Tabla 32. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno	86
Tabla 33. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno	87
Tabla 34. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno	88
Tabla 35. Porcentaje de eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno	89
Tabla 36. Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno	90
Tabla 37. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno	91

Tabla 38. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno	92
Tabla 39. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno	93
Tabla 40. Porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales	94
Tabla 41. Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales.....	95
Tabla 42. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales	96
Tabla 43. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales.....	97
Tabla 44. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales.....	98
Tabla 45. Porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables.....	99

Tabla 46. Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables	100
Tabla 47. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables	101
Tabla 48. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables	102
Tabla 49. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables	103

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de la celda de electrocoagulación.....	19
Figura 2. Clasificación de reactores tipo monopolar y bipolar	20
Figura 3. Reactor tipo batch con electrodos monopolares en serie	21
Figura 4. Reactor tipo batch con electrodos monopolares en paralelo ...	22
Figura 5. Ubicación de las instalaciones de “Pegasus Rent a Car S.A.C.” en la ciudad de Tacna.....	37
Figura 6. Flujograma de las etapas del desarrollo de la experimentación	38
Figura 7. Dimensiones de la celda de electrocoagulación	40
Figura 8. Reactor Batch a escala de laboratorio	41
Figura 9. Cortado de electrodos de aluminio y hierro.....	42
Figura 10. Fuente de poder utilizada en el Reactor del sistema de electrocoagulación	43
Figura 11. Diagrama de una celda de electrocoagulación	46
Figura 12. Materiales y equipos utilizados en la celda de electrocoagulación	45
Figura 13. Pruebas del reactor de electrocoagulación	46
Figura 14. Recolección y lavado de muestra de agua residual	47

Figura 15. Acondicionamiento de envases de muestreo para laboratorio	48
Figura 16. Lodo del proceso de electrocoagulación.....	49
Figura 17. Determinación de pH, conductividad eléctrica y turbiedad.....	51
Figura 18. Rotulado, preservación y transporte de las muestras para la determinación de parámetros físico químicos en laboratorio externo Analytical Laboratory E.I.R.L.....	52
Figura 19. Celda de electrocoagulación.....	58
Figura 20. Efecto del voltaje en la remoción de la turbidez.....	60
Figura 21. Efecto del voltaje en el porcentaje de incremento del pH en función del tiempo de aplicación	66
Figura 22. Efecto del voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica en función del tiempo de aplicación	71
Figura 23. Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de la turbidez en función del tiempo	75
Figura 24. Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de aceites y grasas en función del tiempo	80
Figura 25. Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno en función del tiempo	84

Figura 26. Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno en función del tiempo.....	89
Figura 27. Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales en función del tiempo	94
Figura 28. Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables en función del tiempo	99
Figura 29. Montaje de los electrodos en el reactor	131
Figura 30. Instalaciones del área de lavado de la Empresa Pegasus Rent a Car S.A.C.	131
Figura 31. Envases esterilizados del laboratorio externo ALAB (Analytical Laboratory E.I.R.L.)	132
Figura 32. Análisis de muestra en el laboratorio de Aguas de la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.....	132

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	130
Anexo 2. Panel fotográfico del trabajo experimental	131
Anexo 3. Resultados de análisis de los envases biodegradables	133

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna. En la metodología utilizada se diseñó un sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio con 4,5 litros de capacidad. Los tratamientos utilizados fueron voltajes de 5, 15 y 25 voltios y tiempo de aplicación de 10 y 20 minutos para su posterior análisis que fueron enviados al laboratorio ALAB. Para determinar la remoción de turbidez en el diseño del sistema de electrocoagulación se utilizó 2 tratamientos con 2 repeticiones; y para determinar el tratamiento eficiente se realizó un experimento factorial de 3x2 con 2 repeticiones. Los resultados obtenidos indican que se obtuvo una remoción de turbidez. Se observó una eficiencia de remoción del 72 a 73 % de AyG, 86 a 92 % de DBO₅, 87 a 93 % de DQO, 83 a 96 % de SST y 65 a 89 % de SS. Además, un incremento de pH de 21 a 47 % y 1 a 22 % de CE. Se concluye que se diseñó un sistema de electrocoagulación que permitió un alto porcentaje de eficiencia de remoción de los parámetros físico químicos al utilizar 25 voltios y 10 minutos de tiempo de aplicación.

Palabras clave: Aguas residuales, eficiencia, electrocoagulación, remoción, turbidez.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the influence of electrocoagulation for the efficient treatment of wastewater from vehicle washing in the city of Tacna. In the methodology, a laboratory-scale electrocoagulation system with a capacity of 4,5 liters was designed. The treatments used were voltages of 5, 15 and 25 volts and application times of 10 and 20 minutes for subsequent analysis, which were sent to the ALAB laboratory. To determine the removal of turbidity in the design of the electrocoagulation system, 2 treatments with 2 repetitions were used; and to determine the efficient treatment, a 3x2 factorial experiment with 2 repetitions was carried out. The results obtained indicate that turbidity removal was obtained. A removal efficiency of 72 to 73% of AyG, 86 to 92% of BOD5, 87 to 93% of COD, 83 to 96% of TSS and 65 to 89% of SS was observed. Additionally, an increase in pH from 21 to 47% and 1 to 22% EC. It is concluded that an electrocoagulation system was designed that allowed a high percentage of removal efficiency of the physical and chemical parameters when using 25 volts and 10 minutes of application time.

Keywords: Wastewater, efficiency, electrocoagulation, removal, turbidity.

INTRODUCCIÓN

La problemática que enfrenta la población mundial en la actualidad, es encontrar alguna alternativa viable para lograr un tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos, lo cual generan efluentes con alta carga de sólidos y metales que influyen al medio ambiente (Ramírez, 2022). De tal modo, surge la necesidad de implementar nuevas formas de tratar eficientemente el agua residual con una viabilidad económica en bajos costos de inversión, operativos y de mantenimiento (Molinos et al., 2012).

La carga contaminante de los efluentes provenientes del lavado de vehículos tiene influencia a la salud por la alta concentración de polvo fino de material sólido que son expuestos durante las jornadas de trabajo, generando una coloración oscura, olor característico de lodo almacenado y aumento de turbidez, así como el pH, sólidos suspendidos totales y otros parámetros fisicoquímicos. Por lo tanto, establecer un tratamiento eficiente logrará la remoción de sus contaminantes y cumplirá la normativa ambiental vigente de las descargas de efluentes industriales a redes de alcantarillado Valores Máximos Admisibles (VMA) D.S. N°021-2009-VIVIENDA, la cual sanciona a las empresas que excedan los valores de la norma en sus descargas de efluentes en el sistema de alcantarillado (Guillén et al., 2020).

La electrocoagulación es un tratamiento electroquímico que consiste en aplicar el paso de corriente eléctrica a través de la muestra de agua para la producción de iones metálicos, que es el coagulante en un reactor electrolítico para aglomerar y precipitar sustancias o partículas como metales pesados, sustancias orgánicas, etc (Tame, 2019). El diseño de la celda de electrocoagulación puede ser como un reactor tipo Batch a escala de laboratorio que puede tratar hasta 4,5 litros de muestra de agua residual, el material puede ser de vidrio o acrílico, con dimensiones de tal forma que puedan estar sumergidos los electrodos (placas) conectados a una fuente de poder que regula el suministro de energía que se proporciona a la celda (Aguilar, 2015).

La eficiencia de remoción de los contaminantes ocurre a través de un diseño de reactor de electrocoagulación a escala piloto, que lleva una serie de ánodos y cátodos conectados a una fuente de poder que suministra voltaje mediante un tiempo de aplicación definido (Apráez, 2015). En Perú, solamente el 14 % de plantas de tratamiento de agua residual cumplen la normativa para la remoción de contaminantes, sin embargo, existe tecnologías limpias, eficientes e innovadoras así como procesos electroquímicos que son beneficiosos (Camacho, 2017).

Asimismo, las descargas de aguas residuales no domésticas provenientes del lavado de vehículos en el sistema de alcantarillado provocan el deterioro de las instalaciones, infraestructura y equipos, ya que estos son dispuestos con una alta carga de contaminantes incumpliendo la norma de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado (D. S. N° 021-2009-VIVIENDA, 2009).

Para la obtención de datos, se diseñó un sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio con capacidad de 4,5 litros de muestra de agua residual, donde se suministró una variación de voltajes en 2 tratamientos con 2 repeticiones para obtener la remoción de turbidez. Mientras que para obtener un tratamiento eficiente en la remoción de los parámetros físico químicos para mejorar la calidad de agua residual se suministró un voltaje de 5, 15 y 25 voltios; y tiempos de aplicación de 10 y 20 minutos; es por ello que la presente investigación plantea determinar la influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna.

En el Capítulo I se da a conocer el planteamiento del problema, en el cual detallan la descripción del problema, formulación del problema, delimitación de la investigación, justificación e importancia y limitaciones de

la investigación. En el Capítulo II se detalla los objetivos de la investigación, hipótesis y la operacionalización de variables. En el Capítulo III se expone los antecedentes del estudio, bases teóricas y definición de conceptos básicos. En el Capítulo IV se expone el marco metodológico, tipo y diseño de investigación, población y muestra del estudio, procedimiento experimental y los materiales y equipos utilizados. En el Capítulo V se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos propuestos y la discusión, donde se comparan los resultados y se cuestionan con otros autores; las conclusiones, recomendaciones para otros trabajos de investigación, las referencias bibliográficas utilizadas y finalmente, los anexos donde se evidencian fotografías cómo se realizó el estudio de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La generación de agua residual a nivel mundial ha aumentado con el tiempo debido a su alto contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas. Esta composición se caracteriza dependiendo de la fuente de producción, ya sea doméstica, industrial o entre otras. Los impactos ambientales que se pueden originar es la contaminación del agua por la presencia de aceites, grasas, metales pesados, hidrocarburos y pueden filtrarse en cuerpos de agua; la alteración de ecosistemas acuáticos donde pueden afectar la flora y fauna acuática local; impactos en la calidad del suelo al filtrarse puede modificar su pH y parámetros físico químicos; y el riesgo a la salud humana por consumo de aguas contaminadas o si es que hubiese contacto directo con el suelo contaminado. Las instalaciones de lavado de vehículos es una actividad que se utiliza un elevado consumo de agua potable y su descarga al alcantarillado de sus efluentes no poseen un tratamiento previo. Estas instalaciones no cumplen con las normas ambientales y están despilfarrando bienes económicos con los altos pagos del servicio público y alcantarillado (Tavera & Torres, 2015).

En nuestro país, la actividad económica de centros de lavado de vehículos ha incrementado, y de igual modo el agua utilizada para su

actividad de 50 a 380 litros aproximadamente de agua con presencia de cargas contaminantes, grasas, sólidos, aceites por vehículo que se descargan al alcantarillado incumpliendo los Valores Máximos Admisibles. Ante estas malas prácticas ambientales que afectan el sistema de alcantarillado y la vida útil de las tuberías se presenta la norma aplicable para las descargas de aguas residuales no domésticas, siendo el Decreto Supremo 021-2009-VIVIENDA, donde se establecen valores máximos de descarga de aguas residuales en el alcantarillado. Esta norma es de carácter obligatorio y a nivel nacional, donde se diera el caso de que superen los VMA, el ente fiscalizador está en facultad de realizar el cobro respectivo establecido por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS (Apráez, 2015).

Conforme lo indicado, la presente investigación busca determinar la influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la Ciudad de Tacna, tomando en consideración los factores de control como el voltaje y el tiempo de aplicación.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el diseño y construcción del sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de la turbidez del agua residual?
- ¿Cómo influye el voltaje y el tiempo de aplicación en el proceso de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna?

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Delimitación temporal

Para la obtención de datos, se consideró el tiempo de aplicación de 10 y 20 minutos a diferente voltaje para un tratamiento eficiente en el sistema de coagulación a escala de laboratorio, al concluir ese tiempo, se

realizó el muestreo para los análisis de sus parámetros físico químicos y la elección del tratamiento eficiente.

1.3.2 Delimitación espacial

Para la obtención de la muestra de agua residual el presente estudio se desarrolló en la región Tacna, en la provincia de Tacna, en las instalaciones de la empresa Pegasus Rent a Car S.A.C., para la obtención de los resultados de los análisis fisicoquímicos de las muestras de aguas residual se realizaron en el laboratorio ALAB (Analytical Laboratory E.I.R.L.) y laboratorio de aguas de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG).

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación técnico científica

La investigación permitirá conocer la influencia de la electrocoagulación para un tratamiento eficiente de aguas residuales.

1.4.2 Justificación socioeconómica

Los tratamientos de aguas residuales por medio de la electrocoagulación se caracterizan por requerir una baja inversión referente a su infraestructura que no requiere obras civiles, requieren de menos productos químicos que produzcan gran cantidad de lodo biológico y se necesite costos adicionales para su tratamiento. No obstante, se utilizan

materiales que son de fácil alcance como es el caso de las placas de aluminio y hierro que son encontradas en la localidad, como en los casos de productos químicos como floculantes y/o coagulantes, para realizar un tratamiento fisicoquímico de aguas residuales, de tal modo, que no se encuentran en mercado nacional y deben ser adquiridos por proveedores externos del país.

1.4.3 Justificación ambiental

El tratamiento eficiente de las aguas residuales es importante para reducir la carga contaminante que estas poseen y puedan ser descargadas en el sistema de alcantarillado, de tal forma, evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura y asegurar el correcto funcionamiento garantizando su sostenibilidad. Asimismo, su tratamiento eficiente será empleando la electrocoagulación que es amigable con el ambiente, mientras que el uso de tratamientos fisicoquímicos utilizan altas dosis de coagulantes o polímeros, haciendo notar que el uso indiscriminado puede aumentar la concentración de aluminio y ocasionar problemas con la salud, pese a que requiere un mayor consumo de energía para su ejecución, es la tendencia de muchos países que se preocupan en el cuidado del planeta, debido a que no requieren insumos químicos, y no generan residuos peligrosos.

1.5 Limitaciones

Las limitaciones que enfrentó la investigación son:

La cantidad de vehículos provenientes a las instalaciones de la empresa Pegasus Rent a Car S.A.C. para su lavado es incierta según disponibilidad de servicios asignados y no se podría conocer la cantidad exacta de agua residual que se descarga en el sistema de alcantarillado.

La cantidad de muestra adquirida en las instalaciones de la empresa Pegasus Rent a Car S.A.C. fue muy limitada por la cantidad de vehículos que se lavaron el día del muestreo.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna.

2.1.2 Objetivos específicos

- Diseñar y construir un sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de la turbidez del agua residual.
- Determinar la influencia del voltaje y el tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para el tratamiento eficiente de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis general

La electrocoagulación influye eficientemente en el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna.

2.2.2 Hipótesis específicas

- El diseño y construcción del sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio permite remover la turbidez del agua residual.
- El voltaje y el tiempo de aplicación influyen en el proceso de la electrocoagulación para un tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna.

2.3 Variables

2.3.1 Indicadores de variables

2.3.1.1 Variable independiente

Voltaje (V)

Tiempo de aplicación (min.)

2.3.1.2 Variable dependiente

Remoción de turbidez (%)

Mejoramiento de la calidad de agua residual (%)

2.3.2 Operacionalización de variables

En la tabla 1 se mencionan las variables, dimensiones e indicadores que se emplearon para la presente investigación.

Tabla 1*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensión	Indicadores	Tipo
Variables independientes:			
X1 = Voltaje	Parámetros de aplicación/ operación	Voltaje: 5, 15 y 25 voltios	Continua
X2 = Tiempo de aplicación		Tiempo de aplicación: 10 minutos y 20 minutos	Continua
Variable dependiente:			
Y1 = Eficiencia de remoción de turbidez	Eficiencia de la remoción de turbidez	Eficiencia (%)	Continua
Y2= Mejoramiento de la calidad del agua		Características físico químicas del agua	Demanda biológica de oxígeno (mg/L.)
	Demanda química de oxígeno (mg/L.)		Continua
	Aceites y grasas (mg/L.)		Continua
	Sólidos suspendidos totales (ppm.)		Continua
	Conductividad eléctrica (µS/cm.)		Continua
	Sólidos sedimentables (ml/L/h.)		Continua
		pH	Continua

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes

Según Robles & López (2017), en realizar la investigación titulada “Diseño de un prototipo para el tratamiento de aguas residuales domésticas, basado en electrocoagulación” reportaron que al aplicar una corriente alterna no permitían la formación de flocs, las separaciones mayores de 2,5 cm. de los electrodos requerían tensiones mayores a 90 voltios de tal modo que permitió el ajuste para definir la densidad de corriente aplicado en el sistema, la combinación adecuada de materiales de los electrodos es acero inoxidable – acero inoxidable debido a que los flocs presentaban mayor tamaño y consistencia. La remoción en las condiciones óptimas del sistema fue de 75 – 83 % de DQO, 89 – 100 % de DBO₅, 51 – 54 % sólidos totales disueltos, 93 – 97 % de turbidez, 92 – 95 % color.

Acuña & Pujaico (2019), en la investigación “Condiciones óptimas de operación en una celda de electrocoagulación para la reducción de la demanda química de oxígeno en aguas residuales domésticas” observaron en un medio ácido con valor pH de 5,6, intensidad de corriente de 5 Amperios y un tiempo de retención de 42 minutos, pudieron obtener

una remoción de 63,3 % de DQO logrando cumplir los límites máximos permisibles en efluentes según el D.S. N° 003-2010-MINAM.

Aguilar (2015) en su estudio “Evaluación de la eficiencia una celda de electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de agua” encontró una eficiencia en la remoción del 87 % de DQO a valores óptimos de operación de 5 Amperios, tiempo de tratamiento de 15 minutos y un pH de 7,2.

El estudio de Ortiz et al. (2021), titulada “Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas contaminadas con fenoles mediante electrocoagulación” se encontró que los parámetros de control como pH, concentración inicial del contaminante, densidad de corriente, tipo de electrodos influyen de manera directa en el tratamiento de aguas donde se evidenció una remoción de 45,7 y 100 % del fenol.

De acuerdo a Camacho (2017), en la investigación “Efecto de la densidad de corriente y tiempo de electrocoagulación de la DQO y turbiedad del efluente de la laguna de oxidación, Ascope” encontraron una mayor remoción de DQO y turbiedad de 89,95 % y 95,27 % respectivamente, con una densidad de corriente de 105 A/m² y con un tiempo de 35 minutos.

Según Morales (2018), al realizar la investigación titulada “Remoción de aceites y grasas de un efluente industrial del sector lácteo por electrocoagulación con electrodos de aluminio” reportó una remoción de aceites y grasas del 65,89 % y 70,30 % con una densidad de corriente de 68,38 A/m² y 76,92 A/m² respectivamente, con un tiempo de 25 minutos.

La investigación realizada por Blas & Conislla (2021), titulada “Remoción de sólidos totales disueltos y turbidez mediante electrocoagulación y ozonificación de aguas residuales de destilería” tuvo como resultado una reducción en el parámetro de turbidez de 58 - 88 %, remoción de solidos suspendidos totales entre 53 - 91 % y DQO una remoción de 49 – 83,7 % en un potencial eléctrico de 12 voltios en un tiempo de 100 minutos determinando que es una estrategia muy eficiente al emplearse en aguas residuales de destilería.

De acuerdo a Ramón (2021), en su estudio “Aplicación de la electrocoagulación como alternativa de remoción de sólidos suspendidos totales en las aguas residuales generadas en el distrito de San Pedro de Saño, 2020” se observó que al aplicar una intensidad de corriente de 3 Amperios y un tiempo de contacto de 20 minutos, se alcanzó una mayor remoción de 89,43 % en sólidos suspendidos totales.

Manangón et al. (2010), en su investigación titulada “Evaluación de la electrocoagulación para tratamiento de efluentes generados por una empresa de mantenimiento de motores” encontraron que, al aplicar una intensidad de corriente de 1,8 A., en un tiempo de 60 minutos y un pH de operación de 9,7 se pudo obtener una remoción de 32 % de DQO, 98,3 % de sólidos suspendidos totales y 97.4 % de turbiedad.

Según Mamani (2021), al realizar la investigación titulada “Modelamiento en el tratamiento fisicoquímico de aguas de lavado de lana por Electrocoagulación para cumplimiento de Valores Máximos Admisibles (VMA)” reportó una mayor remoción de DQO de 91,43 % con variables de potencial eléctrico de 5 Voltios, separación de electrodos de 2 cm. y 30 minutos de residencia.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Electrocoagulación

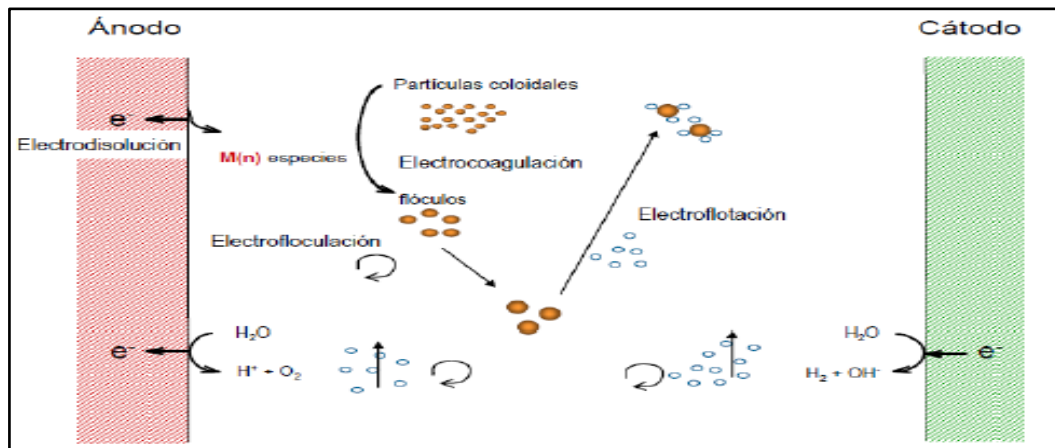
La electrocoagulación es una forma de tratamiento de aguas residuales en la cual está formado por una celda electroquímica con un ánodo y cátodo en forma vertical donde se conectan con una fuente de poder externa. Este material anódico se corroe por oxidación cuando existe una fuente eléctrica mientras que el cátodo permanece pasivo (Arango, 2005).

La electrocoagulación utiliza corriente eléctrica y electrodos de sacrificio de metal, como placas de hierro, para desestabilizar los contaminantes del agua en diferentes formas, como suspendidos, emulsionados o disueltos (Tuset, s.f.).

La desestabilización del agua residual ocurre por la adición de fuerza electromotriz formando hidróxidos complejos que producen agregados de los contaminantes como se observa en la Figura 1 (Arango, 2005).

Figura 1

Esquema de la celda de electrocoagulación



Nota: Como se puede observar en la Figura 1, las reacciones electroquímicas se producen dentro de la celda de electrocoagulación. Tomado de La electrocoagulación, por Arango (2005).

3.2.2 Diseño y clasificación de las celdas de electrocoagulación

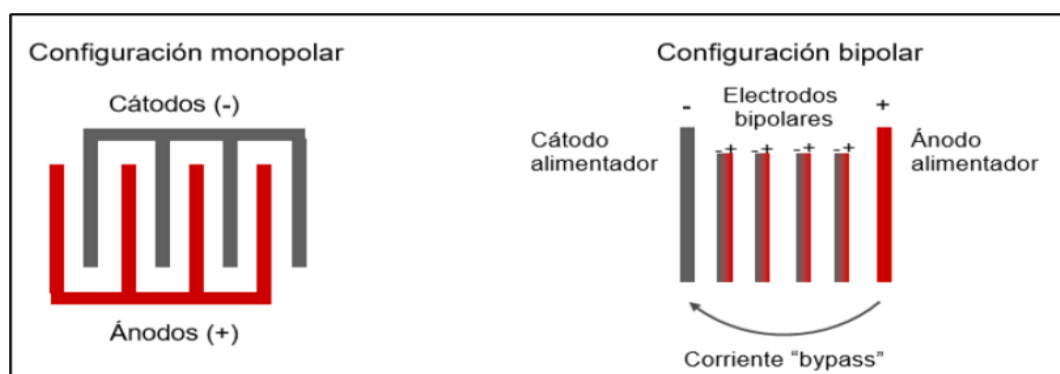
Según Barrera (2013), el diseño de los reactores puede realizarse por flujo horizontal o vertical según la dirección del flujo de la celda. Este

diseño puede provocar que el oxígeno producido por la oxidación del material anódico y las microburbujas del hidrógeno producido por la reducción del cátodo puedan actuar como coagulante para suspensión de los agregados del contaminante (Armijos & Samaniego, 2015).

Estos reactores pueden clasificarse en monopolares o bipolares según la fuente de alimentación electrónica. Una configuración bipolar opera con mayor voltaje, mientras que la monopolar con la intensidad de corriente. La ventaja de aplicar en un reactor bipolar es que se requieren dos electrodos para conectarse, lo que reduce el espacio entre sí. No obstante, un alto potencial en los electrodos hace que la corriente fluya por un bypass generado por los electrodos bipolares provocando una pérdida de corriente como se observa en la Figura 2, esto se debe tener en cuenta en considerar el tiempo de vida útil de los electrodos (Barrera, 2013).

Figura 2

Clasificación de reactores tipo monopolar y bipolar



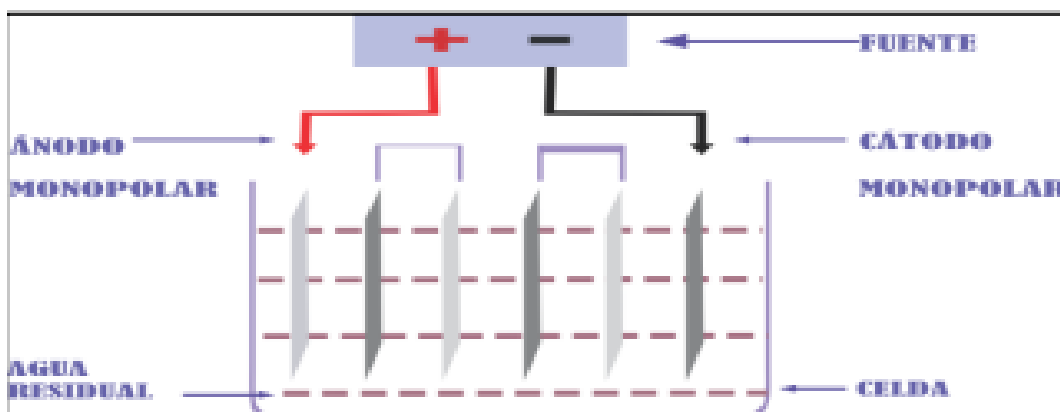
Nota: En la figura 2, se observa los tipos de reactores (2013).

El reactor tipo Batch o discontinuo, es utilizada para operaciones básicas que operan un volumen de agua residual. Además, una de las ventajas es que el reactor tiene bajo costo de operación y la desventaja es que las condiciones de operación varían con el tiempo de aplicación (Bolívar & Contreras, 2019).

Según Arango (2005), los electrodos utilizados con mayor frecuencia en el proceso de electrocoagulación son el aluminio y hierro debido a su alta eficiencia en la remoción de agentes contaminantes. Estos electrodos deben de tener el mismo diferencial de potencial al estar conectados los electrodos de sacrificio entre sí, para tener una alta remoción de agentes contaminantes como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Reactor tipo batch con electrodos monopolares en serie

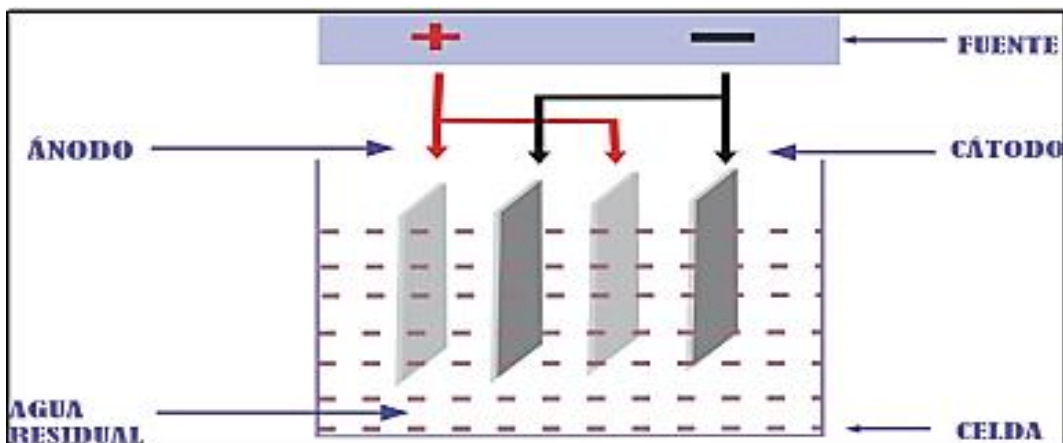


Nota: En la figura 3, se observa un reactor tipo batch con electrodos monopolares conectados en serie dentro de un reactor.

En la figura 4 se observa un reactor tipo batch en paralelo donde los electrodos de sacrificio se conectan en los extremos o en paralelo, haciendo que la corriente eléctrica se distribuya en cada uno de los electrodos teniendo una resistencia.

Figura 4

Reactor tipo batch con electrodos monopolares en paralelo



Nota: Se evidencia en la Figura 4, un reactor tipo batch con electrodos conectados en paralelo (2005).

Una corriente continua tiene que estar conectada con cocodrilos y cables de uso eléctrico a los electrodos de aluminio y hierro. Así como la distancia entre las placas tiene que ser la adecuada para que exista una mayor remoción de contaminantes, debido a que una menor distancia habrá menor resistencia lo que facilita la formación de flóculos, así como una mayor área de los electrodos en contacto con la solución (Milla, 2019).

3.2.3 Tratamiento eficiente

Es un proceso en el cual se eliminan adecuadamente los contaminantes como microorganismos patógenos, materia orgánica, nutrientes en un proceso tratamiento de aguas residuales, para que puedan ser devueltos al medio ambiente sin causar algún daño (Arango, 2005).

Según Apráez (2015) en su tesis menciona que la eficiencia en un tratamiento se evalúa la eliminación de contaminantes, calidad del efluente tratado, el consumo de energía, costos operativos, costos de mantenimiento y el cumplimiento de las normas ambientales. Así, que cuando se obtiene una remoción de contaminantes de manera rentable y sostenible, se considera eficiencia.

La eficiencia en la electrocoagulación busca un ideal de optimizar la remoción de la turbidez en las aguas residuales, a un bajo costo de operación y manejo de acuerdo a las necesidades y requerimiento de la planta de tratamiento. Esta recuperación o reutilización de agua se ha vuelto indispensable en los efluentes, al utilizar un correcto tratamiento, eficiente y que tenga un bajo impacto ambiental, costos accesibles para lograr un beneficio social, económico, cultural y ambiental para mantener un equilibrio (Velásquez, 2019).

3.2.4 Remoción de turbidez

Es la cantidad de porcentaje removido de turbidez, teniendo en cuenta la concentración inicial y final, obtenida del proceso de electrocoagulación (Mamani, 2021).

La remoción de la turbidez se aplica en el método de la electrocoagulación, debido al exceso de electrones generados por una diferencia de potencial eléctrico que ocurren en los electrodos. En el presente caso de disolución de placas de aluminio, en el cual permite la liberación de burbujas de hidrógeno produciendo la liberación de contaminantes (Blas & Conislla, 2021).

La eficiencia en la remoción de turbidez se encuentra en relación de diversos parámetros como el uso de corriente alterna que retarda los mecanismos normales de remoción de los electrodos; emplear mayor tiempo de residencia para el aumento de dosis del coagulante y por ende su remoción del contaminante; utilizar un tipo de flujo en lotes (batch) o en continuo, la configuración de los electrodos y el tipo de conexión como bipolar o monopolar (Piña et al., 2011).

Según Martínez (2008) en su investigación indica que la medida de la turbidez es efectivo en un tratamiento de aguas residuales, debido a que es una medida indirecta en la concentración de coloides. Esto se da por el

fundamento de que cuando la materia coloidal se transforma en materia particulada la turbidez disminuye. La razón es que la materia particulada sedimenta al disminuir la dispersión de la luz.

La turbidez en el agua es provocada por materia coloidal suspendido tal como la arcilla, limo o material orgánico que es causada por la luz que se encuentra dispersada y absorbida (Plata, 2020).

3.2.5 Factores que afectan el proceso de electrocoagulación

a) Influencia del voltaje en la electrocoagulación

El voltaje aplicado en la electrocoagulación juega un papel crítico en el proceso y obtención de los resultados debido a que su influencia es clave en el proceso de electrocoagulación (Trelles, 2015).

El voltaje aplicado es directamente proporcional a la eficiencia que ocurre con la coagulación de los contaminantes, porque generalmente un alto valor de voltaje conduce una mayor remoción de los contaminantes suspendidos y disueltos. No obstante, utilizar un excesivo nivel de voltaje puede traer un consumo energético innecesario o formación de subproductos no deseables (Trelles, 2015).

La generación de coagulantes dependerá del voltaje aplicado en el proceso de electrocoagulación, donde el aluminio o hierro son los protagonistas de aglomerar los contaminantes para su posterior

eliminación. Así como si la velocidad de sedimentación de los flóculos formados por los coagulantes, mejorando así la clarificación del agua de manera rápida (Plata, 2020).

Asimismo, al aplicar un alto voltaje puede modificar el pH del agua tratada. Esto puede adecuar el pH para el tratamiento o ser un efecto secundario que requiera corrección (Plata, 2020).

Por lo tanto, un alto voltaje aplicado en el proceso de electrocoagulación determina un consumo energético, es importante conocer su equilibrio para obtener una eficiencia deseada sin tener que asumir grandes costos operativos, así como ser ajustado cuidadosamente para optimizar su eficiencia del tratamiento con el objetivo de cumplir la calidad de agua tratada.

b) Influencia del tiempo en la electrocoagulación

El tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación es un factor determinante para obtener una eficiencia en los resultados del tratamiento. Generalmente se observa que a un tiempo mas largo permite una coagulación más completa y la formación de flóculos más estables, lo que mejora la eficiencia del proceso (Tuset, s.f.).

La eficiencia en la remoción de contaminantes ocurre cuando se aplica un tiempo adecuado. Si es muy poco el tiempo puede resultar una

eficacia muy reducida, mientras que al aplicar demasiado puede llevar un consumo innecesario de energía y recursos (Arango, 2005).

Se debe de ajustar el tiempo de aplicación, así como los parámetros operativos, como la intensidad de corriente o concentración de electrolitos de agua tratada. Esto es importante en el proceso de electrocoagulación para maximizar su eficiencia, reduciendo los costos operativos y cumplir con los estándares de calidad del agua tratada. Se debe considerar otros factores como el voltaje aplicado, tipo de electrodos y características de agua a tratar para obtener mejores resultados en la electrocoagulación (Arango, 2005).

c) Interacción del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación

Al aplicar un mayor tiempo de aplicación y menor voltaje en el proceso de electrocoagulación permite una interacción con mayor duración de los contaminantes y los coagulantes generados, lo que podría conducir a una coagulación más completa y la formación de flóculos más grandes y estables. Menos voltaje puede conducir a un menor consumo energético y menos producción de subproductos no deseados. Además, se debe asegurar que sea un voltaje suficientemente efectivo para promover la

formación de flóculos, si es un voltaje demasiado bajo no podrá ser efectivo la coagulación (Aguilar, 2015).

Al aplicar un menor tiempo y mayor voltaje en el proceso de electrocoagulación puede generar el proceso de coagulación y puede ser beneficioso donde se requiera un tratamiento rápido o cuando sea un agua residual con contaminantes difíciles de tratar. Así, como al aplicar un tiempo muy corto puede limitar la eficacia de la coagulación y un voltaje demasiado alto puede aumentar un consumo de energía y generación de subproductos no deseados si no se controla adecuadamente (Aguilar, 2015).

No existe una selección óptima entre la interacción de voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación. Esto se obtiene al aplicar pruebas y ajustes de las condiciones según las características del agua y sus contaminantes.

3.2.6 Mejoramiento de la calidad de agua por electrocoagulación

En el proceso de electrocoagulación mejora la calidad del agua residual provenientes del lavado de vehículos que permite una remoción de contaminantes suspendidos, la reducción de contaminantes disueltos, mejora la claridad y transparencia del agua (Ramírez, 2022).

Las consideraciones que se tiene que tener en cuenta es la optimización de parámetros, donde se ajuste el voltaje, tiempo de

aplicación, tipo de electrodos y los parámetros operativos para mejorar la eficiencia del proceso; la producción de subproductos, con la posibilidad de generación de lodos que se tiene que tener un correcto manejo y disposición de residuos generados; energía y costos operativos y el cumplimiento normativo donde se asegure que cumpla con las normativas ambientales para su aplicación sostenible (Ramírez, 2022).

3.2.7 Marco legal

La normativa legal hace referencia al D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, Valores máximos admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario mitigar el impacto a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinaria y asegurar la sostenibilidad del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Estos VMA son parámetros que permiten al usuario no doméstico conocer los límites de descarga de efluentes a la red de alcantarillado. Si los VMA superan los parámetros aprobados según la tabla 2 y tabla 3, dañan la infraestructura sanitaria (D.S. N° 021-2009-VIVIENDA).

Tabla 2

Valores Máximos Admisibles de aguas residuales para la descarga al sistema de alcantarillado

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/ L	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/ L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)	mg/ L	S.S.T.	500
Aceites y Grasas (A y G)	mg/ L	A y G	100

Tabla 3

Valores Máximos Admisibles de aguas residuales para la descarga al sistema de alcantarillado (1)

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0,5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0,2
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0,5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0,02
Niquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0,5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH ⁺⁴	80
pH		pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/L/h	S.S.	8,5
Temperatura	°C	T°	<35

3.3 Definición de conceptos básicos

- **Voltaje:** Es una medida que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico como la fuerza electromotriz o presión eléctrica siendo directamente proporcional al costo de energía y varía en relación de la conductividad de la solución, distancia entre electrodos, el material y geometría de los electrodos (Mamani, 2021).
- **Turbidez:** Es el impedimento que la luz pase a través del agua, que ocurre cuando los materiales insolubles en suspensión o los coloides son difíciles de decantar. De acuerdo a su composición, estas partículas absorben o reflejan la luz, y, por consiguiente, su concentración hace que la transparencia del agua aumente o disminuya (Velásquez, 2019).
- **Calidad de agua:** Son aquellos cuerpos de agua que, por sus características físicas, químicas, biológicas y bacteriológicas determinan su idoneidad con el fin de ser utilizada para el bienestar humano, la salud de los ecosistemas acuáticos y desarrollo sostenible, por el cual su monitoreo y gestión es de vital importancia (Mamani, 2021).

- **Electrocoagulación:** Es un proceso electroquímico sencillo y efectivo que utiliza la coagulación y la energía eléctrica para eliminar agentes contaminantes en el agua mediante las reacciones directas de oxidación - reducción que ocurren en los ánodos de sacrificio y la creación de productos coagulantes que separan los contaminantes en el proceso de flotación (Velásquez, 2019).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental, pues se controla una o más variables y se demuestra una hipótesis.

4.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación que se abarcó fue aplicativo, puesto que se enfoca en la resolución de problemas de manera práctica y sencilla.

4.1.3 Diseño de investigación

En la investigación fue utilizada un experimento factorial de 3x2 con dos repeticiones. En la tabla 4 se muestra los tratamientos y repeticiones para el desarrollo de la investigación.

Tabla 4*Tratamiento y repeticiones para el desarrollo de la investigación*

N°	Parámetros		Repeticiones	Tratamientos
	Voltaje (V)	Tiempo (min)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	1	V ₁ t ₁ -01
2		T ₁ = 10	2	V ₁ t ₁ -02
3		T ₂ = 20	1	V ₁ t ₂ -01
4		T ₂ = 20	2	V ₁ t ₂ -02
5	V ₂ = 10	T ₁ = 10	1	V ₂ t ₁ -01
6		T ₁ = 10	2	V ₂ t ₁ -02
7		T ₂ = 20	1	V ₂ t ₂ -01
8		T ₂ = 20	2	V ₂ t ₂ -02
9	V ₃ = 15	T ₁ = 10	1	V ₃ t ₁ -01
10		T ₁ = 10	2	V ₃ t ₁ -02
11		T ₂ = 20	1	V ₃ t ₂ -01
12		T ₂ = 20	2	V ₃ t ₂ -02

4.2 Lugar de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en el Distrito de Tacna, Región Tacna.

4.3 Población y muestra de estudio

4.3.1 Población

En la presente investigación se tuvo como población a los efluentes provenientes del lavado de vehículos en las instalaciones de la empresa “Pegasus Rent a Car S.A.C.” en la ciudad de Tacna.

4.3.2 Muestra

El muestreo estuvo conformado por 100 litros de agua provenientes del efluente de las instalaciones de la empresa “Pegasus Rent a Car S.A.C.” en la ciudad de Tacna, donde se recolectó según al protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado descrito en la Norma Técnica Peruana 214.060 - 2016.

Para la muestra se seleccionó las instalaciones de la empresa “Pegasus Rent a Car S.A.C.” (figura 5) por tener un área de lavado destinado a sus vehículos (buses y camionetas) provenientes de la industria minera, donde se recolectó en 5 valdes de polipropileno de 20 litros para su tratamiento respectivo.

Figura 5

Ubicación de las instalaciones de “Pegasus Rent a Car S.A.C.” en la ciudad de Tacna



4.4 Método

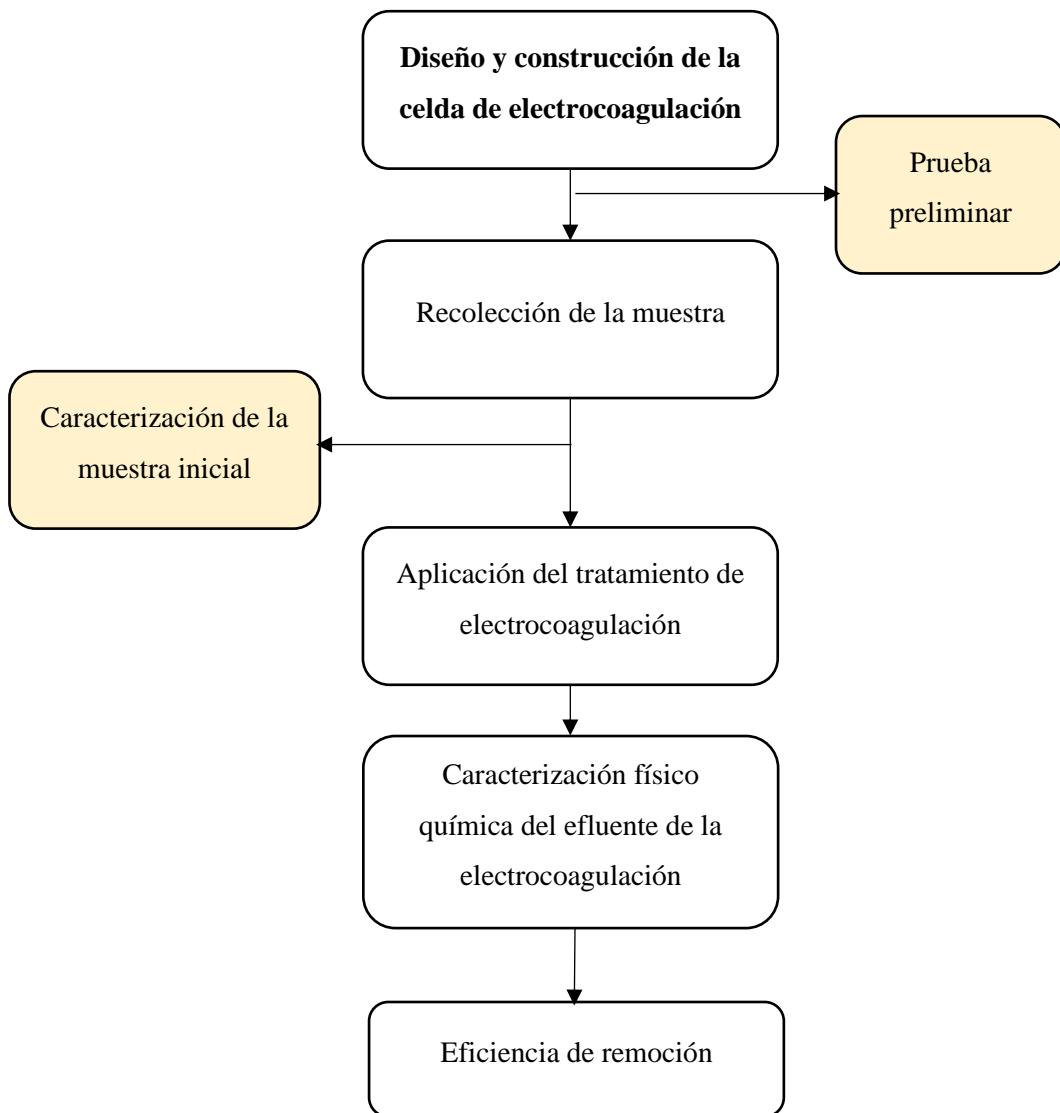
Los procedimientos para la presente investigación se describen en la figura 2, detallándose por objetivos de la siguiente manera:

4.5 Procedimiento experimental

La realización de la investigación se procedió con el diseño y construcción de la celda de electrocoagulación tomando en cuenta diversos factores, su recolección de la muestra, la evaluación del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación, y la eficiencia de remoción de sus parámetros de calidad del agua, estas se pueden observar en la figura 6.

Figura 6

Flujograma de las etapas del desarrollo de la experimentación



De tal manera, la investigación se llevó a cabo:

4.5.1 Diseño y construcción de la celda de electrocoagulación

a) Dimensionamiento de la celda

La celda de electrocoagulación se basa en un sistema que funciona de manera similar a un reactor tipo Batch a escala de laboratorio que puede tratar hasta 4,5 litros de capacidad de agua residual. El material utilizado fue una celda de vidrio transparente en forma de paralelepípedo rectangular, en el cual se encuentran sumergidos los 6 electrodos de aluminio y 6 electrodos de hierro. La fuente de poder es la que suministra energía hacia los electrodos a través de un voltaje constante en el proceso de la electrocoagulación.

Se fabricaron soportes de tubos de PVC de 22 cm. para los electrodos y puedan estar separados a una distancia de 1,5 cm. entre placas y realizar una correcta limpieza posterior a las pruebas. Las dimensiones del reactor fueron de ancho en 25 cm., largo de 23 cm. y altura de 18 cm. La muestra de agua residual se llenó hasta una altura de 13 cm. dejando un espacio de 5 cm. para la acumulación de lodo en la parte superior.

La celda de electrocoagulación posee 3 zonas principales la cual se distribuyen de la siguiente manera:

- **Zona de reacción:** Zona en el cual se origina el proceso de electrocoagulación y los electrodos se encuentran sumergidos.
- **Zona de sedimentación:** Zona donde sedimentan los lodos sedimentables.
- **Zona de flotación:** Zona donde se acumulan los lodos producidos en la flotación.

Para la obtención de la muestra, se instaló un caño de plástico, así como se observa en la figura 7.

Figura 7

Dimensiones de la celda de electrocoagulación

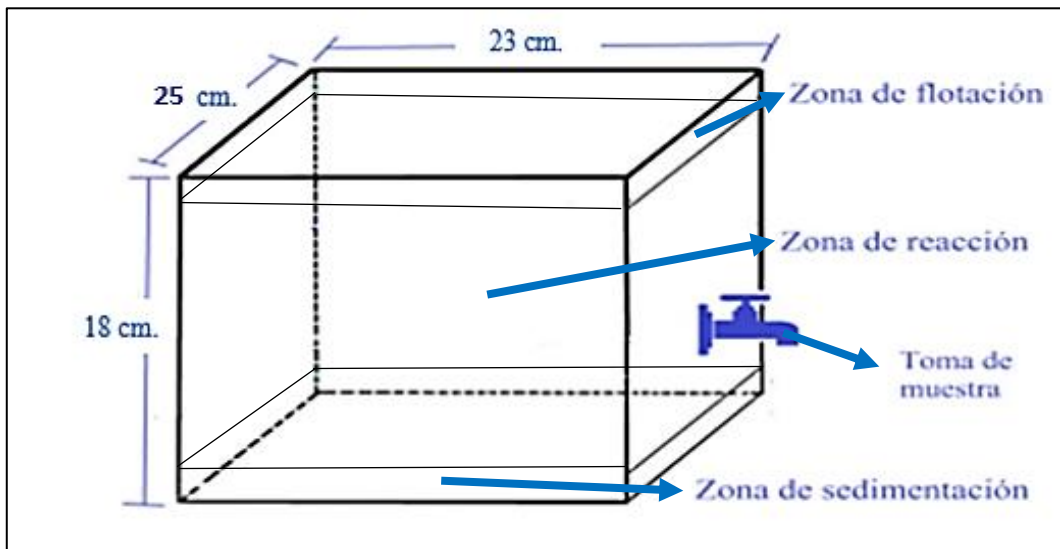
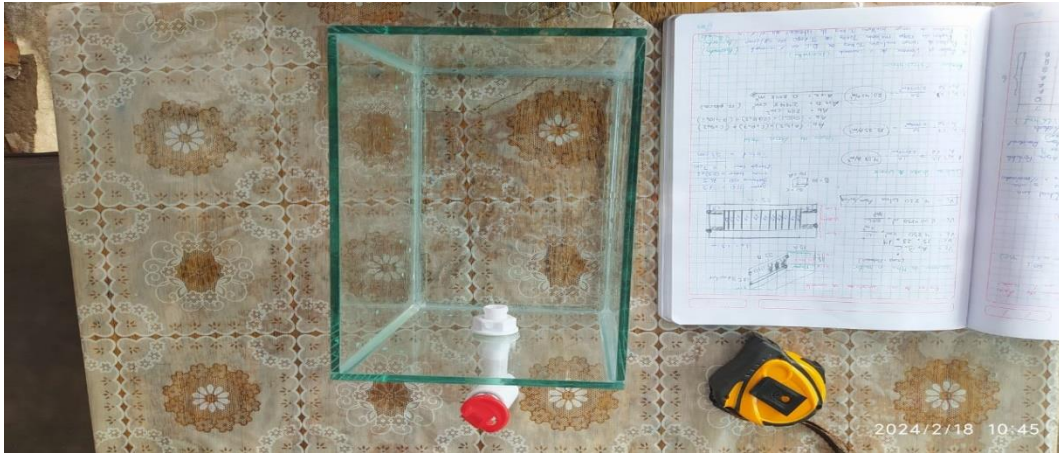


Figura 8

Reactor Batch a escala de laboratorio



Nota: En la foto se observa el montaje del reactor electrolítico de forma de paralelepípedo y con un volumen de 4,5 litros.

- **Electrodos**

Los materiales utilizados en la investigación fueron de aluminio y hierro, donde según fuente secundaria estos brindan resultados favorables, no son costosos y son fáciles de conseguir. Las dimensiones fueron de 10 cm. de largo, 10 cm. de ancho y un espesor de 0,1 cm.

Se utilizó 12 placas metálicas como electrodos, 6 de aluminio y 6 de hierro, tomando en consideración el aluminio como ánodo (electrodo de sacrificio) y hierro como cátodo.

Figura 9

Cortado de electrodos de aluminio y hierro



Nota: En las figuras A, B y C se observan el corte de las placas de aluminio y hierro, su lavado y el montaje en el reactor electrolítico para la investigación.

- Fuente de poder

La fuente de poder nos permite regular la cantidad de corriente suministrada al sistema, posee una capacidad de 0 a 30 Voltios y hasta 5 Amperios. La verificación de las lecturas se pudo monitorear a través de un Voltímetro y un cronómetro para las mediciones de tiempo. Para el suministro de corriente continua se utilizaron cables de uso eléctrico y cocodrilos para conectar las placas de aluminio y hierro.

En las figuras 10 y 11 se observa la fuente de poder utilizada en el sistema de electrocoagulación en el laboratorio y el diagrama de la celda en un proceso de electrocoagulación.

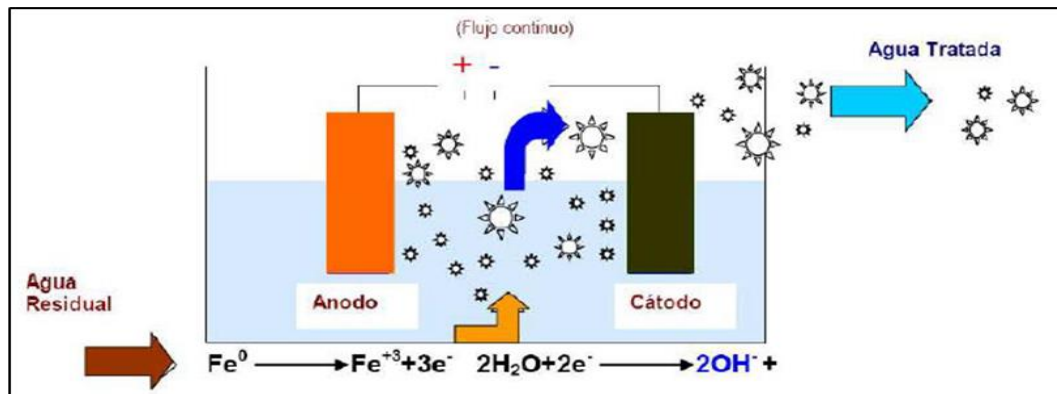
Figura 10

Fuente de poder utilizada en el Reactor del sistema de electrocoagulación



Figura 11

Diagrama de una celda de electrocoagulación



- **Materiales y equipos utilizados en la celda de electrocoagulación**

En el transcurso de la investigación se utilizaron diferentes equipos y materiales para el monitoreo y mediciones de las características físico químicas, así como el acondicionamiento del agua residual en las diferentes pruebas a escala de laboratorio.

Reactivos

- Ácido Sulfúrico 1:1
- Agua destilada
- Aguas residuales provenientes del lavado de vehículos

Equipos

- Fuente de poder DC POWER SUPPLY (0-30V/ 0-5 A) Marca: WANPTEK.
- Medidor multiparámetro
- Peachímetro de bolsillo
- Turbidímetro Marca HACH
- Cronómetro
- Voltímetro Digital Marca UNI-T.

b) Ensayos de pruebas preliminares

- Análisis de remoción de turbidez de agua de grifo

Una vez construida la celda de electrocoagulación se realizaron 02 tratamientos con 02 repeticiones para la remoción de turbidez de agua residual para observar el comportamiento de la celda, y así determinar si existe fugas de agua en el reactor; el correcto funcionamiento en la obtención de remoción de turbidez. Asimismo, se observó la óptima transferencia de corriente de la fuente de poder hacia los electrodos de aluminio y hierro, teniendo como indicador la formación de burbujas hidrógeno, así como los hidróxidos de aluminio en el ánodo.

Figura 12

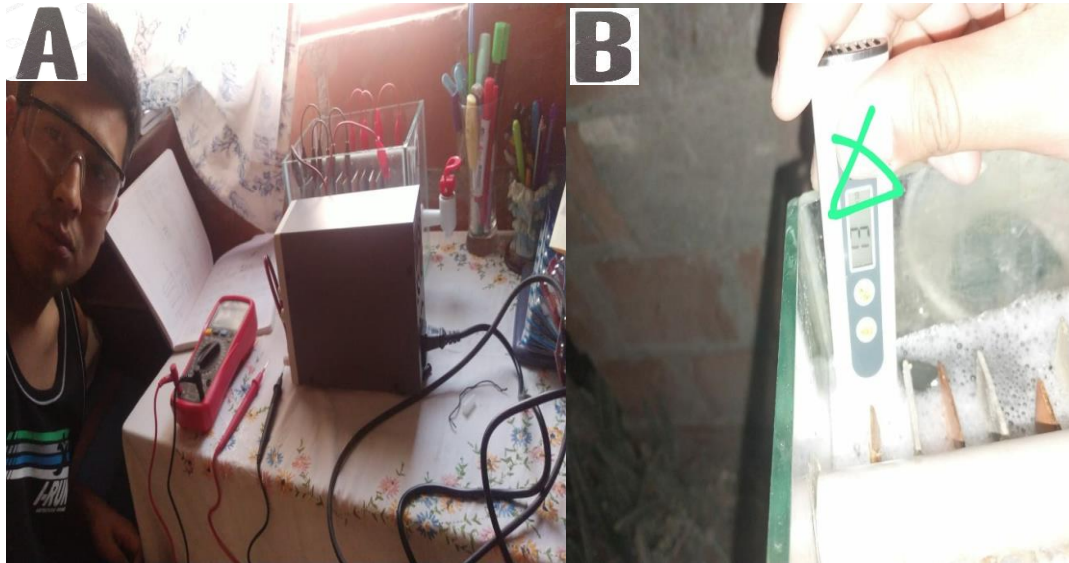
Materiales y equipos utilizados en la celda de electrocoagulación



Nota: En la figura A y B se observa los materiales, equipos utilizados y el montaje de electrodos de la celda de electrocoagulación.

Figura 13

Pruebas del reactor de electrocoagulación



Nota: En las figuras A y B se observa el montaje del equipo de electrocoagulación y las pruebas preliminares.

4.5.2 Influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación

a) Recolección de la muestra

Se tomaron las muestras del efluente provenientes del lavado de vehículos cumpliendo la Norma Técnica Peruana N° 214.060.2016 (Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado) en las instalaciones de la empresa Pegasus Rent a Car S.A.C. ubicada en la Av. Panamericana Sur Mz. A Lote 1 Sector Copare, en la ciudad de Tacna.

Estas muestras fueron recolectadas en 5 valdes de polipropileno de 20 litros de capacidad y se derivó al laboratorio de Aguas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann para su caracterización respectiva.

Figura 14

Recolección y lavado de muestra de agua residual



Nota: En las figuras A, B y C se observan el lugar y el proceso de lavado de vehículo para la obtención de la muestra del efluente.

b) Caracterización de la muestra inicial

Para la caracterización de la muestra inicial se tomó el agua del grifo mediante el protocolo de la Norma Técnica Peruana 214.060.2016. La muestra se derivó al laboratorio de aguas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann para determinar los parámetros de potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y turbiedad (NTU). Mientras que los parámetros de Aceites y grasas (A y G), Demanda biológica de

oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS) son derivados al laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L. (ALAB) para su análisis respectivo.

Figura 15

Acondicionamiento de envases de muestreo para laboratorio



Nota: En la figuras A y B, se observa los envases que serán utilizados para el muestreo y derivarlo hasta el laboratorio externo (ALAB)

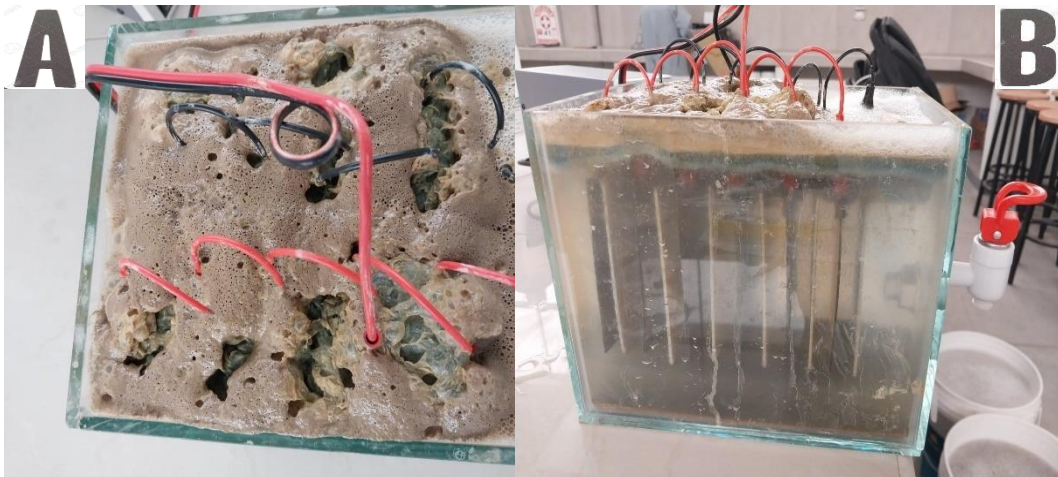
c) Aplicación del tratamiento de electrocoagulación

La aplicación de la electrocoagulación en los tratamientos de la muestra de agua residual, se dio con el fin de remover la carga de los contaminantes, al modificar sus factores de voltaje a diferentes niveles en los tiempo de aplicación, de tal manera obtener el mayor porcentaje de remoción en sus parámetros físico - químicos como el potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), turbiedad (NTU), aceites y

grasas (A y G), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (SS); luego de aplicar los tratamientos, se procedió a realizar las pruebas estadísticas para evaluar el tratamiento eficiente de los 06 tratamientos, al utilizarse pruebas de análisis de varianza y Tukey.

Figura 16

Lodo del proceso de electrocoagulación



Nota: En las figuras A y B donde se observa desde la parte superior y de perfil el reactor respectivamente, el lodo que se produce en el proceso de electrocoagulación al suministrar voltaje y en un tiempo de aplicación establecido.

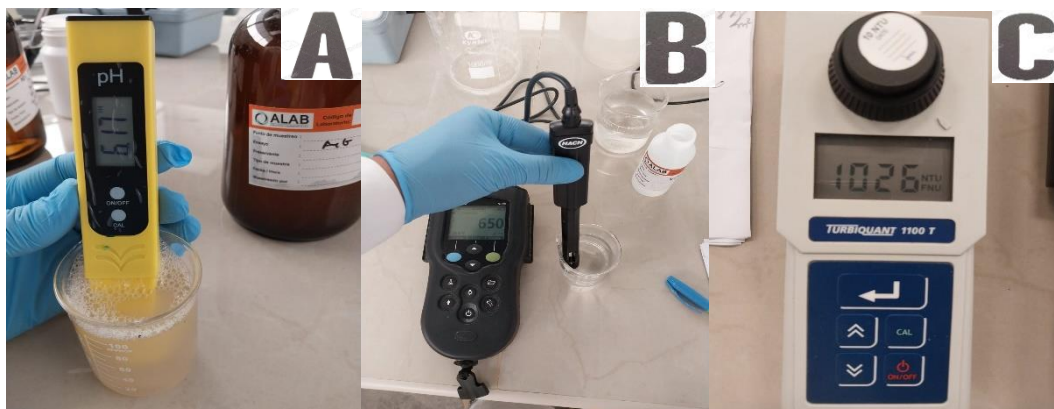
d) Caracterización físico química del efluente de la electrocoagulación

El agua residual proveniente del lavado de vehículos se le efectuó una caracterización físico – química, donde parte de los parámetros de medición se efectuó en un laboratorio externo (ALAB). El análisis de los parámetros de la muestra de agua residual inicial o cruda nos permitirá observar que parámetros no cumplen el D.S. 021 – 2009 – VIVIENDA (Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado), detallado en la Tabla 2 y Tabla 3. Posterior a la caracterización de los efluentes se evaluó el tratamiento eficiente según los resultados obtenidos.

A continuación, se presentan en la figura 13 los equipos empleados en la determinación de pH, conductividad eléctrica y turbiedad. Así, como en la figura 17 se observa el rotulado, preservación y transporte de las muestras del agua residual luego del proceso de electrocoagulación para la determinación de los parámetros de Aceites y grasas (A y G), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS) al laboratorio externo Analytical Laboratory E.I.R.L.

Figura 17

Determinación de pH, conductividad eléctrica y turbiedad.



El rotulado tiene que detallar el código de muestreo, parámetro, si hubiese algún preservante, el tipo de agua residual, la fecha y hora del muestreo y el encargado; la preservación se realizó con ácido sulfúrico 1:1 para las muestras de los parámetros de aceites y grasas (A y G) con 20 gotas y demanda química de oxígeno (DQO) con 10 gotas de preservante.

El transporte se realizó mediante el uso de coolers que contiene las muestras de agua residual después del proceso de electrocoagulación. Se añadió el ice pack para mantener la temperatura adecuada de $< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$. como dispone el Protocolo de muestreo aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado (INACAL, 2016). Estas se enviaron mediante transporte interprovincial hasta la ciudad de Arequipa que se encuentra el laboratorio externo.

Figura 18

Rotulado, preservación y transporte de las muestras para la determinación de parámetros físico químicos en laboratorio externo Analytical Laboratory E.I.R.L.



Nota: En las figuras A, B y C se observan el rotulado, la preservación y transporte de las muestras después del tratamiento de electrocoagulación.

e) Eficiencia de remoción

La eficiencia de remoción en los tratamientos de electrocoagulación busca la relación entre la masa removida (concentración final) y la masa de concentración del efluente (concentración inicial) con la finalidad de alcanzar un mayor porcentaje de remoción en sus parámetros físico – químicos.

Para su determinación se obtuvo de acuerdo a Aguilar (2015) con la ecuación 1:

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{(\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final})}{\text{Concentración inicial}} \times 100\% \quad \text{Ec. 1}$$

Para el análisis de caracterización fisicoquímica de los efluentes de agua residual post tratamiento se determinó de la siguiente manera:

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Según el equipo peachímetro de bolsillo previamente calibrado establecido por Mamani (2015).

- **Conductividad eléctrica (CE)**

Según el equipo multiparámetro de mesa previamente calibrado establecido por Mamani (2015), siendo el resultado expresado en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- **Turbiedad (NTU)**

Según el equipo Turbidímetro de Marca TURBIQUANT 1100 T previamente calibrado establecido por Mamani (2015), siendo el resultado expresado en Unidades de Turbidez Neleformétrica (NTU).

- **Aceites y Grasas (A y G)**

Según método ASTM D8193-18 establecido por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2016), siendo el resultado expresado porcentaje (%).

– **Demanda bioquímica de oxígeno (DQO)**

Según método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023 establecido por el INACAL (2016), siendo el resultado expresado porcentaje (%).

– **Demanda química de oxígeno (DBO₅)**

Según método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023 establecido por el INACAL (2016), siendo el resultado expresado porcentaje (%).

– **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Según método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023 establecido por el INACAL (2016), siendo el resultado expresado partes por millón (ppm).

– **Sólidos sedimentables (SS)**

Según método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023. establecido por el INACAL (2016), siendo el resultado expresado partes por millón (ppm).

4.6 Materiales y equipos

4.6.1. Materiales de laboratorio

- 06 vasos de precipitados de 1000 ml

- 04 vasos de precipitados de 500 ml
- Agua destilada
- Ácido sulfúrico
- Agua residual provenientes del lavado de vehículos
- 03 Coolers
- 03 Ice Pack
- 06 Pares de guantes de látex

4.6.2 Equipos

- Medidor multiparámetro
- Fuente de poder DC POWER SUPPLY (0-30V/ 0-5 A) Marca: WANPTEK.
- Peachímetro de bolsillo
- Turbidímetro Marca HACH
- Cronómetro
- Voltímetro Digital Marca UNI-T.
- Impresora
- Laptop

4.6.3 Reactivos

- Ácido sulfúrico

4.7 Análisis estadístico

En el primer objetivo específico para el diseño y construcción de la celda de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de turbidez se realizó pruebas preliminares para observar la remoción en 02 tratamientos con 02 repeticiones en un diseño estadístico de t-students y se contrastó con una prueba de Tukey ($p < 0,05$) en el Programa estadístico Info Stat.

Para el segundo objetivo específico para evaluar la influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para un tratamiento eficiente de aguas residuales se trabajó con un experimento factorial de 3x2 con 02 repeticiones mediante un análisis de varianza y se complementó con la prueba de contraste múltiple de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el programa Info Stat según Vera (2016) para el procesamiento de datos en un diseño experimental se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la relación cuantitativa de los parámetros de los experimentos y sus interacciones si fueron significativas en el proceso, así poder interpretar el efecto sobre las variables de respuesta de la investigación. Además, se calculó el coeficiente de variabilidad (CV) para analizar las desviaciones de los datos con respecto a la media y conocer el nivel de confiabilidad de los datos.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados

5.1.1 Diseño y construcción de la celda de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de turbidez del agua residual

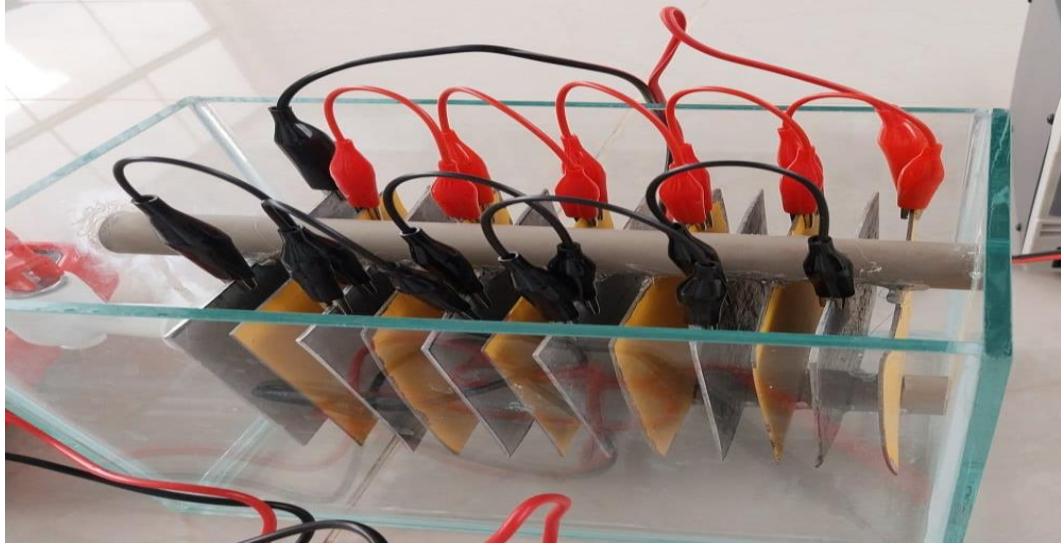
Con el fin de evidenciar la influencia del diseño de una celda de electrocoagulación para la remoción de turbidez de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos, se realizaron pruebas preliminares para determinar una correcta toma de decisiones en la construcción de la celda.

a) Diseño de la celda de electrocoagulación

La celda de electrocoagulación que se observa en la Figura 19 está compuesto por un material de vidrio transparente en forma de paralelepípedo rectangular de 6 mm de espesor con dimensiones de 25 cm. de ancho, 23 cm. de largo y 13 cm. de alto.

Figura 19

Celda de electrocoagulación



Nota: En la figura 19, se observa la celda de electrocoagulación con un volumen de 4,5 litros.

En la celda se utilizaron 12 electrodos de forma rectangular de materiales de Aluminio y Hierro (6 de cada material) con dimensiones de 10 cm. de largo, 10 cm. de ancho y un espesor de 0,1 cm. y el uso de dos tubos de PVC de 22 cm. en la parte superior e inferior para la conexión entre los electrodos con una distancia de 1,5 cm. y tener en cuenta la misma distancia entre placas.

b) Sistema eléctrico

El sistema eléctrico utilizado tuvo cambios en la realización de las pruebas donde inicialmente se utilizó una fuente de corriente directa de 3,5

Voltios, debido al tamaño de la celda de electrocoagulación y al volumen tratado, se tuvo la necesidad de aumentar el voltaje aplicado a 5 voltios, por ello se utilizó una fuente de poder que permite variar la tensión de corriente.

c) Efecto del diseño y construcción de la celda de electrocoagulación en la remoción de turbidez

Se realizaron ensayos preliminares de muestra de agua residual proveniente de lavado de vehículos, con el fin de determinar el rango de voltaje que influye en la remoción de turbidez en el proceso de electrocoagulación. De manera inicial se realizaron pruebas con 3,5 voltios, para la remoción de turbidez, siendo el valor inicial de 889,46 NTU donde se observó la formación de algunas burbujas y la formación de pequeños sobrenadantes; logrando un poco remoción de turbidez. Este comportamiento incentivó a incrementar a 5 voltios debido al volumen de la muestra y se observó presencia de flocs y el sobrenadante disminuyó considerablemente. En la Tabla 5 y Figura 20 se evidencian los resultados de los datos de observación, y el porcentaje de remoción de turbidez.

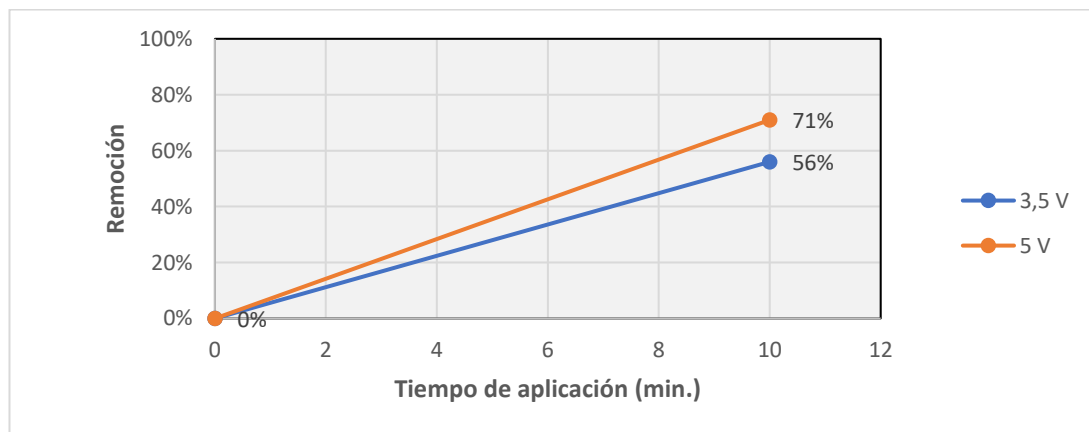
Tabla 5

Pruebas preliminares de remoción de turbidez

Repeticiones	Tratamiento	Voltaje (V)	Tiempo (min)	Media Turbidez (NTU)	Remoción (%)
1	1	3,5	10	388,16	56
2		3,5	10	379,80	57
1	2	5	10	262,41	70
2		5	10	257,29	71

Figura 20

Efecto del voltaje en la remoción de turbidez



En la tabla 6 se presenta la prueba de T-student para comparar los 2 tratamientos con 2 repeticiones a diferentes voltajes para la remoción de turbidez, lo cual indica un p-valor de 0,0025, evidenciando diferencias significativas que, al aplicar 5 voltios se obtiene una mayor remoción de

Turbidez de 70,50 %. Mientras que al aplicar 3,5 voltios se obtuvo una remoción de turbidez de 56,50 %.

Tabla 6

Prueba de t-student para el voltaje en la remoción de turbidez

Variable	Remoción turbidez	p-valor
3,5 voltios	56,50	0,0025
5 voltios	70,50	0,0025

Como se evidenció diferencias significativas entre sí, se aplicó la prueba de rangos múltiples de tukey ($p < 0,05$) para comparar la remoción de turbidez según el voltaje (Tabla 7). El resultado se evidenció que al aplicar 5 voltios se obtuvo una mayor remoción de turbidez de 70,50 %.

Tabla 7

Prueba de rangos múltiples de tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la remoción de turbidez

Variable	Remoción turbidez (%)	Clasificación
5 voltios	70,50	a
3,5 voltios	56,50	b

5.1.2 Influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para el tratamiento eficiente de las aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la Ciudad de Tacna.

a) Caracterización físico química de muestra de agua de grifo

El análisis de los parámetros físico químicos que se realizaron fueron obtenidos del agua del grifo que utilizan para realizar su actividad de lavado de vehículos en las instalaciones de la empresa Pegasus Rent a Car S.A.C. Se recogieron un total de 16 muestras de agua de grifo, donde se analizaron con 2 repeticiones cada parámetro físico químico.

Se determinó in situ el pH; las muestras de conductividad eléctrica y turbidez se llevaron al laboratorio de aguas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; mientras que las muestras de los parámetros de aceites y grasas, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables se enviaron a analizar al laboratorio ALAB (Analytical Laboratory E.I.R.L.) con las condiciones de preservación que indica INACAL (2016).

Tabla 8*Caracterización de la muestra de agua de grifo*

Parámetros	Expresión	Unidad	Repetición	Repetición	Promedio
			1	2	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	2,00	2,00	2,00
Demanda química de Oxígeno	DQO	mg/L	5,00	5,00	5,00
Sólidos Suspendidos Totales	S.S.T.	mg/L	5,00	5,00	5,00
Aceites y Grasas	A y G	mg/L	0,86	0,84	0,85
Sólidos Sedimentables	S.S.	mg/L	0,10	0,10	0,10
Potencial de hidrógeno	pH	...	6,89	6,82	6,86
Turbidez	N.T.U.	U.N.T.	1,12	1,00	1,06
Conductividad eléctrica	C.E.	μS/cm	652,00	651,00	651,50

Los Valores obtenidos nos dan un alcance como es que la actividad del lavado de vehículos eleva los valores de los parámetros físico químicos del agua de grifo provocando una contaminación y excediendo los valores Máximos Admisibles (VMA) que provocan una sanción económica o cierre definitivo de las instalaciones al incumplir la norma Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.

b) Caracterización de la muestra residual inicial

Se evaluaron los parámetros físico químicos iniciales del agua residual provenientes del lavado de vehículos antes de aplicar el proceso de electrocoagulación, en el cual se describen en la Tabla 9. Los resultados de los valores analizados se compararon con los Valores Máximos Admisibles D.S. 021-2009 VIVIENDA.

Tabla 9

Caracterización físico química de la muestra residual inicial

Parámetro	Unidad	Valor	VMA
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	548,05	500
Demanda química de oxígeno	mg/L	1242,75	1000
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2195,7	500
Aceites y grasas	mg/L	18	100
Sólidos sedimentables	mg/L	31,55	8,5
Potencial de hidrógeno	pH	6,18	6 a 9
Turbidez	N.T.U.	889,46	100
Conductividad eléctrica	μS/cm	1779,5	...

Los datos obtenidos de la tabla 9, solo los parámetros de Aceites y grasa y el pH se encuentran dentro del rango de los valores máximos admisibles, mientras que los otros parámetros no cumplen con lo establecido.

La determinación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y turbidez permitió que se realice el proceso de electrocoagulación, donde a cada tratamiento se realizó con dos repeticiones, obteniendo eficiencia de remoción en los parámetros mencionados.

c) Efecto del comportamiento del pH

En la tabla 10 y figura 21, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación, nos indica que existe un incremento de pH de hasta de 9,06 a los 25 voltios a los 20 minutos de aplicación excediendo los valores máximos admisibles, mientras que un valor cercano fue a los 15 voltios con 20 minutos de aplicación dando un valor de 8,87.

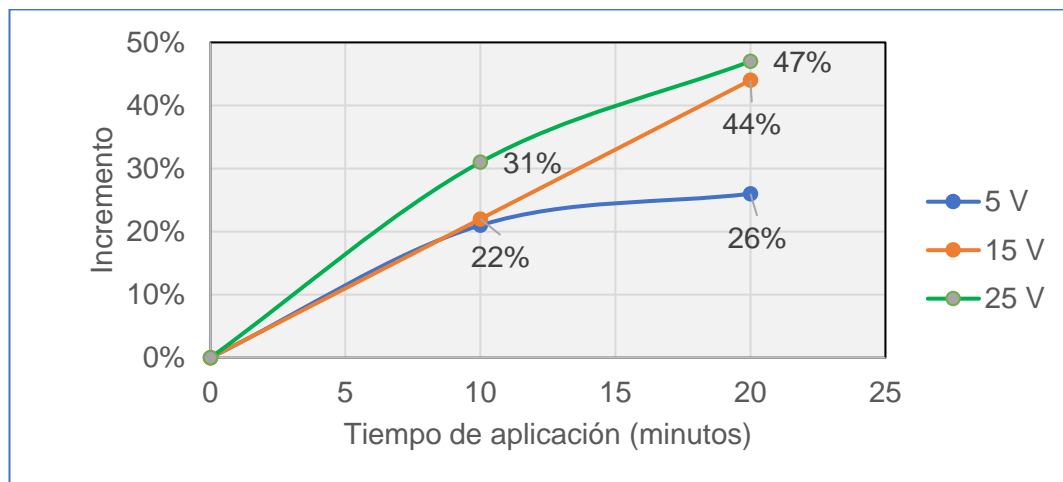
Tabla 10

Porcentaje de incremento del pH

N°	Parámetros		Promedio	Incremento
	Voltaje (V)	Tiempo (min.)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	7,46	21 %
2		T ₂ = 20	7,78	26 %
3	V ₂ = 15	T ₁ = 10	7,54	22 %
4		T ₂ = 20	8,87	44 %
5	V ₃ = 25	T ₁ = 10	8,08	31 %
6		T ₂ = 20	9,06	47 %

Figura 21

Efecto del voltaje en el porcentaje de incremento del pH en función del tiempo de aplicación



En la tabla 11 se presenta el análisis de varianza del porcentaje de incremento del pH por voltaje y tiempo de aplicación, la cual indica que existe una diferencia significativa en los resultados, con un nivel de confianza del 95 % y un coeficiente de variabilidad del 1,07 %.

Tabla 11

Análisis de varianza del porcentaje de incremento del pH

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	1,84	2	0,93	123,37	<0,0001
Tiempo de aplicación: B	2,3	1	0,92	121,54	<0,0001
AB	0,53	2	2,3	303,89	0,0005
Error	0,05	6	0,26	34,94	
Total	4,71	11	0,01		

CV = 1,07 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar el incremento del pH según el voltaje aplicado (tabla 12). Los resultados mostraron que a un voltaje de 25 presenta un incremento del 38,67 % de pH, resultando significativamente diferente a comparación con los otros valores de 15 y 5 voltios registrando incrementos de 32,68 % y 23,30 % respectivamente.

Tabla 12

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de incremento del pH

Voltaje (V)	Medias (%)	Significancia
25	38,67	a
15	32,68	b
5	23,30	c

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar el incremento del pH según el tiempo de aplicación (tabla 13). Se obtuvo como resultado que en un tiempo de aplicación de 20 min. presenta un incremento de 38,67 % de pH, resultando significativamente diferente a comparación del otro tratamiento de 10 min. de aplicación registrando un incremento de 23,30 %.

Tabla 13

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de incremento del pH

Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
20	38,67	a
10	23,30	B

En la tabla 14 se observa que el uso de 25 voltios y 20 minutos de aplicación en el proceso de electrocoagulación permitió obtener un incremento hasta de 46,60 % (9,06) no presentando diferencias significativas con el incremento de 43,52 % (8,97) al realizar el tratamiento con 15 voltios y 20 minutos de aplicación. Ambos resultados difirieron significativamente a los valores de voltaje de 25 y 5 voltios con 10 y 20 minutos de aplicación respectivamente; aunque los dos últimos valores tampoco evidenciaron diferencias significativamente entre sí, teniendo incrementos de 22 % (7,54) y 20,71 % (7,46) con voltajes de 5 y 15 voltios con 10 minutos de aplicación respectivamente.

Tabla 14

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de incremento del pH

A: Voltaje (V)	B: Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
25	20	46,60	a
15	20	43,52	a
25	10	30,74	b
5	20	25,89	b
15	10	22,00	c
5	10	20,71	c

d) Efecto del comportamiento de la conductividad eléctrica

En la tabla 15 y figura 22, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación, nos indica que existe un porcentaje de eficiencia de remoción del 22 % obteniendo un valor de 1382,00 $\mu\text{S/cm}$ de conductividad eléctrica a los 15 voltios y 10 minutos de tiempo de aplicación. Además, se observó un incremento de la conductividad eléctrica con un valor de 1962,50 $\mu\text{S/cm}$ a los 5 voltios y 20 minutos de tiempo de aplicación, siendo un alto valor debido al hidrólisis del agua, presencia de sales o una variación alta de pH que pudo afectar el proceso de electrocoagulación.

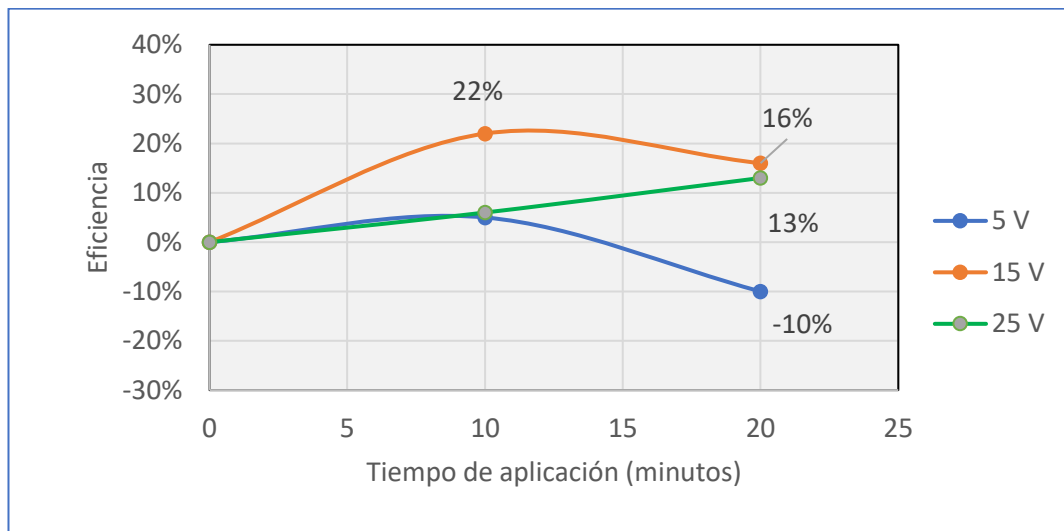
Tabla 15

Porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica

N°	Parámetros		Promedio ($\mu\text{S/cm}$)	Eficiencia
	Voltaje (V)	Tiempo (min)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	1759,00	-1%
2		T ₂ = 20	1962,50	-10%
3	V ₂ = 15	T ₃ = 10	1382,00	22%
4		T ₄ = 20	1502,50	16%
5	V ₃ = 25	T ₅ = 10	1675,00	6%
6		T ₆ = 20	1544,50	13%

Figura 22

Efecto del voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica en función del tiempo de aplicación



En la tabla 16 se presenta el análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica por voltaje y tiempo de aplicación, la cual indica que existe una diferencia significativa en los resultados, con un nivel de confianza del 95 % y un coeficiente de variabilidad del 2,33 %.

Tabla 16

Análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	354932,67	2	85579,08	58,83	<0,0001
Tiempo de aplicación: B	12480,75	1	177466,33	122	0,0263
AB	60482	2	12480,75	8,58	0,002
Error	8727,5	6	30241	20,79	
Total	436622,92	11	1454,58		

CV = 2,33 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica según el voltaje aplicado (tabla 17). Los resultados mostraron que a 25 voltios presenta una eficiencia de remoción de 18,95 % (1442,25 $\mu\text{S/cm}$), resultando significativamente diferente a comparación con los otros valores de 5 y 15 voltios registrando un incremento de 9,54 % (1860,75 $\mu\text{S/cm}$) y una disminución de 4,57 % (1609,75 $\mu\text{S/cm}$) respectivamente.

Tabla 17

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica

Voltaje	Medias (%)	Significancia
25	18,95	a
15	9,54	b
5	-4,57	c

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica según el tiempo de aplicación (tabla 18). Los resultados mostraron que a 10 minutos presenta una mayor eficiencia de remoción de 9,79 % (1605,33 $\mu\text{S/cm.}$), resultando significativamente diferente a comparación del otro tratamiento de 20 minutos de tiempo de aplicación registrando una eficiencia de remoción de 6,16 % (1669,83 $\mu\text{S/cm.}$).

Tabla 18

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica

Tiempo (min)	Medias (%)	Significancia
10	9,79	a
20	6,16	b

En la tabla 19 se observa que al aplicar 15 voltios y 10 minutos en el proceso de electrocoagulación permitió obtener una mayor eficiencia de remoción de 22,38 % (1382 $\mu\text{S}/\text{cm}$) presentando diferencias significativas con todos los tratamientos. No obstante, se observó un incremento de la conductividad eléctrica de 10,29 % (1962 $\mu\text{S}/\text{cm}$). al aplicar 5 voltios y 20 minutos en el reactor.

Tabla 19

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en el porcentaje de eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica

A: Voltaje (V)	B: Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia	
15	10	22,38	a	
15	20	15,57	b	
25	20	13,20		c
25	10	5,87		d
5	10	1,15		e
5	20	-10,29		f

e) Eficiencia de remoción de la turbidez

En la tabla 20 y figura 23, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación, nos indica que existe un mayor porcentaje de eficiencia de remoción de 90 % con un valor de 86 NTU a los 25 voltios y en los 20 minutos de tiempo de aplicación, mientras que un

valor cercano fue a los 25 voltios con 10 minutos de aplicación dando un porcentaje de eficiencia de remoción de 89 % con un valor de 93 NTU.

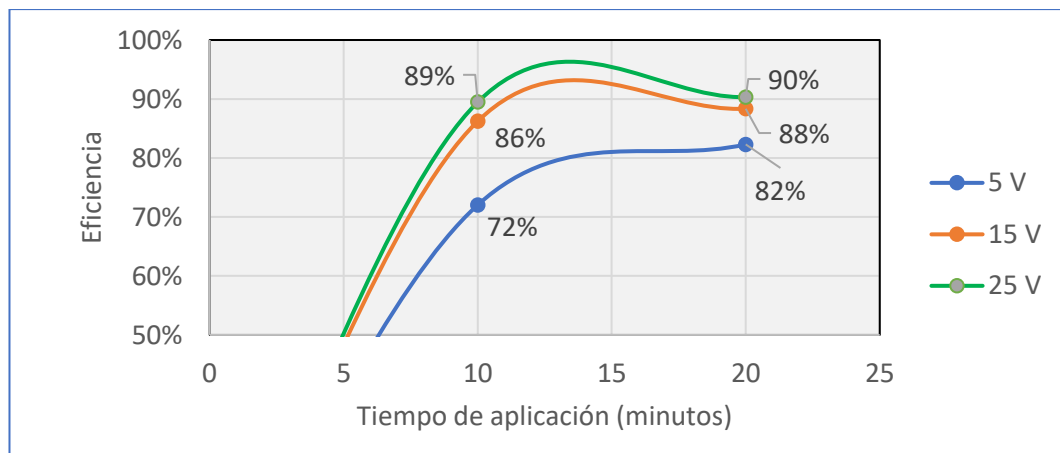
Tabla 20

Porcentaje de eficiencia de remoción de la turbidez

N°	Parámetros		Promedio (NTU)	Eficiencia
	Voltaje (V)	Tiempo (min.)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	248	72%
2		T ₂ = 20	157	82%
3	V ₂ = 15	T ₃ = 10	122	86%
4		T ₄ = 20	103	88%
5	V ₃ = 25	T ₅ = 10	93	89%
6		T ₆ = 20	86	90%

Figura 23

Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de la turbidez en función del tiempo



En la tabla 21 se presenta el análisis de varianza del porcentaje de eficiencia de remoción de la turbidez por voltaje y tiempo de aplicación, la cual indica que existe una diferencia significativa en los resultados, con un nivel de confianza del 95 % y un coeficiente de variabilidad del 6,22 %.

Tabla 21

Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la turbidez

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	28568,06	2	7462,02	105,11	<0,0001
Tiempo de aplicación: B	4607,96	1	14284,03	201,20	0,0002
AB	4134,10	2	4607,96	64,91	0,0008
Error	425,96	6	2067,05	29,12	
Total	37736,09	11	70,99		

CV = 6,22 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la turbidez según el voltaje aplicado (tabla 22). Los resultados mostraron que a 25 voltios presenta una mayor eficiencia de remoción de 88,89 % (89,94 NTU), resultando significativamente diferente a comparación con los otros valores de 15 y 5 voltios registrando eficiencias de remoción de 85,03 % (133,13 NTU) y 77,16 % (113,13 NTU) respectivamente.

Tabla 22

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la eficiencia de remoción de la turbidez

Voltaje (V)	Medias (%)	Significancia
25	88,89	a
15	85,03	b
5	77,16	c

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la turbidez según el tiempo de aplicación (tabla 23). El resultado mostró que en un tiempo de aplicación de 20 min. presenta una mayor eficiencia de remoción de 86,98 % (115,79 NTU), resultando significativamente diferente a comparación de la aplicación de 10 minutos registrando una eficiencia de remoción de 82,57 % (154,98 NTU).

Tabla 23

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en la eficiencia de remoción de la turbidez

Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
20	86,98	a
10	82,57	b

En la tabla 24 se observa que el uso de 25 voltios y 20 minutos de aplicación en el proceso de electrocoagulación permitió obtener una mayor eficiencia de remoción de 90,31 % (86,22 NTU), presentando diferencias significativas con la remoción que antecede de 89,47 % (93,67 NTU) al realizar el tratamiento con 25 voltios y 10 minutos de tiempo de aplicación. Ambos resultados difirieron significativamente a los valores de voltaje de 15 voltios con 10 min. y 20 min. de aplicación; aunque los dos últimos valores con menor eficiencia de remoción de turbidez si se evidenciaron diferencias significativamente entre sí, presentando eficiencia de remoción de 82,29 % (157,44 NTU) y 72,03 % (248,71 NTU) al aplicar 5 voltios con tiempos de 20 y 10 minutos en el reactor.

Tabla 24

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en la eficiencia de remoción de la turbidez

A: Voltaje (V)	B: Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia	
25	20	90,31	a	
25	10	89,47	b	
15	20	88,34		c
15	10	86,22		c d
5	20	82,29		d
5	10	72,03		e

f) Eficiencia de remoción de aceites y grasas

En la tabla 25 y figura 24, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación, nos indica que existe un porcentaje de eficiencia de remoción de hasta de 73 % a los 25 voltios y los 20 minutos de aplicación estando dentro de los valores máximos admisibles, mientras que los demás valores son cercanos variando entre 72 % y 73 %.

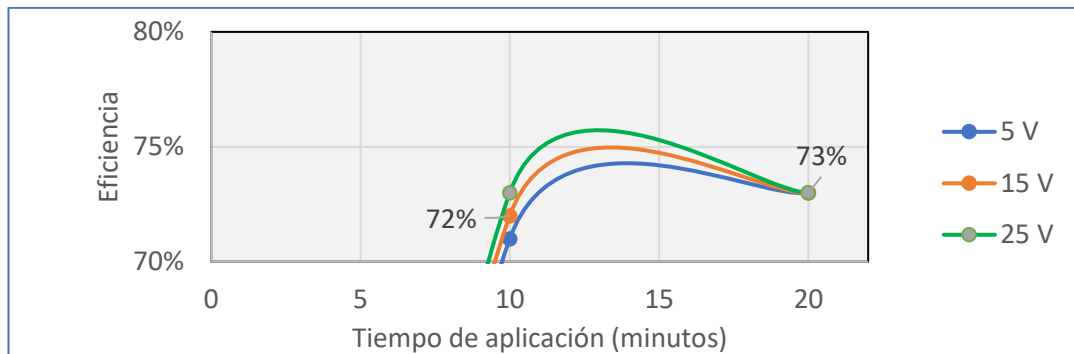
Tabla 25

Porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas

N°	Parámetros		Promedio (mg/L)	Eficiencia
	Voltaje (V)	Tiempo (min.)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	4,99	72%
2		T ₂ = 20	4,92	73%
3	V ₂ = 15	T ₃ = 10	4,96	72%
4		T ₄ = 20	4,90	73%
5	V ₃ = 25	T ₅ = 10	4,93	73%
6		T ₆ = 20	4,89	73%

Figura 24

Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de aceites y grasas en función del tiempo



La tabla 26 muestra el análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los aceites y grasas, en la cual indica que el voltaje y tiempo de aplicación y su interacción tuvieron una influencia significativa ($p < 0,05$) en los resultados, con un coeficiente de variabilidad del 0,12 %.

Tabla 26

Análisis de varianza en la eficiencia de remoción de aceites y grasas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	0,0036	2	0,0027	81,40	0,0001
Tiempo de aplicación: B	0,01	1	0,0018	54,25	<0,0001
AB	0,00032	2	0,01	289,00	0,0480
Error	0,0002	6	0,00016	4,75	
Total	0,01	11	0,000033		

CV = 0,12 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción según el voltaje aplicado (tabla 27). Los resultados mostraron que a un voltaje de 25 presenta una mayor eficiencia de remoción de 72,72 % (4,91 mg/L), resultando significativamente diferente a comparación con los otros valores de 15 y 5 voltios registrando eficiencia de remoción de 72,61 % (4,95 mg/L.) y 72,50 % (4,93 mg/L.) respectivamente.

Tabla 27

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la eficiencia de remoción de aceites y grasas

Voltaje (V)	Medias (%)	Significancia
25	72,72	a
15	72,61	b
5	72,50	c

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción según el tiempo de aplicación (tabla 28). Los resultados mostraron que a un tiempo de aplicación de 20 minutos presenta una mayor eficiencia de remoción de 72,77 % (4,90 mg/L),

resultando significativamente diferente a comparación del otro tratamiento de 10 minutos de aplicación registrando una remoción de 72,44 % (4,96 mg/L).

Tabla 28

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en la eficiencia de remoción de aceites y grasas

Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
20	72,77	a
10	72,44	b

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción según el voltaje y tiempo de aplicación (tabla 29). Los resultados evidencian que al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos presentó una eficiencia de remoción de 72,83 % (4,89 mg/L), por lo que no fue significativamente diferente al aplicar 15 voltios y 20 minutos dando una remoción de 72,78 % (4,90 mg/L). Los otros tratamientos también fueron no significativos al aplicar 25 voltios y 10 minutos de aplicación obteniendo una remoción de 72,61 % (4,93 mg/L). No obstante, al aplicar 15 voltios y 10 minutos presentó una

eficiencia de remoción de 72,44 % (4,96 mg/L). que posee una influencia significativa al aplicar 5 voltios y 10 minutos de aplicación que registra un valor de 72,28 % (4,99 mg/L) de remoción.

Tabla 29

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en la eficiencia de remoción de aceites y grasas

A: Voltaje (V)	B: Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia		
25	20	72,83	a		
15	20	72,78	a	b	
5	20	72,67		b	c
25	10	72,61			c
15	10	72,44			d
5	10	72,28			e

g) Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

En la tabla 30 y figura 25, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación, nos indica que existe un porcentaje de eficiencia de remoción de hasta de 93 % a los 15 y 25 voltios con 20 minutos de tiempo de aplicación registrando un valor de 40 mg/L. y

37 mg/L. respectivamente, mientras que los demás valores son cercanos variando entre 87 % y 89 % de eficiencia de remoción.

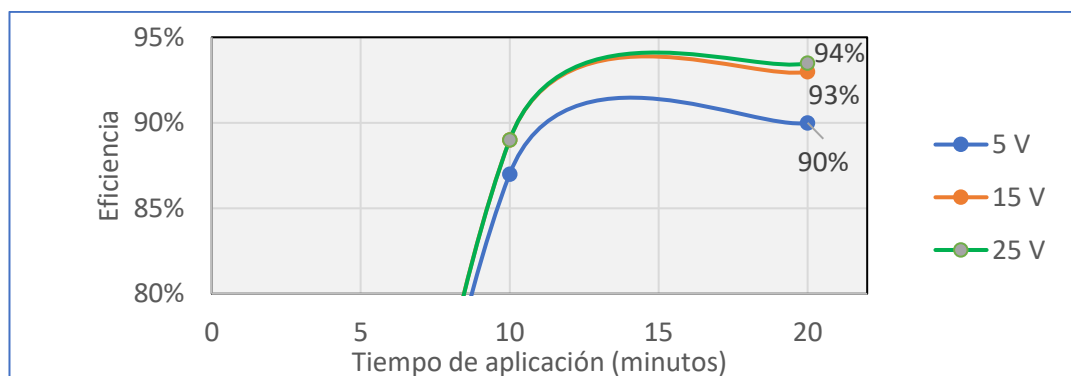
Tabla 30

Porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

N°	Parámetros		Promedio (mg/L)	Eficiencia
	Voltaje (V)	Tiempo (min)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	71	87%
2		T ₂ = 20	55	90%
3	V ₂ = 15	T ₁ = 10	60	89%
4		T ₂ = 20	40	93%
5	V ₃ = 25	T ₁ = 10	58	89%
6		T ₂ = 20	37	93%

Figura 25

Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno en función del tiempo



La tabla 31 muestra el análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, en la cual indica que el voltaje y tiempo de aplicación y su interacción tuvieron una influencia significativa ($p < 0,05$) en los resultados, con un coeficiente de variabilidad del 9,46 %.

Tabla 31

Análisis de varianza en la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	532,32	2	327,80	12,61	0,0039
Tiempo de aplicación: B	1094,43	1	266,16	10,24	0,0116
AB	12,24	2	1094,43	42,09	0,0006
Error	156,02	6	6,12	0,24	0,7972
Total	1795,02	11	26,00		

CV = 9,46 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno según el voltaje aplicado (tabla 32). Los resultados mostraron que a un voltaje de 25 presenta una mayor eficiencia de remoción de 91,26 % (47,90 mg/L), no obstante, al aplicar 15 voltios registra una eficiencia de remoción

de 90,77 % (50,48 mg/L). resultando que no existe una diferencia significativa, mientras que al aplicar en el proceso 5 voltios registra una remoción de 88,47 % (63,18 mg/L) siendo significativamente diferente a los otros tratamientos.

Tabla 32

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

Voltaje (V)	Medias (%)	Significancia
25	91,26	a
15	90,77	a
5	88,47	b

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno según el tiempo de aplicación (tabla 33). Los resultados mostraron que a un tiempo de aplicación de 20 minutos presenta una mayor eficiencia de remoción de 91,91 % (44,33 mg/L), resultando significativamente diferente a comparación de 10 minutos de aplicación que registran una remoción de 88,43 % (63,43 mg/L).

Tabla 33

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
20	91,91	a
10	88,43	b

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno según el voltaje y tiempo de aplicación (tabla 34). Los resultados evidencian que al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos presentó una eficiencia de remoción de 93,14 % (37,55 mg/L), por lo que no fue significativamente diferente al aplicar 15 voltios y 20 minutos que obtuvo una remoción de 92,63 % (40,40 mg/L). No obstante, estos tratamientos poseen influencia significativa si se aplica 5 voltios y 20 minutos; 25 voltios con 10 minutos de tiempo de aplicación registrando eficiencia de remoción de 89,96 % (55,05 mg/L) y 89,37 % (57,25 mg/L) respectivamente. A la vez, los tratamientos de 15 y 5 voltios con 10 minutos de tiempo de aplicación

difieren registrando una remoción de 88,96 % (60,75 mg/L) y 86,99 % (71,30 mg/L). respectivamente en el proceso de electrocoagulación.

Tabla 34

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

A: Voltaje	B: Tiempo de aplicación	Medias	Significancia
(V)	(min)	(%)	
25	20	93,14	a
15	20	92,63	a
5	20	89,96	b
25	10	89,37	b
15	10	88,96	c
5	10	86,99	c

h) Eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno

En la tabla 35 y figura 26, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación, nos indica que existe un porcentaje de eficiencia de remoción de hasta de 92 % a los 25 y 15 voltios con 20 minutos de tiempo de aplicación registrando un valor de 92 mg/L. y 95 mg/L. respectivamente, mientras que los demás valores son cercanos

variando entre 86 % y 89 % de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno.

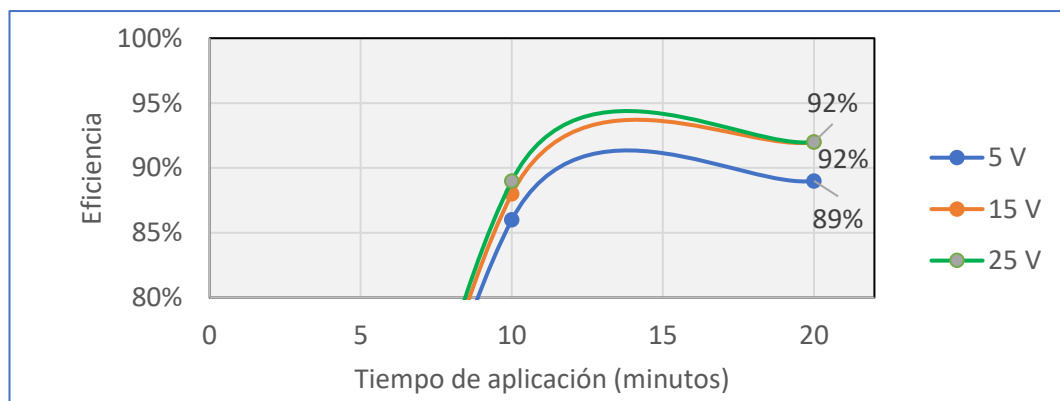
Tabla 35

Porcentaje de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno

N°	Parámetros		Promedio (mg/L)	Eficiencia
	Voltaje (V)	Tiempo (min)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	170	86%
2		T ₂ = 20	137	89%
3	V ₂ = 15	T ₁ = 10	153	88%
4		T ₂ = 20	95	92%
5	V ₃ = 25	T ₁ = 10	142	89%
6		T ₂ = 20	92	92%

Figura 26

Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno en función del tiempo



La tabla 36 muestra el análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno, en la cual indica que el voltaje y tiempo de aplicación y su interacción tuvieron una influencia significativa ($p < 0,05$) en los resultados, con un coeficiente de variabilidad del 7,85 %.

Tabla 36

Análisis de varianza en la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	2913,57	2	1456,79	13,43	0,0061
Tiempo de aplicación: B	6426,44	1	6426,44	59,25	0,0003
AB	317,20	2	158,60	1,46	0,0439
Error	650,81	6	108,47		
Total	10308,03	11			

CV = 7,85 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno según el voltaje aplicado (tabla 37). Los resultados mostraron que a un voltaje de 25 presenta una mayor eficiencia de remoción de 90,43 % (118,95 mg/L). No obstante, al aplicar 15 voltios registra una remoción de 89,99 % (124,43 mg/L), resultando que no existe una influencia

significativa, mientras que al aplicar en el proceso 5 voltios registra una remoción de 87,58 % (154,40 mg/L) siendo significativamente diferente a los otros tratamientos.

Tabla 37

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno

Voltaje (V)	Medias (%)	Significancia
25	90,43	a
15	89,99	a
5	87,58	b

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno según el tiempo de aplicación (tabla 38). Los resultados mostraron que a un tiempo de aplicación de 20 minutos presenta una mayor eficiencia de remoción 91,19 % (109,45 mg/L), resultando significativamente diferente a comparación de 10 minutos de aplicación que registra una remoción de 87,47 % (155,73 mg/L).

Tabla 38

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno

Tiempo de aplicación (min.)	Medias (%)	Significancia
20	91,19	a
10	87,47	b

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno según el voltaje y tiempo de aplicación (tabla 39). Los resultados evidencian que al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos presentaron una mayor eficiencia de remoción de 92,35 % (95,05 mg/L), por lo que no fue significativamente diferente al aplicar 15 voltios y 20 minutos dando una remoción de 92,32 % (95,40 mg/L). No obstante, estos tratamientos poseen influencia significativa si se aplica 25, 15 y 5 voltios con 10 minutos de tiempo de aplicación obteniendo eficiencia de remoción de 88,50 % (170,90 mg/L), 87,65 % (153,45 mg/L) y 86,25 % (148,85 mg/L) respectivamente en el proceso de electrocoagulación.

Tabla 39

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno

A: Voltaje (V)	B: Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
25	20	92,35	a
15	20	92,32	a
5	20	88,90	b
25	10	88,50	b
15	10	87,65	b
5	10	86,25	b

i) Eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales

En la tabla 40 y figura 27, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación nos indica que existe un porcentaje de eficiencia de remoción de hasta de 96 % al aplicar 25 voltios con 20 minutos de tiempo de aplicación registrando un valor de 95 mg/L., el valor más cercano fue un 95 % de eficiencia de remoción al aplicar 25 voltios con 10 minutos de tiempo de aplicación, mientras que los demás valores son cercanos variando entre 83 % y 93 % de eficiencia de remoción.

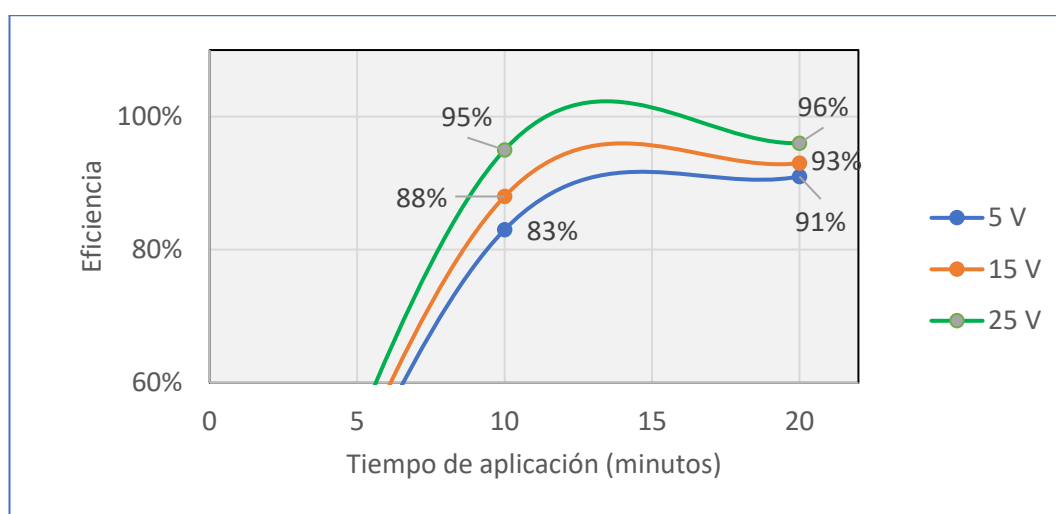
Tabla 40

Porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales

N°	Parámetros		Promedio (mg/L)	Eficiencia
	Voltaje (V)	Tiempo (min)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	376	83%
2		T ₂ = 20	198	91%
3	V ₂ = 15	T ₁ = 10	269	88%
4		T ₂ = 20	162	93%
5	V ₃ = 25	T ₁ = 10	118	95%
6		T ₂ = 20	95	96%

Figura 27

Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales en función del tiempo



La tabla 41 muestra el análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales, en la cual indica que el voltaje y tiempo de aplicación y su interacción tuvieron una influencia significativa ($p < 0,05$) en los resultados, con un coeficiente de variabilidad del 14,89 %.

Tabla 41

Análisis de varianza en la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	66452,02	2	33226,01	36,15	0,0005
Tiempo de aplicación: B	31570,02	1	31570,02	34,34	0,0011
AB	12117,43	2	6058,72	6,59	0,0306
Error	5515,39	6	919,23		
Total	115654,86	11			

CV = 14,89 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno según el voltaje aplicado (tabla 42). Los resultados mostraron que a un voltaje de 25 presenta una mayor eficiencia de remoción de 95,13 % (106,85 mg/L). Se evidenció que los tratamientos al 15 voltios y 5 voltios

poseen una influencia significativa, ya que registran remociones de 90,16 % (216,03 mg/L) y 86,89 % (287,85 mg/L) respectivamente en el proceso de electrocoagulación.

Tabla 42

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales

Voltaje (V)	Medias (%)	Significancia
25	95,13	a
15	90,16	b
5	86,89	c

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno según el tiempo de aplicación (tabla 43). Los resultados mostraron que a un tiempo de aplicación de 20 minutos presenta una mayor eficiencia de remoción de 93,06 % (152,28 mg/L), resultando significativamente diferente a comparación de 10 minutos de aplicación que registra una remoción de 88,39 % (254,87 mg/L).

Tabla 43

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales

Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
20	93,06	a
10	88,39	b

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno según el voltaje y tiempo de aplicación (tabla 44). Los resultados evidencian que al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos presentó una eficiencia de remoción de 95,65 % (95,50 mg/L), por lo que no fue significativamente diferente al aplicar 25 voltios y 10 minutos dando una remoción de 94,62 % (118,20 mg/L). No obstante, estos tratamientos poseen influencia significativa si se aplica 15 voltios y 20 minutos; 5 voltios con 20 minutos de tiempo de aplicación registrando valores de remoción de 92,59 % (198,75 mg/L) y 90,95 % (162,60 mg/L) respectivamente. A la vez, los tratamientos de 15 y 5 voltios con 10 minutos de tiempo de aplicación

difieren registrando una remoción de 87,72 % (376,95 mg/ L) y 82,83 % (269,45 mg/L) respectivamente en el proceso de electrocoagulación.

Tabla 44

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales

A: Voltaje (V)	B: Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
25	20	95,65	a
25	10	94,62	a
15	20	92,59	b
5	20	90,95	b
15	10	87,72	c
5	10	82,83	c

j) Eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables

En la tabla 45 y figura 28, se observa que los tratamientos dados en función del voltaje y el tiempo de aplicación, nos indica que existe un porcentaje de eficiencia de remoción de hasta de 89 % a los 25 voltios con 20 minutos de tiempo de aplicación registrando un valor de 3,55 mL/L/h., un valor cercano del 85 % de eficiencia de remoción de sólidos sedimentables se da al aplicar 25 voltios y 10 minutos de tiempo registrando

un valor de 4,75 mL/L/h., mientras que los demás valores son cercanos variando entre 65 % y 78 % de eficiencia de remoción de sólidos sedimentables.

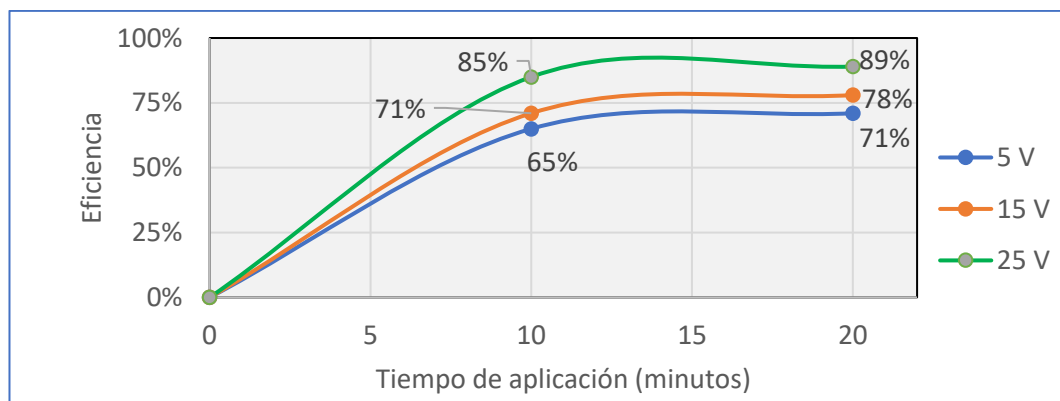
Tabla 45

Porcentaje de eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables

N°	Parámetros		Promedio (mL/L/h)	Eficiencia
	Voltaje (V)	Tiempo (min)		
1	V ₁ = 5	T ₁ = 10	11,10	65%
2		T ₂ = 20	9,15	71%
3	V ₂ = 15	T ₁ = 10	7,24	77%
4		T ₂ = 20	6,90	78%
5	V ₃ = 25	T ₁ = 10	4,75	85%
6		T ₂ = 20	3,55	89%

Figura 28

Efecto del voltaje en la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables en función del tiempo



La tabla 46 muestra el análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables, en la cual indica que el voltaje y tiempo de aplicación y su interacción tuvieron una influencia significativa ($p < 0,05$) en los resultados, con un coeficiente de variabilidad del 5,02 %.

Tabla 46

Análisis de varianza en la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Voltaje: A	71,41	2	15,36	280,31	<0,0001
Tiempo de aplicación: B	4,08	1	35,71	32,06	0,0013
AB	1,31	2	4,08	5,13	0,0493
Error	0,76	6	0,65		
Total	77,57	11	0,13		

CV = 5,02 %

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables según el voltaje aplicado (tabla 47). Los resultados mostraron que a un voltaje de 25 presenta una mayor eficiencia de remoción de 86,85 % (4,15 mL/L/h), resultando significativamente diferente a comparación con los otros valores

de 15 voltios y 5 voltios registrando eficiencia de remoción de 77,59 % (10,12 mL/L/h) y 67,93 % (7,07 mL/L/h) respectivamente.

Tabla 47

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el voltaje en la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables

Voltaje (V)	Medias (%)	Significancia
25	86,85	a
15	77,59	b
5	67,93	c

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción según el tiempo de aplicación (tabla 48). Los resultados mostraron que a un tiempo de aplicación de 20 minutos presenta una mayor eficiencia de remoción de 79,30 % (6,53 mL/L/h), resultando significativamente diferente a comparación del otro tratamiento de 10 minutos de aplicación registrando una remoción de 75,59 % (7,70 mL/L/h).

Tabla 48

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para el tiempo de aplicación en la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables

Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
20	79,30	a
10	75,59	b

Como se evidenció diferencias significativas entre los grupos y su interacción, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para comparar la eficiencia de remoción según el voltaje y tiempo de aplicación (tabla 49). Los resultados evidencian que al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos presentó una eficiencia de remoción de 88,75 % (3,55 mL/L/h), por lo que no fue significativamente diferente al aplicar 25 voltios y 10 minutos obteniendo una remoción de 84,94 % (4,75 mL/L/h). Los otros tratamientos también fueron no significativos al aplicar 15 voltios con 20 y 10 minutos registrando remociones de 78,13 % (6,90 mL/L/h) y 77,05 % (7,24 mL/L/h) respectivamente. Sin embargo, al aplicar un voltaje de 5 voltios y 20 minutos de tiempo de aplicación presentó una eficiencia de remoción de 70,99 % (9,15 mL/L/h) que posee una influencia significativa al aplicar 5 voltios y 10 minutos de aplicación que registra una remoción de 64,82 % (11,10 mL/L/h).

Tabla 49

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$) para la interacción AB en la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentables

A: Voltaje (V)	B: Tiempo de aplicación (min)	Medias (%)	Significancia
25	20	88,75	a
25	10	84,94	b
15	20	78,13	c
15	10	77,05	c
5	20	70,99	d
5	10	64,82	d

5.2 Discusión de resultados

5.2.1 Discusión del diseño y construcción de un sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de turbidez del agua residual

Se diseñó una celda de electrocoagulación a escala de laboratorio donde se observó la influencia en la remoción de turbidez de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos. Se tomó en consideración la distancia de 1,5 cm. entre los electrodos y corriente directa, como lo semejante descrito por Robles & López (2017) que reportaron que la corriente alterna no permitía la formación de flocs en separaciones de electrodos de 2,5 cm. y en tensiones mayores de 90 voltios, evidenciando remoción de turbidez entre 93 y 97 %.

Se realizaron pruebas de 3,5 voltios donde se observó una poca formación de burbujas, y una remoción de turbidez de 56,50 %. Este valor fue mínimo a comparación del aumento de voltaje que se tuvo en cuenta en el siguiente tratamiento de 5 voltios, donde se observó presencia de flocs y una remoción de turbidez de 70,50 %. Estos valores fueron preliminares para obtener la remoción de turbidez, y pueda cumplir la normativa legal para posterior uso en el proceso de electrocoagulación. Estos valores fueron los cimientos para realizar la investigación a mayores

voltajes y puedan semejarse a Cueva y Pereda (2020) quienes obtuvieron una remoción de turbidez de 90,06 % en el proceso de electrocoagulación al aplicar 30 voltios en 10 minutos de aplicación, esto es similar a la remoción de turbidez de 89,95 % al aplicar una densidad de corriente de 105 A/m² con un tiempo de aplicación de 35 minutos (Camacho, 2017).

5.2.2 Discusión de la influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para el tratamiento eficiente de las aguas residuales provenientes de lavado de vehículos.

Respecto al comportamiento y eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos del agua después del proceso de electrocoagulación, se ha observado que a mayor voltaje (25 voltios) el incremento de pH es mayor (47 %) obteniendo un valor de 9,06. No obstante, al aplicar un bajo voltaje (5 voltios) el incremento de pH es menor (21 %) dando un valor de 7,46. Esta observación se relaciona con el efecto de la solubilidad de los electrodos para la formación de hidróxidos, así como el material utilizado y el pH de agua inicial. Como el agua residual fue de un pH ácido con valor de 6,18 ocurre el efecto de generación de hidrógeno molecular que se origina en el cátodo. Así como en aguas residuales alcalinas el pH puede disminuir dependiendo de la naturaleza del contaminante. Un pH menor a 6 o mayor que 8, afecta la eficiencia de

remoción de contaminantes o parámetros fisicoquímicos disminuyendo un 20 % su eficiencia (Velásquez, 2019).

El efecto de la conductividad eléctrica en el proceso de electrocoagulación se observó que hubo una eficiencia de remoción de 22 % al aplicar 15 voltios y 10 minutos de tiempo de aplicación dando un valor de 1382 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sin embargo, al aplicar 5 voltios y 20 minutos de aplicación se obtuvo un incremento mayor (10 %), obteniendo un valor de 1962,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto tiene relación a que, cuando ocurre un aumento de los valores de conductividad eléctrica es debido al hidrólisis del agua que provocó una alta concentración de iones liberados por los electrodos. Además, al aplicar un aumento en la densidad de corriente, produce un aumento en la conductividad eléctrica, así como el consumo de energía (Ayuque & Esteban, 2021). Por otra parte, además de la contribución iónica que se realiza en la carga eléctrica, importante considerar los iones de cloruro reducen el efecto de los aniones como sulfatos o carbonatos, que hacen precipitar a los cationes como calcio y magnesio que son los causantes de formar capas aislantes que disminuyen su eficiencia de remoción de los contaminantes, por ende produce un aumento en la energía (Morales, 2018). La disminución o eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica se produce por la formación de floculantes y precipitados que se aglomeran como hidróxidos metálicos, compuestos insolubles o metales disminuyendo

la cantidad de iones disueltos en el agua o la formación de solubles insolubles (Rodríguez et al., 2020).

En la remoción de aceites y grasas se observó una reducción de 18 mg/L. a valores menores que 0,5 mg/L. al aplicar un voltaje de 25 voltios y 20 minutos de tiempo de aplicación. La eficiencia obtenida a través del proceso de electrocoagulación fue de 73 % en la remoción de Aceites y Grasas. Además, los valores que se evidencian en la investigación son muy similares teniendo una eficiencia de remoción mayores que 73 %. No obstante, estos resultados son debido a que el análisis del parámetro de aceites y grasas en el laboratorio ALAB (Analytical Laboratory E.I.R.L.) poseen un Límite de cuantificación del método (L.C.M.) dando confianza y alta precisión a valores < 0,5 mg/L. para todos los tratamientos. Este rango se encuentra acreditado por la IAS (International Accreditation Service) para que exista una concentración mínima de una sustancia para ser medida con precisión (Trelles, 2015).

Es importante tener en cuenta que esta técnica provoca la desestabilización de la emulsiones removiendo aceites y grasas ya sea de la industria de hidrocarburos, mineros, mecánicos, etc (Restrepo et al., 2012). Sin embargo, también es cierto que no solamente remueve aceites y grasas, si no también metales pesados, partículas coloidales y

contaminantes orgánicos (Chen, 2003). Las fuentes que originan su acumulación se encuentran en los efluentes de las industrias comerciales, parque automotriz, así como el uso doméstico (Chavalparit, 2009). Además que el parámetro de aceites y grasas poseen características similares a los aceites grasos, hidrocarburos, así como jabones y sus derivados. La eficiencia fluctúa para ser considerado en un rango del 95 y 99 % en la industria alimentaria (Esquirva, 2016).

Respecto a la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno se observó una reducción de 548,05 mg/L. a 37,55 mg/L. al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos. No obstante, se evidenció una reducción significativa que se encuentran dentro de los valores máximos admisibles (VMA) de 58,25 mg/L. al aplicar 25 voltios con 10 minutos de aplicación teniendo un porcentaje de eficiencia de remoción de 89 %. Es por ello que se toma en consideración que un tratamiento eficiente va de la mano en tener una alta remoción y utilizar pocos recursos. Estos resultados son semejantes a lo datos obtenidos en otras investigaciones que se utilizaron un tiempo de retención de 15 a 30 minutos obteniendo porcentajes de eficiencia de remoción entre 84,38 % y 92,56 %; así como en su investigación de post grado lo cual demuestra que al aplicar un voltaje de 12.6 V. y en un tiempo de 30 minutos se removió un 90 % de DBO₅ aplicado en 6 reactores (Ayuque & Esteban, 2021). Esta observación

se relaciona con el efecto del pH, que al emplearse un valor menor a 6 o mayor a 8, este afecta la remoción de otros parámetros fisicoquímicos del agua disminuyendo un rango de 10 a 20 % su eficiencia (Arango, 2005). Además, que su remoción según investigaciones pueden remover hasta un 98 % en un pH óptimo, tiempo y corriente eléctrica adecuada (Moreno, 2018). La aplicación de este tratamiento también presentaron un grado de remoción de 76 % y 86 % si no se tuvieran los parámetros óptimos (Poma & Quispe, 2016).

La remoción de la demanda química de oxígeno se observó una reducción de 1242,75 mg/L a 95,05 mg/L. al aplicar un voltaje de 25 y 20 minutos de tiempo de aplicación. No obstante, se evidenció una reducción significativa que se encuentran dentro de los valores máximos admisibles (VMA) de 142,85 mg/L. al aplicar 25 voltios con 10 minutos de aplicación teniendo un porcentaje de eficiencia de remoción de 89 %. A pesar que todos los tratamientos están dentro de los valores Máximos Admisibles (VMA) con una eficiencia de remoción entre 86 % y 92 % se busca el tratamiento eficiente de tal forma que exista una óptima remoción al utilizar menos recursos. Estos resultados se asemejan a lo obtenido por Aguilar (2015) que obtuvo una eficiencia en el proceso de electrocoagulación del 87 % de remoción en la Demanda química de oxígeno (DQO) al aplicar una intensidad de corriente de 5 A., un pH de 7,12 y un tiempo de 15 minutos,

lo cual cumplen la normativa ambiental. Se tiene en cuenta que la eficiencia de remoción del DQO puede alcanzar valores de 92 % en condiciones óptimas de pH, corriente eléctrica y tiempo adecuado (Moreno, 2018), existe ocasiones donde la remoción puede ser de 76 % y 86 % debido al no poseer las condiciones adecuadas (Poma & Quispe, 2016). Esta observación se relaciona debido a que ocurre una reducción de sólidos, estabilización de coloides, decantación y la separación de materia orgánica, aceites, metales pesados así como el calcio y magnesio. Así como la aplicación de corriente eléctrica a los ánodos y cátodos que generan coagulantes para la adsorción o precipitación de los contaminantes (Mamani, 2021).

Con respecto a la eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos totales se observó una reducción de 2195,70 mg/L. a 95,50 mg/L. al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos. Sin embargo, se identificó que todos los tratamientos después del proceso de electrocoagulación se encuentran dentro de la normativa legal, obteniendo porcentajes de remoción de 83 % a 96 %. Se buscó obtener el tratamiento eficiente para la remoción de los contaminantes, por ello se identificó la utilización de menos recursos para obtener una eficiencia alta y que sus resultados se encuentren dentro de la normativa legal D.S. 021-2009-VIVIENDA “Valores Máximos Admisibles (VMA) para la descarga de

efluentes en el alcantarillado”. Estos resultados se parecen a la investigación de Morales (2018) que obtuvieron una reducción de 338,3 hasta 65,1 en un tiempo de 25 minutos, teniendo como eficiencia de 80,76 % remoción en los sólidos suspendidos totales. Esto tiene relación a lo indicado por Chavalparit & Ongwandee (2009) donde indica que la mayor remoción (98 %) de Sólidos suspendidos totales se encuentran en un pH de 7, mientras que a un pH de 6,06 se obtiene una eficiencia menor que 96,59 %.

La eficiencia de los sólidos sedimentables se obtuvieron una remoción de 31,55 mL/L/h a 3,55 mL/L/h. a un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 20 minutos. Además, se encontró una remoción significativa de 4,75 mL/L/h. estando dentro de los VMA, al aplicar 25 voltios con 10 minutos de aplicación teniendo un porcentaje de eficiencia de remoción de 85 %. Estos resultados se asemejan a la investigación de Guillen et al. (2020) donde obtuvieron una remoción de 96,67 % de eficiencia, cumpliendo así la normativa legal de los Valores Máximos Admisibles (VMA).

Es importante mencionar que la electrocoagulación a través de la energía eléctrica por medio de sus electrodos que pueden ser de Aluminio o Hierro que permite la coagulación y floculación para la eliminación de

agentes contaminantes. La disolución del ánodo de sacrificio (Aluminio) permite la formación de complejos hidroxílicos del metal que son coagulantes que desestabilizan las partículas coloidales al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados en los contaminantes. En el cátodo se desprenden burbujas de gas hidrógeno que ayuda a precipitar las partículas floculadas afuera del agua, estas pueden desnatarse por la parte superior del reactor mejorando la mezcla y la flotación de los agentes contaminantes floculados (Butler et al., 2011).

Por otro lado, la eficiencia de remoción en los parámetros físico químicos del agua residual no solamente se tendrá en cuenta los que tienen una mayor reducción, si no los valores que se encuentren dentro de la normativa legal D.S. 021-2009-VIVIENDA “Valores Máximos Admisibles (VMA) para la descarga de efluentes en el alcantarillado” (Aguilar, 2015).

En cuanto al voltaje aplicado en cada tratamiento se observó una diferencia significativa, lo que sugiere que cada tratamiento sea con algún voltaje distinto. En cuanto al tiempo de aplicación se observó que existe leve diferencia significativa entre los parámetros físico químicos, por ello se optó por utilizar unas variables que se asemeja en la eficiencia de remoción. Por lo tanto, se puede afirmar que el voltaje aplicado a un determinado

tiempo, solo consume energía eléctrica para una poca eficiencia de remoción entre el tratamiento con 10 minutos y 20 minutos en el proceso de electrocoagulación.

En cuanto al voltaje y tiempos de aplicación, la obtención de un tratamiento eficiente de las características físico químicas del agua residual fueron mejores con un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 25 minutos, que tuvieron una eficiencia de remoción de 90 % (86,22 NTU) de turbidez, 73 % (4,89 mg/L.) de aceites y grasas, 93 % (37,55 mg/L.) de demanda bioquímica de oxígeno, 92 % (95,05 mg/L.) de demanda química de oxígeno, 96 % (95,50 mg/L.) de sólidos suspendidos totales y 89 % (3,55 mL/L/h) de sólidos sedimentables. No obstante, los otros resultados fueron parecidos pero se estableció encontrar valores de eficiencia de remoción que se encuentren dentro de la normativa legal para efluentes descargados en alcantarillado y utilizar menos recursos económicos, así como el uso de 25 voltios pero con 10 minutos de aplicación, que obtuvo valores de eficiencia de 89 % (93,67 NTU) de turbidez, 73 % (4,93 %) de aceites y grasas, 89 % (58,25 mg/L.) de demanda bioquímica de oxígeno, 89 % (142,85 mg/L.) de demanda química de oxígeno, 95 % (118,20 mg/L.) de sólidos suspendidos totales y 85 % (4,75 mL/L/h) de sólidos sedimentables. Estos resultados se encuentran dentro de la normativa ambiental vigente,

de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para descargas de efluentes en el sistema de alcantarillado D.S. N°021-2009-VIVIENDA.

Entonces, de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede destacar la eficiencia de remoción en el proceso de electrocoagulación al aplicar un voltaje de 25 y un tiempo de aplicación de 10 minutos fue mejor en términos económicos y remoción de agentes contaminantes.

CONCLUSIONES

Se determinó la influencia de la electrocoagulación para un tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos de la ciudad de Tacna, al tener en consideración sus parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los Valores Máximo Admisibles (VMA) según la normativa legal D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.

Se diseñó el sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio tomando en consideración el voltaje aplicado, tiempo, el material y separación de electrodos y del reactor. Se utilizó 2 tratamientos con 2 repeticiones al variar el voltaje de 5 y 3,5 V. El porcentaje de remoción de la turbidez del agua residual se produce una reducción de 889,46 NTU a 259,95 NTU de turbidez con una mayor eficiencia de 70,50 % de remoción al aplicar 5 Voltios.

La investigación se centró en determinar si la influencia del voltaje y tiempo de aplicación afectan en las características físico químicas del agua residual. En particular, se encontró que existe diferencia significativa en la influencia del voltaje donde se obtuvieron porcentajes de eficiencia de remoción altos. Mientras que, en un tiempo de aplicación se encontró una leve diferencia significativa en determinar las características fisicoquímicas del agua residual. Por lo tanto, se puede afirmar que el voltaje aplicado a

un determinado tiempo, solo consume mayor energía eléctrica para una mínima diferencia de eficiencia de remoción entre los tratamientos de 10 y 20 minutos. La aplicación de 25 voltios y 10 minutos, obtuvo valores de eficiencia de 89 % (93,67 NTU) de turbidez, 73 % (4,93 %) de aceites y grasas, 89 % (58,25 mg/L.) de demanda bioquímica de oxígeno, 89 % (142,85 mg/L.) de demanda química de oxígeno, 95 % (118,20 mg/L.) de sólidos suspendidos totales y 85 % (4,75 mL/L/h) de sólidos sedimentables. Estos resultados se encuentran dentro de la normativa ambiental vigente, de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para descargas de efluentes en el sistema de alcantarillado D.S. N°021-2009-VIVIENDA.

RECOMENDACIONES

Se recomienda tener como variable independiente el pH, ya que la eficiencia de remoción de las características físico químicas de aguas residuales dependen significativamente de este parámetro después del tratamiento.

Se recomienda que el reactor electrolítico tenga una compuerta en la parte superior para disponer el precipitado y no altere los resultados.

Se recomienda tener en cuenta los costos operativos y por tratamiento de m³ de agua para evaluar el costo – beneficio del tratamiento en el proceso de electrocoagulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, G. & Pujico, J. (2019). *Condiciones óptimas de operación en una celda de electrocoagulación para la reducción de la demanda química de oxígeno en aguas residuales domésticas*. Obtenido de <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5183/ACU%c3%91A%20ALCANTARA%20%20PUJAICO%20LIZARBE%20QU%c3%8dMICA%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar, E. (2015). *Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua*. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11843/10570>
- Apráez, S. (2015). *Análisis de la electrocoagulación como tecnología eficiente para el tratamiento de aguas residuales de una industria textil*. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1032&context=ing_ambiental_sanitaria
- Arango, Á. (2005). *La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>

Armijo, B. & Samaniego, P. (2015). *Aplicación de tratamiento a efluentes de industria textil mediante la electrocoagulación*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19755/1/electrocuagulacion.pdf>

Ayuque, J. & Esteban, J. (2021). *Eficiencia de una cámara de electrocoagulación a escala de laboratorio para tratamiento de aguas residuales del camal municipal Distrito de Huancavelica*. Obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/766d5682-8e22-48f0-9075-eb94c3e21645/content>

Barrera, C. (2013). *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/52617/Barrera+D%EDaz_tripra+2014.pdf;jsessionid=29B1E045E087E4F23413F06B95E837AD?sequence=1

Blas, F. & Conislla, R. (2021). *Remoción de sólidos totales disueltos y turbidez mediante electrocoagulación y ozonificación de aguas residuales de destilería*. Obtenido de <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6372/>

TESIS_MAESTR%c3%8dA_BLAS_CONISLLA_FIQ_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bolívar, C. & Contreras, N. (2019). *Construcción y puesta en marcha de un reactor tipo Batch a escala piloto para el tratamiento terciario de aguas residuales municipales de la ciudad de Barranquilla.* Obtenido de

<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/5091/Construcci%C3%B3n%20y%20puesta%20en%20marcha%20de%20un%20reactor%20tipo%20Batch%20a%20escala%20piloto%20para%20el%20tratamiento%20terciario%20de%20aguas%20residuales%20municipales%20de%20la%20ciudad>

Butler, E., Yung, H., & Ahmad, M. (2011). *Electrocoagulation in Wastewater Treatment.*

Camacho, Y. (2017). *Efecto de la densidad de corriente y tiempo de electrocoagulación de la DQO y turbiedad del efluente de la laguna de oxidación,* Ascope. Obtenido de repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22473/camacho_gy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chavalparit, O. (2009). *Optimizing electrocoagulation process for the treatment of biodiesel wastewater using response surface methodology.* Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074208624456?via%3Dihub>

Chen, G. (2003). *Electrochemical technologies in wastewater treatment*.

Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586603002636>

Cueva, E. & Pereda, M. (2020). *Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortíz*. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8688>

D.S.N°021-2009-VIVIENDA. (2009). *Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas no domésticas en el sistema de alcantarillado*. Obtenido de Diario Oficial el Peruano: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1370730/DS%20010-19%20DE%20%28a%29.pdf.pdf?v=1602701229>

Esquirva, K. (2016). *Remoción de Aceites y grasas residuales domésticas usando lodos activados de planta de tratamiento de agua residual en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en Lima-Perú*. UNI, Lima. . Obtenido de <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5373>

Guillén, M., Pérez, V., Quispe, T., Talavera, M. & Huamán, F. (2020). *Tratamiento fisicoquímico de los efluentes del proceso de lavado de*

lana en una industria textil de Arequipa.
Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2020000400428

Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (2016). *Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado.* Obtenido de Norma Técnica Peruana 214.060: <https://www.epsgrau.pe/webpage/controlador/archivos/23320.pdf>

Mamani, E. (2021). *Modelamiento en el Tratamiento Físicoquímico de Aguas de Lavado de Lana por Electrocoagulación para el Cumplimiento de Valores Máximos Admisibles (VMA).* Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8c327a2f-8b99-484e-ab60-d1f66b92d44a/content>

Manangón, E., De la Torre, E. & Guevara, A. (2010). Evaluación de la electrocoagulación para tratamiento de efluentes generados por una empresa de mantenimiento de motores. *Revista Politécnica.*

Martínez, F. (2008). *Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional.* Obtenido de <https://ruidera.uclm.es/server/api/core/bitstreams/e73f8d0f-1235-4c58-828f-d3bc80ac5748/content>

- Milla, A. (2019). *Equipo de electrocoagulación con electrodos móviles para el tratamiento de aguas de pozo*. Obtenido de <https://repositorio.unfv.edu.pe>
- Molinos, M., Hernández, F. & Sala, R. (2012). *Viabilidad económica de la reutilización de aguas residuales: Valoración económica de los beneficios ambientales*. Valencia.
- Morales, S. (2018). *Remoción de aceites y grasas de un efluente industrial del sector lácteo por electrocoagulación con electrodos de aluminio*. Obtenido de https://repositorio.uni.edu.pe/bitstream/20.500.14076/16416/1/morales_qs.pdf
- Moreno, R. (2018). *Tratamiento de aguas residuales del camal municipal, mediante el método de electrocoagulación – Cajamarca 2018*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13807>
- Ortiz, M., Niño, A. & Forero, G. (2021). *Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas contaminadas con fenoles mediante electrocoagulación*. Obtenido de <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/2427/2005>
- Piña, M., Dominguez, M., González, A., Prieto, F., Guevara, A. & García, J. (2011). *Revisión de variables de diseño*

y condiciones de operación en la electrocoagulación.

Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382011000200010

Plata, D. (2020). *Diseño y análisis de un sistema de recuperación de aguas residuales de lavado de autos.* Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/7185/DISE%C3%91O%20Y%20AN%C3%81LISIS%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20RECUPERACI%C3%93N%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DE%20LAVADOS%20DE%20AUTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Poma, J. & Quispe, P. (2016). *Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas por el método de electrocoagulación.* Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3757>

Ramírez, J. (2022). *Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales en el sector textil en Colombia: una revisión.* Colombia: Universidad de La Salle. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (Colombia).

Ramón, Y. (2021). *Aplicación de electrocoagulación como alternativa de remoción de sólidos suspendidos totales presentes en*

- las aguas residuales generadas en el distrito de San Pedro de Saño, 2020.* Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10394/1/IV_FIN_107_TE_Ram%C3%B3n_C%C3%B3rdova_2021.pdf
- Restrepo, A., Arango, Á. & Garces, L. (2012). *La electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277035194_La_Electrocoagulation_retos_y_oportunidades_en_el_tratamiento_de_aguas
- Robles, L. & López, A. (2017). *Diseño de un prototipo para el tratamiento de aguas residuales domésticas, basado en electrocoagulación.* Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1314&context=ing_civil
- Rodriguez, Y., Fuentes, M., Beleño, O. & Montoya, L. (2020). *Electrocoagulación como alternativa de tratamiento de aguas residuales mixtas originadas en la industria del procesamiento de lácteos y cárnicos.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/2570/257068354003/html/>
- Tame, I. (2019). *La electrocoagulación en relación a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en aguas residuales.* Obtenido de

http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/161/1/Tame_lan_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

Tavera, J., & Torres, Y. (2015). *Manejo, tratamiento y reuso del agua en la estación de lavado de vehículos "Los ángeles" Kennedy, Bogotá D.C.* Obtenido de <https://sie.car.gov.co/items/e83a35a9-bc4e-419f-ac3d-49a6c7ce3529>

Trelles, G. (2015). *Límites de detección, reportables y de cuantificación en los laboratorios ambientales.* Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/limites-de-deteccionreportables-y-de-cuantificacion/51786314>

Tuset, S. (s.f.). *La electrocoagulación, un tratamiento económico y eficaz para las aguas residuales.* Obtenido de <https://condorchem.com/es/blog/electrocoagulacion-aguas-residuales/>

Velásquez, A.(2019). *Eficiencia de la electrocoagulación para aguas contaminadas por residuales.* Obtenido de <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/968/TB-Vel%c3%a1squez%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vera, J. (2016). *Comparación de la coagulación química y la electrocoagulación en la eficiencia de remoción de turbidez del agua*

del rio rímac, 2016. Obtenido de
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23928/
Vera_RJJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23928/Vera_RJJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

Título: Influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna

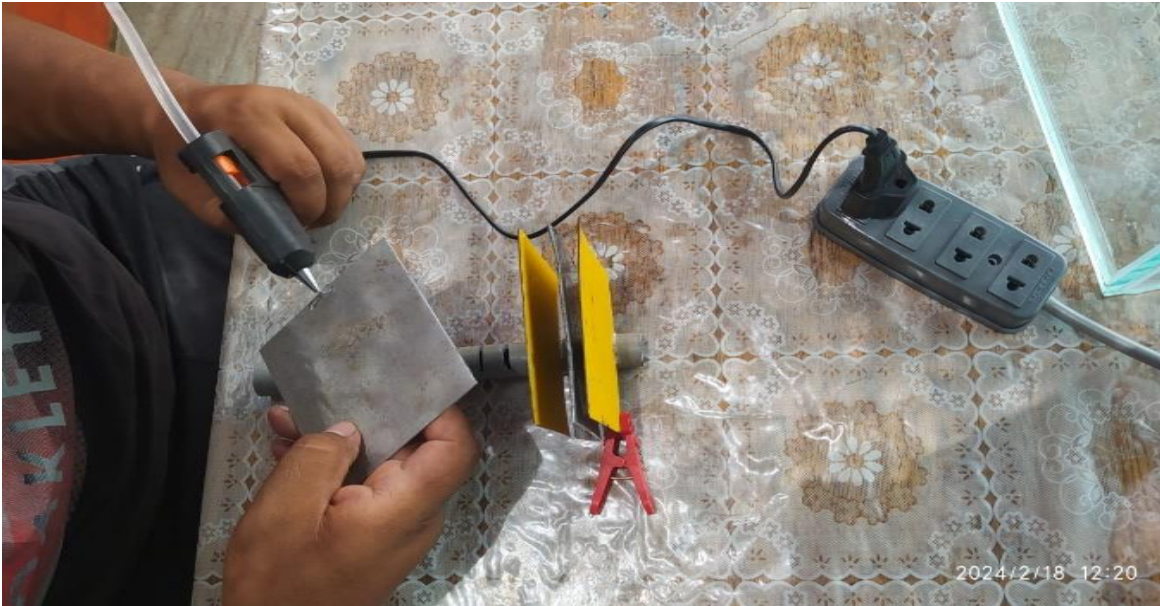
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicadores
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables Independientes: X1= Voltaje X2= Tiempo de aplicación	Parámetros de aplicación/operación	Voltaje = 5, 15 y 25 Voltios Tiempo de aplicación= 10 min. Y 20 min.
¿Cuál es influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna?	Determinar la influencia de la electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna	La electrocoagulación influye eficientemente en el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna			
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
¿Cuál es el diseño y construcción del sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de la turbidez del agua residual?	Diseñar y construir un sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio para la remoción de la turbidez del agua residual	El diseño y construcción del sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio permite remover la turbidez del agua residual	Variable dependiente: Y1 = Eficiencia de remoción de turbidez	Eficiencia de la remoción de turbidez	Eficiencia (%)
¿Cómo influye el voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la ciudad de Tacna?	Determinar la influencia del voltaje y tiempo de aplicación en el proceso de electrocoagulación para el tratamiento eficiente de aguas residuales del lavado de vehículos en la Ciudad de Tacna	El voltaje y el tiempo de aplicación influyen en el proceso de electrocoagulación para un tratamiento eficiente de aguas residuales provenientes del lavado de vehículos en la Ciudad de Tacna	Y2= Mejoramiento de la calidad de agua	Características físico químicas del agua	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) Demanda química de oxígeno (mg/L.) Aceites y grasas (mg/L.) Sólidos suspendidos totales (mg/L.) Conductividad eléctrica (µS/cm) Sólidos sedimentables (mL/L/h). pH
Método y diseño		Población y muestra		Técnicas e instrumentos	
Tipo de investigación:	Aplicada	Población:	Efluentes provenientes del lavado de vehículos de la empresa Pegasus Rent a Car S.A.C.	Técnica:	Observación experimental
Diseño de investigación:	Experimento factorial de 3x2 con 2 repeticiones	Muestra:	100 litros	Instrumentos:	Ficha de registro
Nivel de investigación	Explicativa			Tratamiento estadístico:	Infostat 2019

Anexo 2

Panel fotográfico del trabajo experimental

Figura 29

Montaje de los electrodos en el reactor



Nota: Se observa el montaje de los electrodos de aluminio y Hierro en el reactor

Figura 30

Instalaciones del área de lavado de la empresa Pegasus Rent a Car S.A.C.



Nota: Se observa las instalaciones de la empresa Pegasus Rent Car S.A.C..

Figura 31

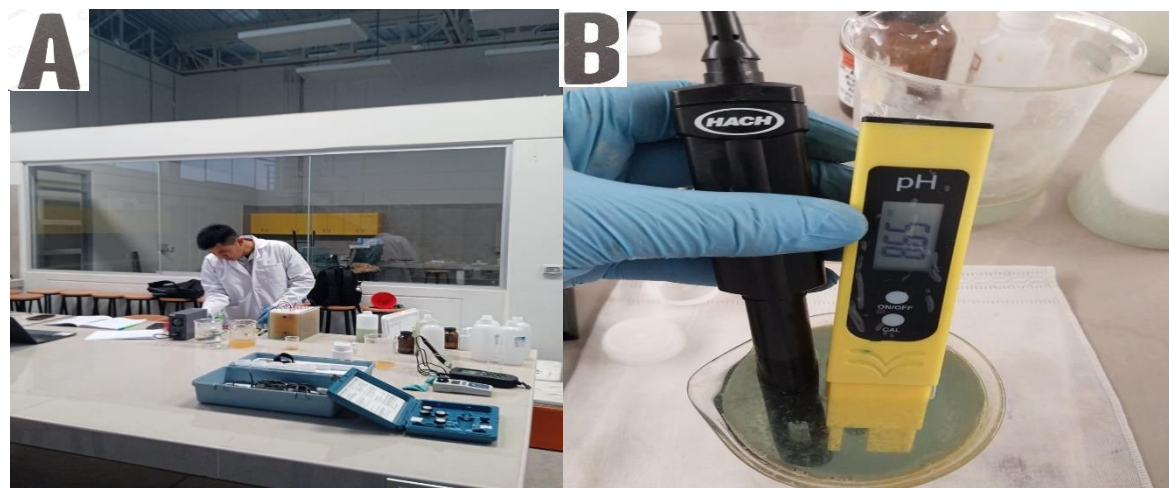
Envases esterilizados del laboratorio externo ALAB.



Nota: En las figuras A y B se pueden observar los envases esterilizados del laboratorio ALAB

Figura 32

Análisis de muestra en el laboratorio de Aguas de la escuela Ingeniería Ambiental de la UNJBG



Nota: En las figuras A y B se observa que se realizó la determinación de los parámetros de pH, Conductividad eléctrica y turbidez en el laboratorio de aguas de Ingeniería Ambiental.

Anexo 3

Resultados de análisis de los parámetros físico químicos del agua



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10821

N° Id.: 0000110484

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C.- TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua para Uso y Consumo Humano

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-27
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-27 al 2024-05-10


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



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

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

Pág.1 de 5

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

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

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

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

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

 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10821

N° Id.: 0000110484

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	INACAL LE - 096 CHALACA
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids. Settleable Solids	INACAL LE - 096 CHALACA
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	INACAL LE - 096 CHALACA

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

"APHA" : American Public Health Association

Pág.2 de 5

 ● SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 717 5902
 Cel.: 977 515 129

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

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

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

 ● SEDE TRUJILLO
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Saavedra - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 961 788 828

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10821

N° Id.: 0000110484

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-28896	M-24-28897	M-24-28898	M-24-28899			
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	001-DQ01-01	001-DQ01-02	001-DB01-01	001-DB01-02			
PRODUCTO ^(A)	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano			
SUB PRODUCTO ^(A)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)			
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	<2,0	<2,0
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	<5,0	<5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-	-	-

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

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

ITEM				5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-28900	M-24-28901	M-24-28902	M-24-28903
CÓDIGO CLIENTE ^(A)				001-SS1-01	001-SS1-02	001-SST1-01	001-SST1-02
PRODUCTO ^(A)				Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
SUB PRODUCTO ^(A)				Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	<0,50	<0,50
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	<0,10	<0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-	-	-

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

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

ITEM	9		10		
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-28904		M-24-28905		
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	001-AG1-01		001-AG1-02		
PRODUCTO ^(A)	Agua para Uso y Consumo Humano		Agua para Uso y Consumo Humano		
SUB PRODUCTO ^(A)	Bebida (Agua Potable)		Bebida (Agua Potable)		
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00		25-04-2024 12:00		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	0,26	0,24

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

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

⁽²⁾ Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10827

N° Id.: 0000110490

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C.- TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua Residual

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEMS DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-27
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-27 al 2024-05-10


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



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

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

Pág.1 de 5

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10827

N° Id.: 0000110490

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	INACAL LE - 096 CHALACA
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids. Settleable Solids	INACAL LE - 096 CHALACA
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C	INACAL LE - 096 CHALACA

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

"APHA" : American Public Health Association

Pág.2 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

 Prolongación Zarumilla Mz. D2
 Lt. 3, Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0036
 Cel.: 957 111 379

SEDE AREQUIPA

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

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salsavay - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0836
 Cel.: 961 768 828

ITEM				5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-28933	M-24-28934	M-24-28935	M-24-28936
CÓDIGO CLIENTE ^(A)				002-SS1-01	002-SS1-02	002-SST1-01	002-SST1-02
PRODUCTO ^(A)				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	2505,0	1 886,4
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	31,80	31,30	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-	-	-

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

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-28929	M-24-28930	M-24-28931	M-24-28932
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	002-AG1-01	002-AG1-02	002-DBO1-01	002-DBO1-02
PRODUCTO ^(A)	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	697,5	398,6
Sólidos Suspendedos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	20,0	16,0	-	-

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

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

ITEM				9	10
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-24-28937	M-24-28938
CÓDIGO CLIENTE ^(A)				002-DQO1-01	002-DQO1-02
PRODUCTO ^(A)				Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO ^(A)				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	1582,7	902,8
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-

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

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

⁽²⁾Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10877

N° Id.: 0000110540

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C.-TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-29
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-29 al 2024-05-10


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

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

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	IAS TL-833 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	SIN ACREDITACION
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	SIN ACREDITACION
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids, Settleable Solids	SIN ACREDITACION
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	SIN ACREDITACION

"ASTM": American Society for Testing Materials

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

"APHA": American Public Health Association

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29131	M-24-29132	M-24-29133	M-24-29134
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-AG1-01	003-AG1-02	003-DQO1-01	003-DQO1-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	157,7	184,1
Aceites y Grasas [†]	mg/L	0,2	0,5	<0,5	<0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

[†] Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10877

N° Id.: 0000110540

ITEM	5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29135	M-24-29136	M-24-29137	M-24-29138
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	003-DBO1-01	003-DBO1-02	003-SS1-01	003-SS1-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	65,4	77,2	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	11,00	11,20
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-	-	-

^(A) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

Pág.4 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

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

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10877

N° Id.: 0000110540

ITEM	9	10
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29139	M-24-29140
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-SST1-01	003-SST1-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	416,3	337,6
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.5 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

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

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10881

N° Id.: 0000110544

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C. - TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-29
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-29 al 2024-05-10


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 5

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

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

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

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

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

www.alab.com.pe

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	IAS TL-833 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	SIN AREDITACION
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	SIN AREDITACION
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids, Settleable Solids	SIN AREDITACION
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	SIN AREDITACION

"ASTM": American Society for Testing Materials

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

"APHA": American Public Health Association

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10881

N° Id.: 000110544

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29143	M-24-29144	M-24-29145	M-24-29146
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	003-AG2-01	003-AG2-02	003-DQO2-01	003-DQO2-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(B)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	151,7	155,2
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	<0,5	<0,5	-	-

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

Pág.3 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

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

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10881

N° Id.: 000110544

ITEM	5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29147	M-24-29148	M-24-29149	M-24-29150
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-DBO2-01	003-DBO2-02	003-SS2-01	003-SS2-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	56,1	65,4	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	7,20	7,28
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-	-	-

(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

(²) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

Pág.4 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

 COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10881

N° Id.: 000110544

ITEM	9	10
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29151	M-24-29152
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-SST2-01	003-SST2-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	290,0	248,9
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-

(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

VI. - OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.5 de 5

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

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

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

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

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

www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10883

N° Id.: 0000110546

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C. - TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-29
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-29 al 2024-05-10


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 5

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

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

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

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

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

www.alab.com.pe

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	IAS TL-833 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	SIN ACREDITACION
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	SIN ACREDITACION
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids. Settleable Solids	SIN ACREDITACION
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	SIN ACREDITACION

ASTM: American Society for Testing Materials

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

APHA: American Public Health Association

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29154	M-24-29155	M-24-29156	M-24-29157
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	003-AG3-01	003-AG3-02	003-DQO3-01	003-DQO3-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L.h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	131,3	154,4
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	<0,5	<0,5	-	-

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10883

N° Id.: 0000110546

ITEM	5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29158	M-24-29159	M-24-29160	M-24-29161
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	003-DBO3-01	003-DBO3-02	003-SS3-01	003-SS3-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	54,4	62,1	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	4,3	5,2
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-	-	-

^(A) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

Pág.4 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 952 961 941

SEDE PIURA

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

SEDE TRIJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10883

N° Id.: 0000110546

ITEM	9	10
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29162	M-24-29163
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-SST3-01	003-SST3-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	125,6	110,8
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.5 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

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

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10887

N° Id.: 0000110550

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C. - TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-29
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-29 al 2024-05-10



Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 5

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

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

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

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

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

www.alab.com.pe

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	IAS TL-833 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	SIN ACREDITACION
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	SIN ACREDITACION
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids, Settleable Solids	SIN ACREDITACION
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	SIN ACREDITACION

ASTM: American Society for Testing Materials

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

APHA: American Public Health Association

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10887

N° Id.: 000110550

ITEM	5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29171	M-24-29172	M-24-29173	M-24-29174
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	003-DBO4-01	003-DBO4-02	003-SS4-01	003-SS4-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0.4	2.0	57.4	52.7	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2.0	5.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0.10	-	-	9.40	8.89
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2.0	5.0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0.2	0.5	-	-	-	-

^(A) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

"NA": No ensayado

NA: No Aplica

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

Pág.4 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29167	M-24-29168	M-24-29169	M-24-29170
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-AG4-01	003-AG4-02	003-DQO4-01	003-DQO4-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(B)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	141,2	134,6
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	<0,5	<0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10887

N° Id.: 000110550

ITEM	9	10
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29175	M-24-29176
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-SST4-01	003-SST4-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	220,8	176,7
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-

(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

NA: No ensayado

NA: No Aplica

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

VI. - OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.5 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10955

N° Id.: 0000110618

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C. - TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-30
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-30 al 2024-05-10


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 5

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

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

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

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

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

www.alab.com.pe

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	IAS TL-833 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	SIN ACREDITACION
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	SIN ACREDITACION
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids, Settleable Solids	SIN ACREDITACION
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	SIN ACREDITACION

ASTM: American Society for Testing Materials

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

APHA: American Public Health Association

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10955

N° Id.: 000110618

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29394	M-24-29395	M-24-29396	M-24-29397
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-AG5-01	003-AG5-02	003-DQ05-01	003-DQ05-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(B)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	97,3	93,5
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	<0,5	<0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10955

N° Id.: 000110618

ITEM	5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29398	M-24-29399	M-24-29400	M-24-29401
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	003-DBO5-01	003-DBO5-02	003-SS5-01	003-SS5-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0.4	2.0	41.5	39.3	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2.0	5.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0.10	-	-	6.80	7.00
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2.0	5.0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0.2	0.5	-	-	-	-

^(A) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

Pág.4 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 952 961 941

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10955

N° Id.: 0000110618

ITEM	9	10
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29402	M-24-29403
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-SST5-01	003-SST5-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	160,2	165,0
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

NA: No ensayado

NA: No Aplica

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

VI. - OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.5 de 5

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

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

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

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

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

www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10960

N° Id.: 0000110623

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

- 1.- RAZON SOCIAL : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
2.- DIRECCIÓN : Junta Vecinal Para Grande Calle José Toribio Ara 371.
3.- PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ELECTROCOAGULACION PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS
PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHICULOS
4.- PROCEDENCIA : PEGASUS RENT A CAR S.A.C. - TACNA
5.- SOLICITANTE : JEAN CARLOS LAURACIO MARCA
6.- PRODUCTO : Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000002016-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2024-05-10

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- 1.- MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2.- NÚMERO DE MUESTRAS : 10
3.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2024-04-30
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : En buen estado de conservación y preservación
5.- PERÍODO DE ENSAYO : 2024 04-30 al 2024-05-10


Erika Aliaga Ibarra
Jefe de Laboratorio
CIP N° 100391



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 5

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

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

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

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

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

www.alab.com.pe

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	LUGAR DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	ASTM D8193-18 (Validated Modified).	Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction Using Non-Dispersive Mid-IR Transmission Spectroscopy. 2023	IAS TL-833 CHALACA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	SIN ACREDITACION
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand by Closed Reflux, Colorimetric Method.	SIN ACREDITACION
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 24th Ed. 2023.	Solids, Settleable Solids	SIN ACREDITACION
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023.	Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	SIN ACREDITACION

ASTM: American Society for Testing Materials

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

APHA: American Public Health Association

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10960

N° Id.: 000110623

ITEM	5	6	7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29415	M-24-29416	M-24-29417	M-24-29418
CÓDIGO CLIENTE ^(A)	003-DBO6-01	003-DBO6-02	003-SS6-01	003-SS6-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0.4	2.0	37.7	37.4	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2.0	5.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0.10	-	-	3.85	3.24
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2.0	5.0	-	-	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0.2	0.5	-	-	-	-

^(A) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"NA": No ensayado

NA: No Aplica

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

Pág.4 de 5

SEDE PRINCIPAL

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

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

SEDE PIURA

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

SEDE TRUJILLO

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10960

N° Id.: 000110623

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29411	M-24-29412	M-24-29413	M-24-29414
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-AG6-01	003-AG6-02	003-DQO6-01	003-DQO6-02
PRODUCTO ^(A)	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(A)	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(B)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	95,5	94,6
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	<0,5	<0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"-": No ensayado

NA: No Aplica

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-10960

N° Id.: 0000110623

ITEM	9	10
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-29419	M-24-29420
CÓDIGO CLIENTE ^(*)	003-SST6-01	003-SST6-02
PRODUCTO ^(*)	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO ^(*)	Agua Purificada	Agua Purificada
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(*)	25-04-2024 12:00	25-04-2024 12:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (**)	mg/L	0,4	2,0	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,0	5,0	111,0	80,0
Sólidos Sedimentables (**)	mL/L/h	NA	0,10	-	-
Demanda Química de Oxígeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-
Aceites y Grasas ²	mg/L	0,2	0,5	-	-

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

NA: No ensayado

NA: No Aplica

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

VI. - OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.5 de 5

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

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

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Ll. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 952 961 941

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

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

www.alab.com.pe