



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN
DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA,
EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieras en Medio Ambiente

Autoras:

Fonseca Morales Larissa Fernanda

Panimbosa Castro Melanie Valeria

Tutor:

Donoso Quimbita Caterine Ing. Mg

LATACUNGA - ECUADOR

Agosto 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Larissa Fernanda Fonseca Morales con cédula de ciudadanía No. 1724999402; y, Melanie Valeria Panimbosa Castro con cédula de ciudadanía No. 1805191697; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Evaluación de un electrocoagulador para la disminución de contaminantes en aguas residuales de la industria láctea, en el periodo abril-agosto 2021.”, siendo la Ingeniera. Mg. Caterine Donoso Quimbita Tutora del presente trabajo, y, eximos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 11 de agosto del 2021

Larissa Fonseca Morales
Estudiante
CC: 1724999402

Melanie Panimbosa Castro
Estudiante
CC: 1805191697

Ing. Mg. Caterine Donoso Quimbita
Docente Tutor
CC: 0502507536

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **FONSECA MORALES LARISSA FERNANDA**, identificada con cédula de ciudadanía **1724999402** de estado civil casada, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA, EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021.”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Septiembre 2015- Febrero 2016

Finalización de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Mg. Caterine Isabel Donoso Quimbita

Tema: “Evaluación de un electrocoagulador para la disminución de contaminantes en aguas residuales de la industria láctea, en el periodo abril-agosto 2021.”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de agosto del 2021.

Larissa Fernanda Fonseca Morales

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PANIMBOSA CASTRO MELANIE VALERIA**, identificada con cédula de ciudadanía **1805191697** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA, EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021.”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2016 - Marzo 2017

Finalización de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Mg. Caterine Isabel Donoso Quimbita

Tema: “Evaluación de un electrocoagulador para la disminución de contaminantes en aguas residuales de la industria láctea, en el periodo abril-agosto 2021.”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de agosto del 2021.

Melanie Valeria Panimbosa Castro

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA, EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021.” de Fonseca Morales Larissa Fernanda y Panimbosa Castro Melanie Valeria, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 11 de agosto del 2021

Ing. Mg. Caterine Isabel Donoso Quimbita
DOCENTE TUTOR
CC: 0502507536

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Fonseca Morales Larissa Fernanda y Panimbosa Castro Melanie Valeria, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA, EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021.”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 11 de agosto del 2021

Lector 1 (Presidente)
Ing. Mg. Joseline Ruiz Depablos
CC: 1758739062

Lector 2
Ing. Ph.D. Mercy Ilbay Yupa
CC: 06004147900

Lector 3
Ing. Mg. José Luis Agreda Oña
CC: 0401332101

AGRADECIMIENTO

A mi **Dios**, por proveerme de vida, sabiduría y coraje para cada uno de los obstáculos que se me presentaron, a lo largo del camino y de esta manera poder culminar esta meta.

A la **Universidad Técnica de Cotopaxi**, y mis docentes, un especial agradecimiento al **Ing Mg. Paolo Chasi Vizuite**, por su tiempo, apoyo y contribución a este trabajo; al **Ing. Mg. Renán Lara** quien nos orientó con profesionalismo y el apoyo durante todo el proceso, los aportes que nos han brindado fueron un pilar fundamental para la elaboración de este trabajo de investigación. Así también a la **MSc. Joseline Ruiz**, a la **Ph.D. Mercy Ilbay** y al **Mg. José Luis Agreda** miembros de mi tribunal de lectores.

Finalmente, un profundo agradecimiento sincero a todos/as quienes compartieron su conocimiento y me extendieron su apoyo a lo largo de estos cinco años.

Larissa Fonseca M.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud, fuerza y valentía para continuar cada paso de esta maravillosa etapa, a mi **familia** por apoyarme en todo este proceso, a mis **amigos más cercanos** que siempre me han dado ánimos en todos los momentos difíciles.

Agradezco al **M. Sc. Paolo Chasi** por siempre estar pendiente desde un inicio de esta investigación, como un amigo y ex docente de la carrera de Ing. Ambiental, siempre compartiendo sus conocimientos y dándonos consejos para avanzar, como también al **M. Sc. Renan Lara** por asesorarnos y estar siempre pendiente de todo el proceso, a pesar de que nunca tuve el honor de ser su estudiante. **Al presidente de la JAAPARY; Ing. Juan Espinoza e Ing. Karina Guanoluisa** técnica encargada del laboratorio de la planta de agua potable, por abrirme las puertas de la institución para poder realizar mi investigación sin importar el horario. Doy gracias por haber encontrado a maravillosas personas y grandes profesionales durante este proceso, que hoy admiro y llevaré eternamente en mi corazón.

Finalmente, quiero agradecer a la **Universidad Técnica de Cotopaxi** que me abrió las puertas y me dio la oportunidad de continuar con mis estudios, ya hoy después de 5 años estar a puertas de salir con mi título de Ingeniera Ambiental.

Melanie Panimbosa C.

DEDICATORIA

El esfuerzo que plasmo en este proyecto de investigación se lo dedico a mis padres Raúl y Carmelina, quienes me dieron su amor, apoyo y consejo.

A mis hermanas Ligia y Carla quienes fueron mi apoyo en cada una de las etapas de mi vida, gracias por cuidarme.

A mi esposo Paúl y a mis hijas que son mi mayor tesoro: Sophie y Paulie, por su amor cariño y ternura, pues ustedes fueron ese motor para salir adelante.

Larissa Fonseca M.

DEDICATORIA

Este logro se la dedico a mis padres Nelly Castro y Vicente Panimbosa; a mis hermanos Bryan y Alan, que en todo este tiempo que hemos venido atravesando tantas dificultades, no han dejado apoyarme en ningún momento, han sido mi motor e inspiración para seguir luchando por este nuevo logro en mi vida.

Melanie Panimbosa C.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA, EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021.”

AUTORAS:

Fonseca Morales Larisa Fernanda

Panimbosa Castro Melanie Valeria

RESUMEN

La contaminación fisicoquímica y microbiológica, causada por la elaboración de lácteos tiene impactos negativos sobre el medio ambiente como: suelo, aire y agua, siendo el recurso hídrico el más afectado por la generación de aguas servidas. En este sentido, para reducir los contaminantes debería tenerse en cuenta operaciones sostenibles que garanticen los derechos de la naturaleza y de los ciudadanos a un ambiente sano. Es por ello que se planteó el siguiente estudio con la finalidad de evaluar una unidad de electrocoagulación para la disminución de contaminantes presentes en aguas residuales de la industria láctea y para cumplir con ello se determinó tres objetivos específicos, empezando por el diseño y construcción de una unidad de electrocoagulación para disminución de: DBO, DQO, Sólidos totales & aceites y grasas en las aguas residuales de la empresa “Productos Lácteos Marlén”, continuando con la evaluación del porcentaje de remoción de los contaminantes mediante el diseño experimental multifactorial, empleando un software estadístico (infostat) con la desviación estándar, tukey al 0,05 y por último el análisis de los costos generados en el proceso de este método para la remoción de los parámetros especificados anteriormente. Finalmente, al haber realizado los 4 tratamientos se concluye que, la microempresa “Productos Lácteos Marlén” carece de un proceso de descontaminación de aguas, luego de haberse obtenido los resultados del proceso de electrocoagulación, el parámetro que tuvo mayor porcentaje de remoción es el de grasas y aceites teniendo un valor de mínimo del 75,85% y el mayor porcentaje de remoción un valor de 91,21%.

Palabras clave: *Electrocoagulador, contaminantes, remoción, parámetros, diseño experimental multifactorial.*

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL
RESOURCES

THEME: "EVALUATION OF AN ELECTROCOAGULATOR FOR THE DECREASE OF POLLUTANTS IN WASTEWATER FROM THE DAIRY INDUSTRY, IN APRIL-AUGUST 2021 PERIOD."

AUTHORS:

Fonseca Morales Larisa Fernanda

Panimbosa Castro Melanie Valeria

ABSTRACT

The physicochemical and microbiological pollution caused by the production of dairy products has negative impacts on the environment, such as soil, air, and water; the water resource is the most affected by the generation of sewage. In this sense, sustainable operations that guarantee the rights of nature and citizens to a healthy environment should be taken into account to reduce pollutants. So, this study was proposed to evaluate an electrocoagulation unit for the reduction of contaminants present in wastewater from the dairy industry; therefore, three specific objectives were determined, starting with the design and construction of an electrocoagulation unit for a reduction of BOD, COD, Total solids, oils, and fats in the wastewater of "Productos Lácteos Marlén" Company, after that the evaluation of the removal percentage of pollutants through the multifactorial experimental design, using statistical software (InfoStat) with the standard deviation, Tukey at 0.05 and lastly the analysis of the costs generated in the process of this method for the removal of the parameters specified above. Finally, it is concluded after having carried out the four treatments that "Productos Lácteos Marlén" Company lacks a water decontamination process; after having obtained the results of the electrocoagulation process, the parameter that had the highest percentage of removal is fats and oils having a minimum value of 75.85% and the highest removal percentage a value of 91.21%.

Keywords: *Electrocoagulator, contaminants, removal, parameters, multifactorial experimental design.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE FIGURAS	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS:	4
5.1. Objetivo General	4
5.2. Objetivos específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
7.1. Descripción del área de estudio.	5
7.1.1. Línea base.....	5
7.2. El Agua	6
7.2.1. Propiedades Físicas y Químicas del Agua	6
7.3. Aguas Residuales Industriales	7
7.4. Procesos de fabricación de productos lácteos.....	8
7.5. Importancia de Tratamiento de Aguas Residual.....	9
7.6. Medidas de Concentración de Contaminantes en Aguas Residuales	10
7.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	10
7.8. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	10
7.9. Electroquímica	10
7.9.1. Energía Eléctrica-> Energía Química.....	11
7.9.2. Electrolisis de oxidación y reducción.....	11
7.10. Contaminantes que se pueden eliminar	11

7.11.	Electrocoagulación	12
7.11.1.	Componentes del sistema de electrocoagulación.....	12
7.11.2.	Electrodos.....	13
7.11.3.	Reacción química por el uso de placas de aluminio	13
7.12.	Proceso del electrocoagulador	14
7.12.1.	Variables del proceso:.....	15
7.13.	Ventajas y desventajas de un electrocoagulador.....	16
7.14.	Reactores para el proceso de electrocoagulación.....	17
7.14.1.	Tipos de reactores:	17
	Tipo Batch	17
	Monopolar.....	18
	En Paralelo.....	18
	En Serie.....	19
	Reactor electroquímico.....	20
7.15.	Diseño experimental multifactorial	21
7.16.	Infostat	21
7.17.	Micro empresa “Marlén Productos Lácteos”	22
	<i>Empresa</i>	22
	Proceso productivo de la Industria “Marlen” Productos Lácteos	23
7.18.	Consumo de agua de la Industria	23
8.	VALIDACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS	23
9.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	24
9.1.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	24
9.1.1.	Investigación Cualitativa	24
9.1.2.	Investigación Cuantitativa	24
9.1.3.	Investigación Documental	24
9.1.4.	Investigación Descriptiva.....	24
9.1.5.	Investigación Experimental.....	24
9.1.6.	Investigación Exploratoria	25
9.2.	TÉCNICAS	25
9.2.1.	La Observación.....	25
9.2.2.	Técnica Documental	25
9.3.	MÉTODOS	25
9.3.1.	Descriptivo	25
9.3.2.	Estadístico Descriptivo	25

9.3.3. Inductivo	26
9.4. INSTRUMENTOS	26
9.4.1. Cámara	26
9.4.2. Computadora	26
9.4.3. InfoStat	26
9.4.4. ArcGIS	26
9.5. Diseño y construcción del sistema de electrocoagulación.	26
9.5.1. Parámetro de entrada para el diseño del electrocoagulador	26
9.5.2. Diseño mecánico del electrocoagulador	28
9.5.3. Características de los materiales para la construcción del Electrocoagulador	29
9.5.4. Unidad de electrocoagulación.....	29
9.6. Metodología para la evaluación del porcentaje de remoción de contaminantes.	30
9.6.1. Diseño Experimental multifactorial.	31
9.6.2. Determinación de porcentaje de remoción	33
9.7. Análisis de los costos de los tratamientos para remoción de contaminantes	33
Determinación del costo por consumo de energía.....	34
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
10.1. Diseño y construcción del reactor.	34
Celda electroquímica.....	34
10.2. Evaluación del porcentaje de remoción de DBO, DQO, Sólidos Totales & aceites y grasas. 36	
10.3. Costo mensual de tratamiento por electrocoagulación.	44
11. IMPACTOS	45
11.1. Impactos Ambientales	45
11.2. Impactos Económicos	45
11.3. Impactos Sociales	45
12. PRESUPUESTO	45
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
13.1. CONCLUSIONES.....	47
13.2. RECOMENDACIONES	47
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Número de habitantes de la parroquia Quinchicoto.</i>	3
Tabla 2: <i>Actividades y sistema de tareas de los objetivos específicos.</i>	4
Tabla 3: <i>Características físicas y químicas del agua.</i>	6
Tabla 4: <i>Ventajas y desventajas de la Electrocoagulación</i>	16
Tabla 5: <i>Descripción de la fábrica.</i>	22
Tabla 6: <i>Procesos productivos</i>	23
Tabla 7: <i>Consumo de agua por mes</i>	23
Tabla 8: <i>Técnicas generales para la conservación de las muestras.</i>	27
Tabla 9: <i>Volumen de agua obtenida para el proceso de electrocoagulación.</i>	28
Tabla 10. <i>Características de los materiales utilizados para la construcción</i>	29
Tabla 11: <i>Variables dependientes e independientes.</i>	31
Tabla 12: <i>Factores en estudio para el diseño experimental multifactorial.</i>	31
Tabla 13: <i>Diseño Experimental para Tukey</i>	31
Tabla 14: <i>Diseño experimental multifactorial.</i>	32
Tabla 15: <i>Diseño experimental multifactorial, para el tratamiento de aguas residuales lácteas.</i>	32
Tabla 16: <i>Valor del kilovatio por sectores</i>	34
Tabla 17: <i>Resultados de muestra testigo, 25/06/2021</i>	36
Tabla 18: <i>Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (V1D1). 26/07/2021</i> 36	36
Tabla 19: <i>Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (V1D2). 26/07/2021</i> 37	37
Tabla 20: <i>Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (V2D1). 26/07/2021</i> 37	37
Tabla 21: <i>Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (V2D2). 27/06/2021: 00:0038</i>	
Tabla 22: <i>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) DQO</i>	39
Tabla 23: <i>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5989,80680</i>	39
Tabla 24: <i>Cuadro de Análisis de la Varianza DBO</i>	40
Tabla 25: <i>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5989,80680</i>	40
Tabla 26: <i>Cuadro de Análisis de la Varianza</i>	41
Tabla 27: <i>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=30,80385</i>	42
Tabla 28: <i>Cuadro de Análisis de la Varianza</i>	43
Tabla 29: <i>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=30,80385</i>	43

Tabla 30: <i>Presupuestos detallados</i>	45
Tabla 31: <i>Presupuestos detallados</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Ubicación geográfica “Marlen” Productos Lácteos</i>	5
Figura 2: <i>Esquema del proceso de elaboración de quesos</i>	8
Figura 3: <i>Reacciones electroquímicas en relación a energía eléctrica y energía química</i>	11
Figura 4: <i>Proceso de electrocoagulación</i>	12
Figura 5: <i>Componentes de un electrocoagulador</i>	13
Figura 6: <i>Reactor con electrodos monopolares conectados en paralelo</i>	18
Figura 7: <i>Reactor con electrodos monopolares conectados en serie</i>	19
Figura 8: <i>Reactor con electrodos bipolares conectados en paralelo</i>	19
Figura 9: <i>Proceso de electrocoagulación en un reactor</i>	21
Figura 10: <i>Ubicación de la empresa</i>	22
Figura 11: <i>Fuente de corriente</i>	30
Figura 12: <i>Diseño de la unidad de electrocoagulación</i> :	35
Figura 13: <i>Diagrama de flujo de electrocoagulación</i>	35
Figura 14: <i>Antes y después del proceso de electrocoagulación en el prototipo construido</i> . 38	
Figura 15: <i>DQO</i>	40
Figura 16: <i>DBO</i>	41
Figura 17: <i>Aceites y grasas</i>	42
Figura 18: <i>Sólidos totales</i>	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: <i>Calculo del caudal</i>	55
Anexo 2: <i>Datos procesados en Infostat con los resultados de los análisis obtenidos</i> :	55
Anexo 3: <i>Resultados de DQO obtenidos de infostat (tukey)</i>	56
Anexo 4: <i>Resultados de DBO₅ obtenidos de infostat (tukey)</i>	57
Anexo 5: <i>Resultados de Aceites y Grasas obtenidos de infostat (tukey)</i>	57
Anexo 6: <i>Resultados de Sólidos Totales obtenidos de infostat (tukey)</i>	58

Anexo 7: <i>Permiso de Funcionamiento “Productos Lacteos Marlén”</i>	60
Anexo 8: <i>RUC- SRI</i>	61
Anexo 9: <i>Planilla de Agua</i>	62
Anexo 10: <i>Parte exterior de la empresa</i>	63
Anexo 11: <i>Parte interna de la empresa 1:09pm</i>	63
Anexo 12: <i>Parte final de la empresa. 15/06/2021 1:13pm</i>	63
Anexo 13: <i>Parte final de la empresa. 15/06/2021 1:16pm</i>	64
Anexo 14: <i>Zona de Pausterizado</i>	64
Anexo 15: <i>Sección de Coagulación</i>	65
Anexo 16: <i>Mesa de Moldeo</i>	65
Anexo 17: <i>Implementos para la producción de quesos</i>	66
Anexo 18: <i>Equipo de trabajo</i>	68
Anexo 19: <i>Recolección del agua de producción</i>	68
Anexo 20: <i>Ubicación del Laboratorio donde se realizó los experimentos, perteneciente a la Planta de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco (JAAPARY)</i>	70
Anexo 21: <i>Técnica de la planta y encargada del laboratorio Ing. Karina Guanoluisa Díaz</i>	71
Anexo 22: <i>Laboratorio (JAAPARY)</i>	72
Anexo 23: <i>Limpieza y calibración del equipo</i>	73
Anexo 24: <i>Análisis de la Temperatura y pH</i>	74
Anexo 25: <i>Proceso de remoción por electrocoagulación en un vaso de precipitación, antes y después del proceso</i>	75
Anexo 26: <i>Desgaste de las placas, (Fe-Al)</i>	75
Anexo 27: <i>Crecimiento de espumas</i>	76
Anexo 28: <i>Presencia de flocs después del tiempo de sedimentación</i>	76
Anexo 29: <i>Actividad que provoca un alto voltaje en un mayor tiempo</i>	77
Anexo 30: <i>Preparación del equipo antes del proceso de electrocoagulación</i>	77
Anexo 31: <i>Calibración de fuente de poder</i>	78
Anexo 32: <i>Antes de Proceso de Electrocoagulación</i>	79
Anexo 33: <i>Después de Proceso de Electrocoagulador</i>	79
Anexo 34: <i>Resultados de los análisis del laboratorio</i>	80
Anexo 35: <i>Aval de abstract</i>	87

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Evaluación de un electrocoagulador para la disminución de contaminantes en aguas residuales de la industria láctea, en el periodo abril-agosto 2021”.

Lugar de ejecución:

Parroquia Quinchicoto, Cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Nombre del equipo de investigadores:

Tutor: MSc. Caterine Donoso

Estudiante 1: Sra. Fonseca Morales Larissa Fernanda

Estudiante 2: Srta. Panimbosa Castro Melanie Valeria

LECTOR 1: M. Sc. Joseline Ruiz

LECTOR 2: Ph. D. Mercy Ilbay

LECTOR 3: Mg. José Luis Ágreda

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Líneas de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub- línea de Investigación de la Carrera:

Sostenibilidad Ambiental

Manejo y conservación del Recurso hídrico

Línea de Vinculación de la Facultad:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo de la industria láctea en el país va creciendo rápidamente y muestra un grado de contaminación elevado, debido a un consumo inapropiado de energía, agua y productos químicos que producen emisiones de gases y vertido de aguas residuales industriales directamente al alcantarillado público sin ningún tratamiento previo.

Se realizará esta investigación con la finalidad de evaluar una unidad de coagulación–floculación mediante electrólisis (electrocoagulación), para la disminución de contaminantes fisicoquímicos, presentes en aguas residuales de la industria láctea.

El presente estudio es de gran importancia, ya que, contribuirá al tratamiento de aguas residuales industriales para la conservación y manejo de la quebrada Catequilla, perteneciente a la microcuenca del río Pachanlica, que son arrojados los líquidos contaminados después de atravesar por el sistema de alcantarillado hacia la planta de tratamiento del cantón Tisaleo, de la provincia de Tungurahua, por lo que, se está contaminando y afectando a los moradores que utilizan este recurso para fines agrícolas y domésticos.

Una vez finalizado el estudio y el análisis de resultados se conocerá la factibilidad para la remoción de contaminantes presentes en el efluente arrojado por la empresa “Marlen” Productos Lácteos, aplicando el método de electrocoagulación, constituyéndose actualmente un proceso alternativo y sostenible para el tratamiento de aguas residuales, ofreciendo un alto grado de remoción de diversos contaminantes presentes en aguas contaminadas, produciendo agua limpia para su reuso en fines agrícolas.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Dentro de esta investigación se consideran como beneficiarios directos a los trabajadores de la microempresa “Marlen, productos lácteos”, la cual está conformada por 6 trabajadores que se dedican a la elaboración y comercialización de productos lácteos. Mientras que, los beneficiarios indirectos son los habitantes de la parroquia Quinchicoto y también los 466 estudiantes que conforman la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Tabla 1: Número de habitantes de la parroquia Quinchicoto.

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Trabajadores de la empresa “Marlen” productos lácteos.	Población de la parroquia Quinchicoto.	Estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.
Hombres: 2	Hombres: 633	Hombres: 156
Mujeres: 4	Mujeres: 673	Mujeres: 310
Total: 6	Total: 1306	Total: 466

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (2010) & Universidad Técnica de Cotopaxi (2021)

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La problemática surge en la parroquia Quinchicoto, porque al ser un sector ganadero da lugar a la existencia de pequeñas empresas dedicadas a la producción de derivados de la leche; las cuales carecen de una planta de tratamiento o algún método para la disminución de contaminantes de las aguas residuales. Los desechos producidos por la elaboración de estos productos son arrojados directamente recolector de aguas residuales sin tener un previo tratamiento, por lo que, incumplen la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: escrito en la REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACIÓN SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2. la tabla 8 representada en el Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de noviembre de 2015, página 20, de la normativa vigente, en la que se establecen los límites máximos permisibles de descarga hacia el sistema de alcantarillado público.

La elaboración de quesos genera gran contaminación que afecta al recurso hídrico; puesto que estas pequeñas empresas encontradas en el sector rural no cuentan con un sistema de aprovechamiento del suero que es arrojado directamente al alcantarillado; infringiendo la normativa y afectando a la zona donde desemboca los despojos industriales. Durante el proceso generan gran cantidad de lactosa y proteínas adjuntos en el suero, que al ser vertidas aumentan drásticamente el nivel de DBO5.

También los detergentes y desinfectantes utilizados para la limpieza de los materiales y equipos de la planta constituyen otro factor que altera la calidad del agua, dichos productos químicos sintéticos usados en grandes cantidades actúan como contaminantes tóxicos,

provocando degradación de la flora y fauna acuática. Por lo que deben ser controlados para que no se conviertan en un problema social ni atente contra la vida y el ambiente.

5. OBJETIVOS:

5.1.Objetivo General

Evaluar una unidad de separación por el método de electrocoagulación para disminuir contaminantes presentes en aguas residuales de la industria láctea, en el periodo abril-agosto 2021.

5.2.Objetivos específicos

- Diseñar y construir una unidad de electrocoagulación para disminución de: DBO, DQO, Sólidos totales & aceites y grasas en las aguas residuales de la empresa “Marlen” Productos Lácteos.
- Evaluar el porcentaje de remoción de DBO, DQO, Sólidos Totales & aceites y grasas, por el método de electrocoagulación.
- Analizar los costos del mejor tratamiento, generados en el proceso del método de electrocoagulación para la remoción de contaminantes.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2: Actividades y sistema de tareas de los objetivos específicos.

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- Diseñar y construir una unidad de electrocoagulación para disminución de: DBO, DQO, Sólidos totales & aceites y grasas en las aguas residuales de la empresa “Marlén” Productos Lácteos.	Investigar fuentes bibliográficas sobre estudios realizados en relación con la electrocoagulación y su metodología para el diseño de este.	Conocer sobre el comportamiento de un electrocoagulador y la influencia de en aguas residuales de industrias lácteas.	Comparar entre artículos científicos que avalen los resultados obtenidos.
O.2.- Evaluar el porcentaje de remoción de DBO, DQO, Sólidos Totales y aceites y grasas, por el método de electrocoagulación.	Establecer una metodología adecuada para el análisis de las aguas residuales lácteas usando el método de electrocoagulación.	Definir las variables para la obtención de datos.	Análisis e interpretación de resultados.

<p>O.3.- Analizar los costos del mejor tratamiento, generados en el proceso del método de electrocoagulación para la remoción de contaminantes.</p>	<p>Determinar el costo económico de KwM3 por hora.</p>	<p>Investigar bibliográficamente sobre el cálculo de la energía consumida dentro del proceso de electrocoagulación</p>	<p>Analizar e interpretar resultados.</p>
---	--	--	---

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

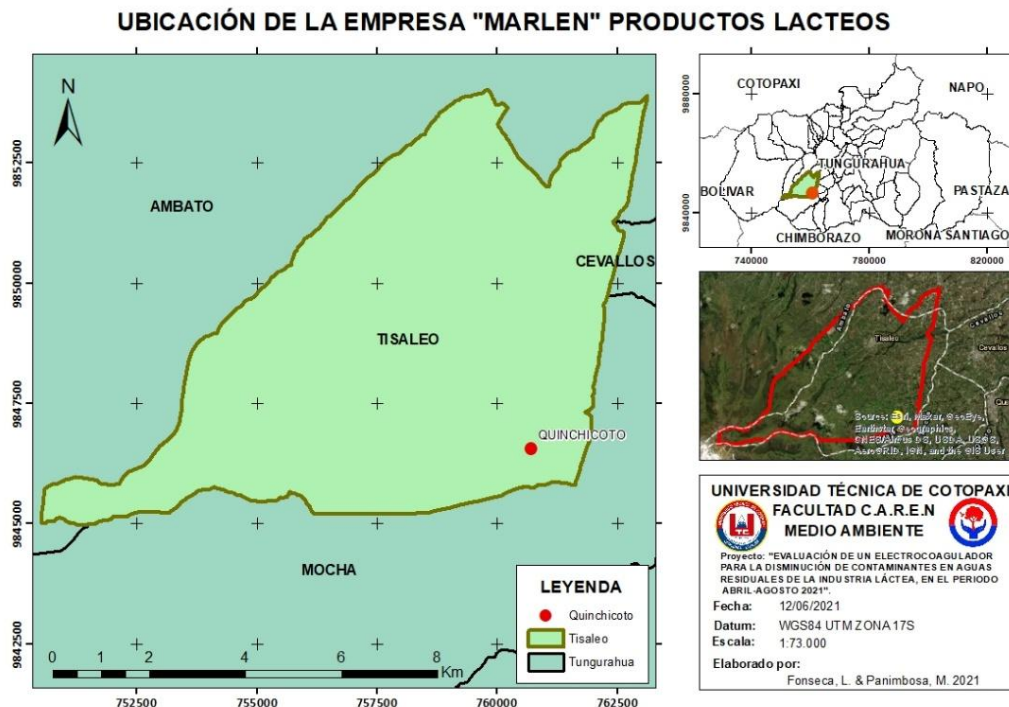
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1.Descripción del área de estudio.

La parroquia Quinchicoto, se encuentra ubicada al sur del cantón Tisaleo, limitando al norte con Santa Lucía Bellavista y Santa Lucía Centro; al oriente y sur con el cantón Mocha. Posee una extensión aproximada de 969,37 has. Se encuentra conformada actualmente por las comunidades: Santa Marianita, San Vicente, La Unión, Quinchicoto Centro; cuenta con tres Asociaciones Agrícolas: Santa Marianita, Hermano Miguel y Corazón de Jesús. Administrativamente se encuentra presidida por el presidente de la Junta Parroquial. Fuente: (GAD Parroquia de Quinchicoto, 2015)

7.1.1. Línea base

Figura 1: Ubicación geográfica "Marlen" Productos Lácteos.



Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

7.2.El Agua

El agua es un elemento químico que existe en gran cantidad en la biósfera siendo este de mucha importancia para casi toda la vida en la Tierra, ya que este recurso es un medio fundamental para el funcionamiento del metabolismo, por ende, el presente estudio es una alternativa más para su preservación en estado útil para la vida.

7.2.1. Propiedades Físicas y Químicas del Agua

Las propiedades físicas del agua suelen considerarse el punto de comparación con otras sustancias

Tabla 3: Características físicas y químicas del agua.

Propiedades Físicas	Densidad	La densidad del agua es de 0,9999 a 20 °C.
	Tensión superficial	El agua tiene una gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando tensión superficial.
	Viscosidad	La viscosidad del agua a temperatura ambiente (20 °C) es de 0,0100 poises; en el punto de ebullición (100 °C) disminuye hasta 0,0028 poises.
	Compresibilidad	La compresibilidad del agua tiene un gran interés, ya que, si la misma fuese cero, el nivel de las aguas del mar en la tierra estaría aproximadamente 40 m más alto, por lo que el área total de tierras sin sumergir se reduciría a la mitad
	Calor específico	El calor específico del agua se define como la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura, en un grado Celsius, a un gramo de agua en condiciones estándar y es de 1 cal/°C•g, que es igual a 4,1840 J/C•g.
	Conductividad térmica	La conductividad térmica del agua aumenta ligeramente con la temperatura en el intervalo de 0° a 100° C.

	Velocidad de sonido en el agua	La velocidad del sonido en el agua aumenta con la temperatura hasta llegar a un máximo cercano a 75° C a partir de aquí disminuye
Propiedades Químicas	Composición	Su molécula está formada por hidrógeno y oxígeno en proporción de 1:8 en masa y de 2:1 en volumen, Su fórmula química es H ₂ O; el oxígeno está unido a cada hidrógeno por un enlace covalente sencillo
	pH	El agua pura tiene un pH de 7,0. El agua con un nivel de pH menor a eso se considera ácida y si es mayor a 7,0 se considera alcalina o base
	Dureza	Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Fuente: (Zarza, 2010)

7.3. Aguas Residuales Industriales

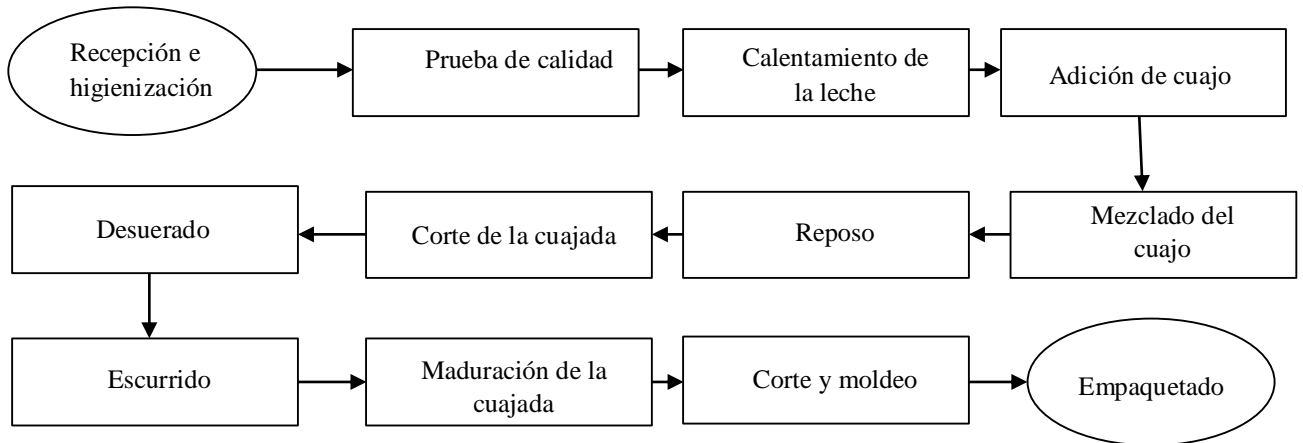
Históricamente las aguas residuales no han sido un factor propio de la producción. El avance cultural e industrial terminó llevando aquel proceso a situaciones límite, las cuales han afectado el medio ambiente. Por lo que este recurso adquirió una creciente importancia económica por varias razones. En primer lugar, la demanda de calidad en nuevas y también antiguas aplicaciones (industria electrónica, industria farmacéutica, generación de vapor, etc.) ha ido en aumento, exigiendo tratamientos más completos. En segundo lugar, la calidad de muchos suministros ha ido empeorando con el paso del tiempo. Y finalmente, la presión creciente de la legislación en cuestiones a favor del medio ambiente obliga a replantear procesos industriales disminuyendo el consumo de agua, y poder analizar las posibilidades de recuperación de agua para poderla reutilizar en los procesos y mejorar las condiciones de las aguas residuales contaminadas antes de su vertido.

Para lograr los objetivos de calidad ha aumentado, además, la oferta de tecnologías aplicables, cuya evaluación no siempre es fácil para los usuarios, a menos que dispongan de un

asesoramiento especializado que les permita desafiar la selección entre una amplia y diversificada gama de opciones. (Rigola, 1990)

7.4. Procesos de fabricación de productos lácteos

Figura 2: Esquema del proceso de elaboración de quesos



Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

El elemento de mayor impacto ambiental es la generación de aguas residuales, las principales fuentes de efluente líquido son los procesos de lavado, salado y coagulación. Para cumplir con los límites máximos permisibles. (Godoy, 2019) El gran contenido de nutrientes del lacto suero produce aproximadamente 3,5 Kg de demanda biológica de oxígeno (DBO5) y 6,8 Kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 Kg de lactosuero producido, valores de 5,0 Kg de DBO5 y 10 Kg de DQO se obtienen al tener aumento en las pérdidas de finos por defectos de coagulación siendo la lactosa la responsable de un 70 a 80 % de los valores obtenidos; la transformación de 100.000 litros de leche / día en quesos genera una contaminación equivalente a una población de 55.000 a 65.000 habitantes. (González, 2012)

Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en la producción de 7.000 litros de leche, una sola vaca podría llegar a generar anualmente 140 kilos de metano, lo que equivale el recorrido de 8.000 kilómetros de un automóvil durante el mismo tiempo.

Para lograr un volumen alto de producción se requiere un elevado gasto de energía como son: (el petróleo, el gas o el carbón, energía eléctrica) que son utilizadas para esterilizar equipos, iluminación de instalaciones, calentamiento y enfriamiento, transporte y otros procesos vinculados dentro del proceso.

Principalmente, el agua es uno de los muchos recursos que se ve seriamente afectado por la industria láctea. Al producir y procesar la leche y sus derivados exige una alta demanda del recurso hídrico; que, a su vez, los desechos derivados de este también contiene altos niveles de materia orgánica. (Del Nogal, 2020) & (Sheen & Riesco, 2002)

La utilización de calderas produce emisiones atmosféricas de bajo impacto ambiental, la cual se utiliza para incrementar la temperatura del agua de lavado y para el calentamiento de los tanques de pasteurización de la leche, su funcionamiento es mediante procesos de combustión de carbón. Periódicamente las empresas se someten a un análisis de emisión de gases ya que siempre deben mantenerse por debajo de los límites permisibles.

7.5.Importancia de Tratamiento de Aguas Residual

El agua es un recurso natural vital la cual se usa para todo tipo de procesos industriales, por lo que estas actividades alteran su estado natural, lo que genera graves daños al medio ambiente en ríos o mares, e imposibilita volverla a usar en otras actividades. Es por eso que se debe de tener un correcto tratamiento para su reutilización o un previo tratamiento para su retorno al medio ambiente. (Acciona, 2020)

El tratamiento de las aguas residuales es realizado con el objetivo de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radiactiva de los cursos y cuerpos de agua receptores, de un modo general, el tratamiento tiene el propósito de evitar:

- Daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua.
- Daño a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento.
- Daños a las actividades piscícolas.
- Perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra.
- Impacto al entorno ecológico.

Una de las consecuencias del desarrollo de la civilización y que se caracteriza por el incremento de la densidad demográfica y crecimiento industrial incontrolable, las razones que justifican el tratamiento de las aguas residuales pueden ser resumidas en cuatro puntos:

- Razones higiénicas o de salud pública.
- Razones económicas.
- Razones estéticas.
- Razones legales. (Franco, 2002)

7.6. Medidas de Concentración de Contaminantes en Aguas Residuales

Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales. (Muñoz Cruz, 2008)

Por esa razón se ha desarrollado una serie de métodos prácticos para la evaluación de la concentración de contaminantes en aguas residuales, por lo que para aplicarla no requiere un amplio conocimiento de la composición química específica de las aguas residuales consideradas. (Ramalho, 1996)

7.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007)

Esta es usualmente utilizada para medir la materia orgánica disuelta y coloidal; la determinación es una prueba empírica en la que se utilizan métodos estandarizados de laboratorio, para establecer requerimientos referentes al oxígeno de las aguas residuales, efluentes tratados y aguas contaminadas (Del Ángel Sasnchez, 1994). Entre los efectos al ecosistema, se encuentra el cambio en la calidad del agua, y la posible elevación del pH, provocando la desaparición de la vida acuática. (Lecca & Ruiz, 2014)

7.8. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura, tiempo y pH, por lo que se mide como miligramos de “oxígeno” equivalentes a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida por litro de disolución (agua residual). (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales., 2007) & (Ramírez, 2008)

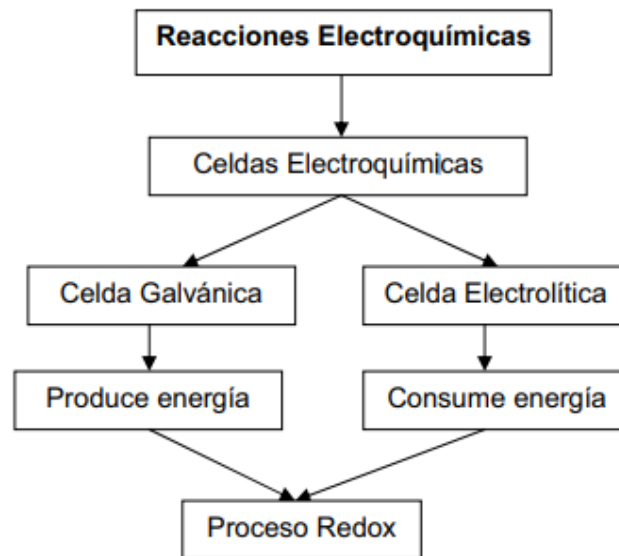
7.9. Electroquímica

La electroquímica es una rama de la química que estudia las reacciones químicas producidas por acción de la corriente eléctrica, así como la producción de corriente, mediante reacciones químicas. Las reacciones químicas en todo proceso electroquímico son de tipo redox. (Martínez & Hernández, 2005) & (Baeza, 2010)

7.9.1. Energía Eléctrica-> Energía Química

La electroquímica se divide en dos secciones: la primera es la electrólisis, la cual se refiere a las reacciones químicas que se producen por la aplicación externa de un diferencial de potencial de la energía eléctrica, y la segunda, se refiere a aquellas reacciones químicas que general corriente eléctrica o diferencia de potencial eléctrico.

Figura 3: Reacciones electroquímicas en relación a energía eléctrica y energía química.



Fuente: (Cazco & Jarrín, 2010)

7.9.2. Electrolisis de oxidación y reducción

Viene a ser un método de electroquímico más usado para el proceso del efluente, medio del desestabilizar las moléculas de una polución hallando emulsiones, disuelta en un líquido, incitando el flujo eléctrico en la muestra entre las láminas de metal equidistante de distintos al cuerpo físico, del elemento de Fe y Al con mayor empleo.

En el método de electrolisis de oxidación y reducción donde es procreado del producto de la coagulación en el mismo lugar por la solución de cationes de Al o Fe del electrodo de Al o Fe correspondiente. Tienden un lugar en el ánodo y en el cátodo la generación de iones metálicos e independencia de los gases del hidrógeno del cual se obtiene de la flotación de los elementos floculada, y a su vez al parecido que serán retirado luego. (Cuba, 2020)

7.10. Contaminantes que se pueden eliminar

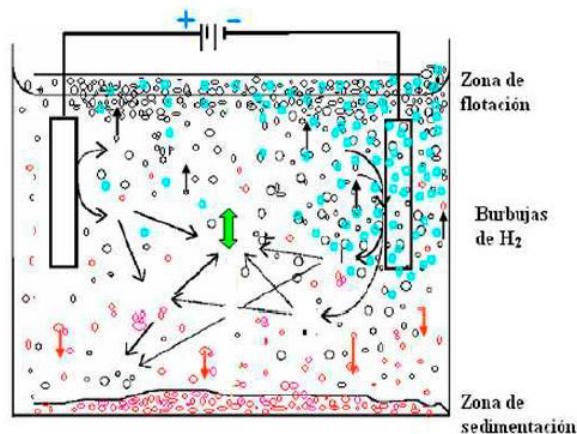
Con este proceso se reducen altos valores de demanda química de oxígeno (DQO), de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales, turbiedad, metales pesados, etcétera. Además, nos permite, simultáneamente a la remoción de contaminantes,

desinfectar el agua, eliminando microorganismos patógenos, lo cual permitirá reducir el uso de altas concentraciones de cloro en la etapa final del tratamiento. (Aguilar, 2018)

7.11. Electrocoagulación

La electrocoagulación es el proceso de utilizar la electricidad para eliminar los contaminantes suspendidos, disueltos o emulsionados en agua; la tecnología consiste en inducir corriente eléctrica en las aguas residuales a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, los más utilizados son el hierro y el aluminio. La fuerza electromotriz proporcionada por la corriente provoca una reacción química que hará que los contaminantes existentes (ya sea en suspensión o emulsionados) sean inestables. Por lo tanto, los contaminantes presentes en el medio acuoso forman agregados, y el contenido coloidal y la emulsificación (o solubilidad) de las partículas sólidas producidas son menores que el estado de equilibrio. (Arango, 2005)

Figura 4: Proceso de electrocoagulación.



Fuente: (Arango, 2005)

El método de coagulación electroquímica se diferencia de la coagulación química convencional por la generación in situ de coagulantes debido a la aplicación de una corriente eléctrica que provoca oxidación electrolítica de un material anódico apropiado.

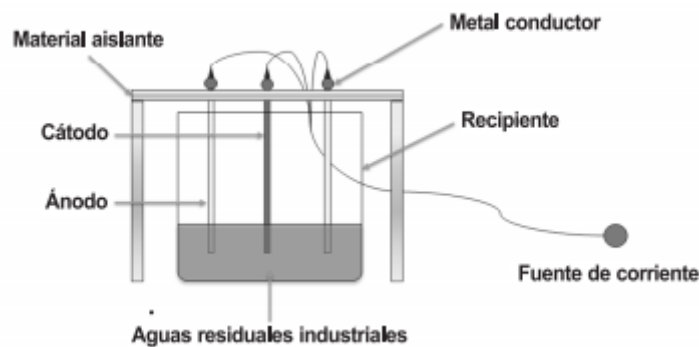
Según es expuesto por Mohllah et al, y realizando una breve explicación, en el proceso se lleva a cabo tres etapas: inicialmente se forma el coagulante por oxidación electrolítica del metal del ánodo, luego se da la desestabilización de los contaminantes y emulsiones y, finalmente, se produce la formación de flóculos por agregación de partículas del contaminante o adsorción de éstas en el coagulante. (Restrepo, Arango, & Garcés, 2006)

7.11.1. Componentes del sistema de electrocoagulación

- Celdas de electrocoagulación (reactor), cátodo y ánodo y el agua residual a tratar.

- Fuente de poder de corriente continua que es rectificador capaz de transformar la corriente alterna en continua con controles de voltaje V y amperaje que puedan ser regulables. (Jarrin & Cazco, 2010)

Figura 5: Componentes de un electrocoagulador.



Fuente: (Morales, 2010)

7.11.2. Electroodos

Son por lo general de metal en contacto de un electrolito, sistema físico donde se produce una semirreacción redox, la cual se caracteriza por transferencia de electrones.

7.11.3. Reacción química por el uso de placas de aluminio

Según (Chen, 2004) la electrocoagulación involucra la generación de coagulantes in situ por la disolución eléctrica de iones aluminio o hierro de sus respectivos electrodos. (Piña, y otros, 2011), refiere que en la electrocoagulación los iones Al^{3+} liberados forman cadenas de polihidróxidos y tienen una estructura hidratada, permitiendo retirar y retener y desecar con mayor facilidad los lodos residuales. La corriente aplicada obliga a los iones OH^- a migrar hacia el ánodo, por lo que el pH en la capa límite es más alto que en el resto de la solución, favoreciendo la formación de hidróxidos del metal del electrodo. El hidróxido formado remueve los contaminantes presentes en el agua residual por complejación o atracción electrostática. Los mecanismos de remoción por electrocoagulación incluyen oxidación, reducción, coagulación, absorción, adsorción, precipitación y flotación.

Cuando se emplean electrodos de aluminio, según (Chen, 2004) se llevan a cabo las siguientes reacciones químicas:



En condiciones ácidas: $2\text{Al}^{3+} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2^+$

La electrolisis del agua produce oxígeno e hidrógeno de la siguiente forma:

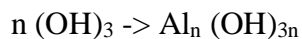
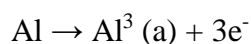
En el ánodo: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

En el cátodo: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

En la electrocoagulación según (Cañizares, García, Lobato, & Rodrigo, 2004) normalmente se emplean como material anódico planchas de aluminio o acero. Que, al aplicar una diferencia de potencial a la celda, se consigue la generación de iones en disolución. Como consecuencia, se obtienen:

1. Hidróxidos insolubles sobre los que quedan retenidos los contaminantes, que son fácilmente separados del agua, o
2. Hidroxocomplejos catiónicos o aniónicos, que desestabilizan las fuerzas de repulsión electrostáticas existentes en la materia coloidal, favoreciendo el posterior proceso físico de floculación.

La disolución electrolítica del ánodo de aluminio produce especies catiónicas monoméricas como el Al_3^+ y $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ a bajo pH en el cual se transforma inicialmente $\text{Al}(\text{OH})_3$ a valores de pH adecuados y finalmente se polimeriza a $\text{Al}_n(\text{OH})_{3n}$. Sin embargo, dependiendo del pH del medio acuoso, otras especies iónicas como por ejemplo $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$ y $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ - pueden también estar presentes en el sistema. (Mouli, Mohan, & Reddy, 2004)



7.12. Proceso del electrocoagulador

Durante la electrólisis ocurren una serie de procesos físicos y químicos que se pueden describir de la siguiente manera:

El lado positivo sufre reacciones anódicas, mientras que el negativo sufre reacciones catódicas.

Las placas de metal, tales como hierro o aluminio son utilizadas como electrodo de sacrificio o placa consumible que hace aportaciones al sistema, los iones liberados remueven cualquier contaminante, bien sea por reacción o agregando materiales coloidales que bien

pueden flotar o precipitarse. Además, como el agua contiene partículas coloidales, aceites u otros contaminantes, éstos se mueven a través del campo eléctrico aplicado y pueden ionizarse, sufrir reacciones de electrólisis o de hidrólisis o formar radicales libres que alteran las propiedades físicas y químicas del agua y de los contaminantes, resultando en un estado reactivo y excitado lo cual es causa de la liberación, destrucción o insolubilidad de los contaminantes. (Arango, 2005)

7.12.1. Variables del proceso:

- **Densidad de corriente**

La densidad de corriente se define como el cociente de la intensidad aplicada (amperios) entre el área del electrodo anódico utilizado (m^2)

- **Material electródico:**

Son las piezas claves para la conducción de energía, su correcta elección es un factor principal para determinar la viabilidad del proceso, ya que tiene que ser un buen conductor de energía.

- **Configuración de campo eléctrico:**

Es la distancia que se considera entre electrodos, el cual es un parámetro importante en la eficiencia del proceso.

- **Tiempo de exposición de corriente:**

Estos ciclos favorecen al desprendimiento de la película de óxido que se genera en el electrodo.

- **pH**

Parámetro fundamental del proceso dado que su relación con la disolución del hidróxido de metal se traduce en una importante influencia en la eficacia del proceso. Ya que puede incrementarse para las aguas residuales ácidas debido a la generación de hidrógeno molecular que se produce en el cátodo. Por el contrario, en aguas alcalinas el pH puede decrecer y, en función de la naturaleza del contaminante, influir sobre su eficacia.

- **Conductividad**

Cuando la conductividad no es elevada, es frecuente la adición de un electrolito soporte para aumentar su valor, consiguiendo así una disminución en el potencial de la celda y, por tanto, un ahorro energético considerable.

- **Temperatura**

Cuando la temperatura es demasiado alta, hay una reducción en los poros del gel de $Al(OH)_3$, lo que los flocúlos más compactos y más propensos a depositar en la superficie del electrodo. (Mendes, 2019)

7.13. Ventajas y desventajas de un electrocoagulador.

Tabla 4: *Ventajas y desventajas de la Electrocoagulación*

Ventajas	Desventajas
Los costos de operación son menores que los de procesos convencionales usando polímeros.	Reposición de los electrodos de sacrificio.
Requiere de equipos simples y fáciles de operar, con la suficiente libertad operacional para manejar los problemas encontrados en su funcionamiento.	
Puede generar aguas potables, incoloras e inodoras	
Elimina requerimientos de almacenamiento y uso de productos químicos.	
Genera lodos más compactos y en menor cantidad, que involucra menor problemática de disposición de estos lodos.	Los lodos contienen altas concentraciones de hierro y aluminio, dependiendo del material del electrodo utilizado.
Los flocúlos formados por la electrocoagulación son similares a los producidos químicamente, pero más grandes, contienen menos agua ligada, son antiácidos y más estables y pueden ser separados rápidamente por filtración.	
Ausencia de magnesio en los lodos por la no utilización de éste en el proceso.	
Alta efectividad en la remoción de un amplio rango de contaminantes.	El uso de electricidad puede ser costoso en muchos lugares.
Purifica el agua y permite su reciclaje.	

Reduce la contaminación en los cuerpos de agua.	
Produce efluentes con menor cantidad de SDT comparado con los tratamientos químicos, si esta agua se rehúsa, los bajos niveles de SDT contribuye a bajos costos de tratamiento de aguas.	
Remueve las partículas coloidales más pequeñas, ya que el campo eléctrico aplicado las pone en movimiento más rápidamente facilitando la coagulación.	Una película de óxido impermeable puede formarse en el cátodo que lleva a la pérdida de eficiencia del proceso.
Las burbujas de gas producidas pueden llevar el contaminante a la superficie de la solución, donde puede concentrarse fácilmente, ser recuperado y removido.	

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Fuente: (Arango, 2005)

7.14. Reactores para el proceso de electrocoagulación

Los reactores para la electrocoagulación pueden clasificarse en primera instancia como reactores tipo batch o reactores de sistema continuo, la significancia de una de estas variedades de reactor depende de las características del contaminante y de su aglomeración, así como de las cantidades de agua residual a tratar.

La segunda clasificación de los reactores se da en función de la flotación, una vez que el contaminante ha pasado por el proceso de coagulación, existen dos métodos para separarlo del medio acuoso, a saber: flotación y sedimentación; por lo tanto, el reactor puede diseñarse sólo como un reactor de coagulación o como un reactor de coagulación y flotación. El reactor que no usa electrocoagulación para generar burbujas y separa agregados (flóculos) de contaminantes por flotación se llama reactor de coagulación pura y usa las burbujas generadas para la flotación de contaminantes, agregado, recibe el nombre de reactor de coagulación y flotación.

7.14.1. Tipos de reactores:

Tipo Batch

Para el reactor tipo Bach, encontramos que debe ser operado con una cierta cantidad de aguas residuales para ser reciclado. Su desventaja es que sus condiciones cambiarán con el

tiempo, pero también tiene las ventajas de ser simple y de bajo costo para el tratamiento del agua local.

El reactor utilizado para la electrocoagulación en la operación de Bach, en su forma más simple, consta de una celda electroquímica con ánodo y cátodo dispuestos verticalmente y conectados a una fuente de energía externa.

El material del ánodo sufre corrosión galvánica debido a la oxidación, mientras que el cátodo permanece pasivo.

El diseño formado por un par de electrodos no es el más adecuado en este proceso, ya que para obtener una disolución suficiente del metal se requieren electrodos con una gran superficie, por lo que se utilizan baterías con electrodos unipolares en paralelo o en serie.

El sistema de electrocoagulación requiere una fuente de alimentación de corriente directa, un regulador de densidad de corriente y un multímetro para leer el valor de corriente. (Aguilar Ascon, 2015)

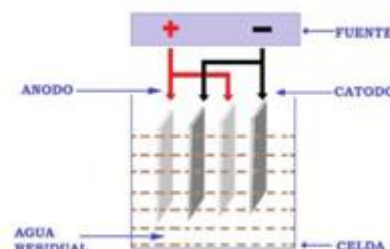
Monopolar

Los electrodos están conectados en paralelo y tienen el mismo potencial, lo que producirá un mayor consumo de energía.

En Paralelo

En una disposición unipolar en paralelo, la corriente se distribuye entre todos los electrodos de acuerdo con la resistencia de una sola batería generando un menor consumo de energía.

Figura 6: Reactor con electrodos monopolares conectados en paralelo

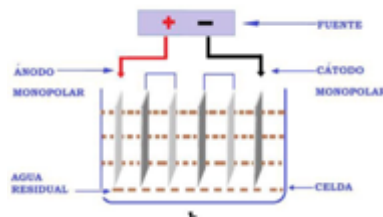


Fuente: (Aguilar Ascon, 2015)

En Serie

La disposición de electrodos monopolares en serie se observa que cada par de electrodos de sacrificio está conectado internamente uno con el otro, y no posee interconexiones con los electrodos externos. Esta disposición de electrodos monopolares con celdas en serie es eléctricamente parecida a una exclusiva célula con varios electrodos e interconexiones, en disposición en serie de electrodos, es necesario una diferencia de potencial máximo es preciso para una corriente dada pues las células conectadas en serie poseen una más grande resistencia.

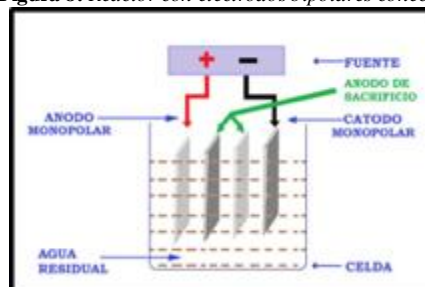
Figura 7: Reactor con electrodos monopolares conectados en serie



Fuente: (Aguilar Ascon, 2015)

La configuración bipolar labora a menor magnitud y más grande voltaje que la monopolar, las celdas bipolares poseen la virtud de la sencillez de su disposición, debido a que únicamente es elemental la conexión de 2 electrodos (electrodos alimentadores), y por consiguiente el espacio entre los electrodos podría ser más diminuto; no obstante, el alto potencial entre los electrodos alimentadores además origina que una sección de corriente fluya por medio de la separación ocasionando un bypass de corriente a los electrodos bipolares y produciendo por consiguiente pérdidas de corriente, lo cual debería ser tenido presente en el momento de prever el impacto sobre la producción y la época de vida de electrodos. (Aguilar Ascon, 2015)

Figura 8: Reactor con electrodos bipolares conectados en paralelo



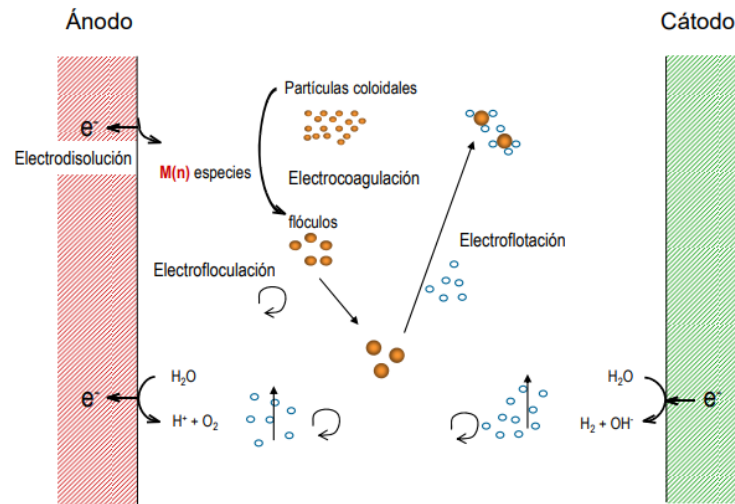
Fuente: (Aguilar Ascon, 2015)

Reactor electroquímico

Un reactor electroquímico para llevar a cabo un proceso de electrocoagulación se compone básicamente de un depósito, en el que se sumergen los dos electrodos (el ánodo o electrodo de trabajo, y el cátodo o electrodo inerte), y de una fuente de alimentación a la que se conectan los electrodos. Al establecerse una diferencia de potencial entre los electrodos de la celda, comienzan los procesos de reducción en el cátodo (generalmente, conversión de los protones del agua en hidrógeno), y los de oxidación en el ánodo (generándose el ión Al^{3+} si el ánodo es de aluminio, o el Fe^{3+} si el ánodo es de hierro). Estos iones de aluminio o hierro se hidratan rápidamente. A continuación, ocurren una serie de etapas interrelacionadas en las que se forman tanto hidróxidos insolubles del metal, sobre los que quedan retenidos los contaminantes, como hidroxocomplejos cargados, positiva o negativamente, que permiten la coagulación por neutralización de cargas.

Además de la generación de coagulantes, en la celda electroquímica ocurren otros procesos con una gran importancia en el proceso de coagulación. Así, en las proximidades del ánodo, la generación de oxígeno por oxidación del agua da lugar a la formación de iones H^+ , que dada su carga son atraídos hacia el cátodo. En el cátodo, la reducción del agua para formar hidrógeno da lugar a la formación de iones hidroxilo (OH^-) que, al contrario que los anteriores, son atraídos hacia el ánodo. Como consecuencia, se genera un perfil de pH entre cada ánodo y cátodo, que favorece que aparezcan diferentes especies químicas en el reactor a partir de las electrogeneradas en el ánodo, y que por tanto ocurran diferentes procesos simultáneamente en el interior de una celda electroquímica. De acuerdo con la bibliografía (Rajeshwar e Ibáñez, 1997; Mollah et al., 2001), este perfil de pH es responsable de las menores cantidades de Al (o Fe) necesarias para conseguir un mismo rendimiento en el proceso, cuando se genera este componente electroquímicamente. (Martinez, 2007)

Figura 9: Proceso de electrocoagulación en un reactor.



Fuente: (Martinez, 2007)

7.15. Diseño experimental multifactorial

Da referencia cuando existe varios factores de tratamientos en las que se utiliza ANOVA, la cual es una comparación de la distribución de una variable continua normal en dos o más poblaciones (niveles o categorías). Cuyo diseño consta de dos o más factores, cada uno con distintos valores o niveles, cuyas unidades experimentales cubren todas las posibles combinaciones de estos. (Reyes, 2009), (Zubcoff, S.f.) & (Alvarez, S. f)

7.16. Infostat

Es un software estadístico desarrollado por el *Grupo Infostat*, un grupo de trabajo conformado por profesionales de la Estadística Aplicada con sede en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. (InfoStat, 2008) Trabaja en la plataforma Windows, permitiendo obtener estadísticas descriptivas y gráficos para luego ser analizadas de manera exploratoria. Su desarrollo fue creado con fines de enseñanza-aprendizaje de estadística a nivel universitario, por lo que tiene la capacidad de conectarse con el software R que es un programa que trabaja con lenguaje de programación y código abierto. Esta conexión expande las posibilidades para fusionar las características de ambos programas sin tener que cambiar de una interfaz a otra y en cuanto al aprendizaje de la inferencia estadística es muy práctico para el cálculo de pruebas de hipótesis, pruebas no paramétricas y otros contenidos que demandan tiempo frente al cálculo manual. (Silva, 2019)

7.17. Micro empresa “Marlén Productos Lácteos”

Figura 10: Ubicación de la empresa



Fuente: Google earth.(2021)

Empresa

La industria que es objeto de estudio, para la aplicación del sistema de electrocoagulación en los efluentes contaminados se denomina “Marlén Productos Lácteos”, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Tisaleo, parroquia de Quinchicoto.

La información recopilada se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5: Descripción de la fábrica.

Actividad:	Elaboración del derivado de la leche
Propietario:	Olger Rafael Toaza Cherrez
Persona encargada	Marlen Sánchez
Teléfono	095 978 1562
Ubicación	Tisaleo - Tungurahua
Dirección	Caserío San Vicente - Quinchicoto
Correo electrónico	lacteosmarlen@yahoo.es

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Proceso productivo de la Industria “Marlen” Productos Lácteos

Tabla 6: *Procesos productivos*

Proceso	Equipo	Productos
Recepción	Tanques de acero inoxidable	Leche
Almacenamiento	Tanques de acero inoxidable	leche
Pasteurización con cloruro de calcio	Tanques circulares	Leche y suero
Coagulación	Tanques circulares	Quesillo y suero
Desuerado y prensado bajo suero	Prensa	Queso y suero
Moldeado	Cámara a 12-14°C y 85– 90% de humedad, durante 45 días.	Queso
Empacado y etiquetado	Empacadora	Queso

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

7.18. Consumo de agua de la Industria

Tabla 7: *Consumo de agua por mes*

Tipo	Unidad	Valor actual
Consumo de agua	m3/mes	130

Fuente: Planilla de agua (2021)

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

8. VALIDACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS

Pregunta científica

¿La utilización del método de electrocoagulación disminuye el porcentaje de contaminantes en aguas residuales de la industria láctea?

Si, mediante el análisis de datos se pudo determinar el porcentaje de contaminantes presentes en las aguas residuales de la empresa “Marlen” Productos Lácteos fue de: pH 4,36; temperatura 13,18°C; conductividad eléctrica 6224 μ S; DQO 87500 mg/L; DBO5 29200 mg/L; aceites y grasas 690 mg/L y SDT 58310 mg/L.

Para esto aplicado el diseño experimental multifactorial aplicando varios tratamientos se obtuvo la media de todos los datos obtenidos en los experimentos realizados de 12v y de 20v y con distancia de 8 cm y 5,7 cm, obteniendo los valores de: pH pasando de un estado ácido a un estado alcalino de 4,36 a 6,3 obteniendo un valor de mejora de 44,49 % en el pH; temperatura

13,18°C a 16,9°C incrementando en un 28,22% significativo; DQO 87500 mg/L a 13336 mg/L disminuyendo un 84,75%; DBO5 29200 mg/L a 5725,83 mg/L disminuyendo un 80,39%; aceites y grasas 690 mg/L a 99,9 mg/L disminuyendo 85,50% y SDT 58310 mg/L a 9982,5 mg/L disminuyendo en 82,87% , notando una importante mejora de los tratamientos de las aguas.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

9.1.1. Investigación Cualitativa

Mediante la investigación cualitativa se puede tener una visión general del tema en estudio, la cual genera ideas mediante datos propuestos en otras investigaciones y así analizar el comportamiento del sistema y considerar los factores que pueden afectar a este.

9.1.2. Investigación Cuantitativa

Para cumplir con esta investigación se determinó la realización de un diseño experimental multifactorial para obtención de datos estadísticos usando el programa infostat, se consideró los resultados de los análisis de los parámetros: DBO, DQO, Sólidos totales & Aceites y grasas, para la determinación de las conclusiones generales de los diferentes tratamientos y repeticiones realizados.

9.1.3. Investigación Documental

Este método fue muy importante para el desarrollo de la investigación, ya que basamos nuestro trabajo en autores que ya han realizado publicaciones y estudios relacionados a nuestro tema.

9.1.4. Investigación Descriptiva

Esta investigación nos permitió describir y detallar la situación actual sobre la evaluación de una unidad de electrocoagulación para la remoción de contaminantes en la empresa de la industria láctea Marlén.

9.1.5. Investigación Experimental

En el laboratorio se usó vasos de precipitación y se visualizó los cambios en diferentes condiciones, variando tiempo y voltaje con una distancia de electrodos de 6cm siendo estos al inicio de aluminio y hierro, mientras los siguientes ambos de aluminio. Así se pudo determinar las variables, tomando un solo tiempo (24 minutos) y un solo tipo de electrodos (Aluminio)

para los tratamientos realizados en el reactor construido con las medidas adecuadas al caudal de la empresa Productos Lácteos Marlén, se estableció la altura de la colocación de una llave como salida del agua tratada de 15 cm, por lo que para el diseño experimental multifactorial únicamente se consideró como variables: distancia entre placas, voltaje y la altura de salida del efluente.

9.1.6. Investigación Exploratoria

Este tipo de investigación permitió conocer de primera mano la situación real de la planta de “Productos Lácteos Marlén”, ya que esta no cuenta con un tratamiento previo a su descarga, por lo que esto llevó a la aplicación de un diseño experimental en la cual se recolecto los datos de 12 tratamientos y un testigo que corresponde a la muestra de descarga del efluente del proceso productivo.

9.2.TÉCNICAS

9.2.1. La Observación

Mediante la observación directa, permitió identificar como se lleva a cabo la elaboración de los productos lácteos dentro de esta empresa, la cantidad de producción, el manejo del personal operativo y el estado en la que la empresa arrojaba las aguas residuales al alcantarillado público.

9.2.2. Técnica Documental

Mediante la revisión bibliográfica en documentos de investigaciones anterior y actualmente realizadas, se identificó: los factores que afectan dentro del proceso de electrocoagulación, los diferentes modelos que usan dentro de las diferentes investigaciones y la importancia de tener una planta de tratamiento en una empresa que genera grandes cantidades de aguas residuales con alto grado de contaminación.

9.3.MÉTODOS

9.3.1. Descriptivo

El presente método se utilizó para la obtención de las bases de conocimientos necesarios y de esta forma poder identificar el estado actual del problema registrado en la empresa de productos lácteos, el área de estudio y la contaminación que se genera al ambiente, específicamente al recurso hídrico, se tomó en cuenta las características de este componente y visualizar la reacción de la persona encargada.

9.3.2. Estadístico Descriptivo

Mediante la obtención de datos de los 12 tratamientos realizados, se organizó, sintetizó y determinó que evaluación es la más óptima para la remoción de los contaminantes tomados en estudio, permitiendo posteriormente analizar e interpretar los resultados obtenidos.

9.3.3. Inductivo

Este método permitió efectuar conocimientos generales de la cantidad de remoción de los contaminantes generados por la empresa láctea y de esta forma poder minimizar la contaminación ambiental cumpliendo con lo que dicta la Normativa Ambiental Vigente.

9.4.INSTRUMENTOS

9.4.1. Cámara

Este dispositivo permitió obtener un registro fotográfico, de la situación de la empresa de lácteos “Marlen” productos lácteos.

9.4.2. Computadora

Ordenador con el cual se realizó todo el proceso descriptivo del proyecto.

9.4.3. InfoStat

Permitió realizar el diseño experimental, el mismo que nos da los resultados de los 12 tratamientos teniendo en cuenta también la testigo, para realizar la comparación y análisis de la evaluación del porcentaje de remoción de las aguas residuales de la empresa láctea.

9.4.4. ArcGIS

Permitió crear el mapa, el mismo que aporta con la georreferenciación de la zona donde se realizó el estudio.

9.5.Diseño y construcción del sistema de electrocoagulación.

9.5.1. Parámetro de entrada para el diseño del electrocoagulador

El caudal es un dato importante para la obtención de las medidas del reactor, es por eso que al realizar una visita insitu, se evidenció la complejidad de la toma de la misma ya que tampoco este tenía un flujo constante si no un flujo hidrostático. Ya que las aguas residuales de la empresa “Productos Lácteos Marlén” eran evacuadas a diferentes horarios de las mesas escurridoras de los quesos y de las tinas inox directamente al piso, donde se juntaban estos desechos en un canal metálico (acero inoxidable) que se encontraba a la mitad de la fábrica teniendo una longitud aproximada a 6 m con un ancho de 10 cm, en su parte inferior se

encuentra la salida de estos residuos reteniendo los desperdicios grandes y el resto se dirige a una descarga directa al alcantarillado público, por ende, no se tuvo un acceso para realizar una medición directa del caudal, por lo que se procedió a recolectar las aguas en grandes tanques plásticos dándonos un total de 845L de agua residual colectada de la producción de quesos, en un tiempo de 320 minutos.

Muestreo

El caudal de la empresa Productos Lácteos “Marlen” es irregular, teniendo un flujo discontinuo, por ello se consideró un solo proceso productivo (elaboración de quesos) para la ejecución del proyecto, tomando así una muestra compuesta para su caracterización, siendo esta la inicial o testigo.

Para la generación de la muestra compuesta (caracterización de la muestra) se realizó la toma de varias muestras simples en un lapso de 60 minutos aproximadamente de cada una, empezando desde las 10:00 am a 15:00 pm, con un volumen de 1L c/u, para la unión de estas primero se enjuagó 3 veces consecutivas el recipiente con el agua residual de la empresa donde posteriormente se realizó la mezcla de las muestras anteriormente tomadas y colocándose en su parte exterior nombre del lugar, fecha, hora, investigador y tipo de agua residual. Finalmente, para su transporte y conservación, se hizo uso de un cooler con hielo en gel para preservar el estado de la muestra y así evitar que las diferentes condiciones ambientales alteren los parámetros a evaluar.

En base a este criterio, se tuvo en cuenta las técnicas de conservación de norma NTE INEN 2169 para los parámetros en estudio. (tabla 8)

Tabla 8: *Técnicas generales para la conservación de las muestras*

Parámetro	Tipo de recipiente	Técnica de conservación	Tiempo máximo de conservación recomendado para el análisis
DBO5	Plástico o Vidrio	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la oscuridad	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la oscuridad
DQO	Plástico o Vidrio	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la oscuridad	5 días
Sólidos totales	Plástico o Vidrio	Refrigerar entre 2°C y 5°C	24 horas

Aceites y Grasas	Plástico o Vidrio	Refrigerar entre 2°C y 5°C	1 mes
------------------	-------------------	----------------------------	-------

Fuente: (NTE INEN 2169, 2013)

9.5.2. Diseño mecánico del electrocoagulador

Determinación de caudal

Caudal es el volumen de agua que pasa por una sección en un tiempo determinado, por lo que para la determinación del caudal de producción de la planta se usa la siguiente fórmula expresada.

Tabla 9: Volumen de agua obtenida para el proceso de electrocoagulación.

Tipo de Alícuota	Volumen (L)	%
Agua de lavado	280	33,13
Agua de producción	200	23,66
Suero de queso	320	37,86
Lavado de implementos	45	5,35
Total	845	100

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Para poder calcular el caudal (Q) del agua residual de la empresa “Marlén Productos Lácteos”, se realizó mediante el volumen total de la producción y el tiempo de producción de la planta. Utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q: caudal, es el volumen que pasa por una sección fija, expresado en m³/seg

V: volumen m³

t: tiempo determinado en minutos

9.5.3. Características de los materiales para la construcción del Electrocoagulador

Los materiales se describen a continuación:

Tabla 10. Características de los materiales utilizados para la construcción

Unidades	Material	Característica
4	vidrio	6mm
4	placas de aluminio	2mm
1	silicona para vidrio	
1	llave	plástico
6	conectores cocodrilo	
1	fuelle de poder	
1	multímetro	

Elaborado por: Fonseca L & Panimbosa M, 2021

9.5.4. Unidad de electrocoagulación

Para el tratamiento del efluente de la empresa “Productos Lácteos Marlen”, se realizó un reactor tipo batch para un volumen de 63.4L obtenido a través del caudal $0,044m^3$, teniendo en cuenta el tiempo de retención hídrica de 24 minutos de una trampa de grasas considerado por Lozano Rivas (Anexo 1), siendo construido en vidrio de espesor de 6mm, las dimensiones fueron consideradas mediante el volumen a estudiar en cada tratamiento, expresadas a continuación:

$$\text{Medidas del tanque} = 0,38 \text{ m} \times 0,38\text{m} \times 0,31\text{m} = 0,044 \text{ m}^3$$

$$\text{Borde libre} = 0,30 \text{ m}$$

La llave de salida del agua tratada se consideró a una altura de 15cm, a través de una experimentación en vasos de precipitación en donde esta no podía estar muy arriba por la formación de espumas ni muy abajo por los flocs. Para que el proceso tenga una mejor circulación en el reactor se colocó las placas de aluminio a una altura de 5cm en una base de acrílico y para asegurar que mantengan su distancia se instaló pequeños rieles de silicón en la parte superior e inferior de los electrodos.

Electrodos

El material utilizado como electrodo fue el aluminio, las dimensiones de estos son de 40cm ancho y 40 de largo con 2 mm de espesor el espaciamiento entre placas fue de 4 placas con una distancia de 8cm y con 6 placas de aluminio con una distancia de 5,7cm, estas dos distancias se realizan para diferentes tratamientos con el propósito de ser evaluadas a través del diseño experimental, estas fueron conectadas de manera monopolar seriadas conectado a una fuente de corriente continua con las pinzas de cocodrilo.

Fuente de corriente

La fuente de corriente continua utilizada durante toda la investigación fue adquirida por el grupo de investigación. Teniendo como características principales: una capacidad de regular de 0-30 V y 10 A, para el uso de esta fuente se utilizó el voltaje de 20v y 12v. Se muestra todas las partes de sistema de electrocoagulación en la siguiente figura:

Figura 11: Fuente de corriente.



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

9.6. Metodología para la evaluación del porcentaje de remoción de contaminantes.

Materiales y equipos:

- ✓ Reactor de vidrio.
- ✓ Fuente de poder.
- ✓ Placas de aluminio.
- ✓ Pinzas de cocodrilo.
- ✓ Vaso de precipitación de 50 ml.
- ✓ Electrodo de pH y conductividad.
- ✓ Aguas residuales
- ✓ Botellas
- ✓ Multímetro

Para ello se tendrá en cuenta las siguientes variables y se procederá a tomar una primera muestra para realizar la caracterización de estas aguas residuales, siendo esta la testigo que muestre las condiciones iniciales y así comparar el porcentaje de remoción realizado en el diseño experimental multifactorial.

9.6.1. Diseño Experimental multifactorial.

Para realizar el estudio factorial se usó el programa estadístico InsoStat, ya que este software se emplea para métodos estadísticos por lo que fue utilizado para la obtención del porcentaje de remoción de contaminantes y la determinación del tratamiento más eficiente. Las variables que fueron introducidas al programa fueron: DBO, DQO, pH, aceites y grasas & sólidos totales, colocando también los 2 factores siendo estos, distancia entre placas y voltaje. Dándonos un resultado de diseño factorial AxB; 2x2, incluido testigo.

Tabla 11: Variables dependientes e independientes.

INDEPENDIENTES	- Voltaje - Distancia entre placas
DEPENDIENTES	- pH - Conductividad - Sólidos Totales - DBO5 - DQO - Temperatura - Grasas y aceites

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Factores en estudio:

Tabla 12: Factores en estudio para el diseño experimental multifactorial.

Factor A	Voltaje	V1: 12V
		V2: 20V
Factor B	Distancia	D1: 8 cm
		D2: 5,7 cm

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Tabla 13: Diseño Experimental para Tukey

FV	GL
A	1
B	1
AXB	1
ERROR	12
TOTAL	15

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Dando como resultado para el diseño experimental multifactorial. Ax B; 2x2, incluido testigo que es en la que no se realizó absolutamente nada.

Tabla 14: *Diseño experimental multifactorial.*

TESTIGO		
Voltaje 0 – Distancia 0		
REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 3
Voltaje 1 - Distancia 1	Voltaje 1 - Distancia 1	Voltaje 1 - Distancia 1
Voltaje 1 - Distancia 2	Voltaje 1 - Distancia 2	Voltaje 1 - Distancia 2
Voltaje 2 - Distancia 1	Voltaje 2 - Distancia 1	Voltaje 2 - Distancia 1
Voltaje 2 - Distancia 2	Voltaje 2 - Distancia 2	Voltaje 2 - Distancia 2

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Se consideran los siguientes datos para la realización de los tratamientos en el reactor construido.

Tabla 15: *Diseño experimental multifactorial, para el tratamiento de aguas residuales lácteas.*

Tratamiento	Codificación	Descripción
0	V0D0	Muestra testigo.
1	V1D1	3 repeticiones a 12 voltios más 8cm de distancia.
2	V1D2	3 repeticiones a 12 voltios más 5,7 cm de distancia.
3	V2D1	3 repeticiones a 20 voltios más 8 cm de distancia.
4	V2D2	3 repeticiones a 20 voltios más 5,7 cm de distancia.

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Procedimiento de la toma de muestras del electrocoagulador

La recolección de la muestra fue simple ya que fue tomada en un punto específico, en este caso el agua tratada tomada por la llave colocada en el electrocoagulador. Esta se realizó en un lapso de 12 horas aproximadamente, considerando el tiempo de tratamiento y de sedimentación de 24 minutos. Cada muestra fue tomada después de que pasara el tiempo del proceso de electrocoagulación y sedimentación, dándonos un tiempo aproximado de 48 minutos por cada tratamiento, posteriormente colocadas diferentes botellas esterilizadas y posteriormente colocadas en un cooler para el transporte y conservación de la muestra, teniendo en cuenta el mismo procedimiento realizado con la caracterización de la muestra inicial. Considerándose los parámetros a evaluar; DQO, DBO5, sólidos totales & aceites y grasas. Finalmente, realizado el muestro, estas fueron transportadas al Laboratorio de Servicios

Analíticos Químicos y Microbiológicos en Agua Y Alimentos “saqmic”, ubicado en la ciudad de Riobamba.

Características del programa usado para su evaluación (InfoStat)

Es un software estadístico, trabaja en la plataforma Windows, permitiendo obtener estadísticas descriptivas y gráficos para luego ser analizadas de manera exploratoria.

9.6.2. Determinación de porcentaje de remoción

Para determinar los porcentajes de remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales de la empresa Productos Lácteos “Marlen”, se tiene en cuenta los resultados los análisis de todos los tratamientos realizados en el reactor, para ello se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{C_i - C_t}{C_i} \times 100\%$$

Donde:

PR: es el porcentaje de remoción del contaminante

C_i: Concentración inicial del contaminante

C_t: Concentración del contaminante después del proceso de coagulación

9.7. Análisis de los costos de los tratamientos para remoción de contaminantes

Para el cumplimiento de esta actividad, se calculó el consumo de energía utilizada por la celda de electrocoagulación, utilizando la relación formulada por Ramesh. (Aguilar Ascon, 2015)

$$E = \frac{V \cdot I \cdot t}{Q \cdot 1000}$$

Donde:

E: Energía consumida por volumen de efluente tratado en Kwh/m³

V: Voltaje aplicado, en V.

I: Corriente aplicada en Amperios

T: Tiempo de tratamiento, en h

Q: Volumen del efluente tratado, en m³

1000: Coeficiente para conversión de W a KW.

Determinación del costo por consumo de energía

Mediante la siguiente fórmula se calculó el costo consumido por la celda de electrocoagulación

$$Cce = E * \$ h$$

Donde:

Cce: Costo por consumo de energía.

E: Energía consumida por volumen de efluente tratado en Kwh/m³

\$h: valor en dólares del kilovatio por hora, sector industrial

Valor del kilovatio por sector en el Ecuador

Tabla 16: Valor del kilovatio por sectores

Sector	Costo por kilovatio hora para consumos de hasta 300 kWh
Residencial	\$ 0,01031
Comercial	\$ 0,01044
Industrial	\$ 0,0799

Elaborado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Fuente : (El Universo, 2021)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Diseño y construcción del reactor.

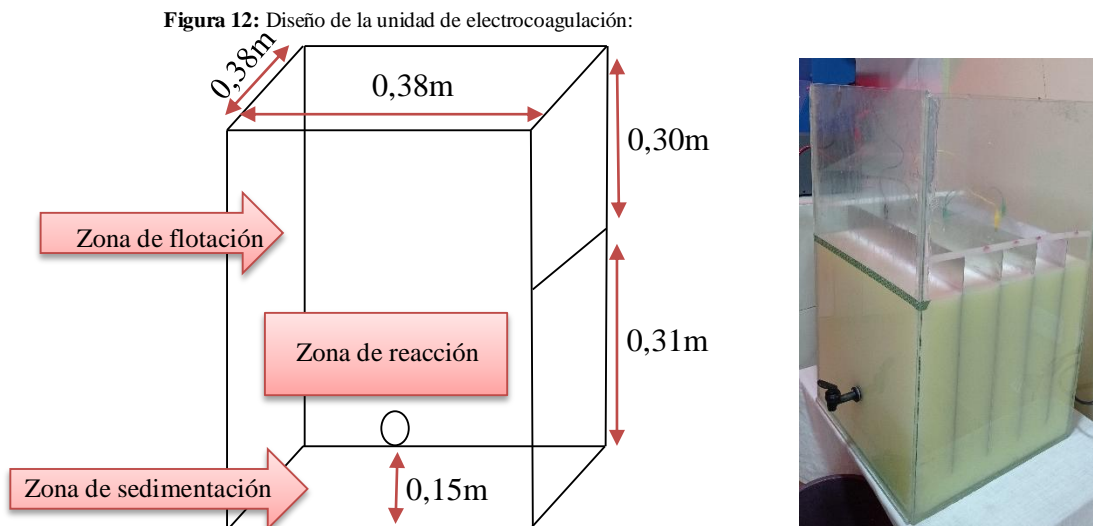
Para la evaluación del método de electrocoagulación se diseñó la celda de electrocoagulación, celda tipo Batch tomando como dato inicial el caudal; y las medidas adoptadas siendo 0,38 x 0,38m de ancho y 0,38 x 0,61m de alto, siendo estas las dimensiones para el diseño del electrocoagulador para un nivel de prueba con una capacidad de 63,4L de volumen. Los materiales usados para la construcción son los siguientes.

- Un vidrio de 0,38 m x 0,38m y cuatro de 0,38 x 0,61m
- Una fuente de poder 30 Voltios y 10Amperios
- Electrodo de Aluminio
- Cocodrilos

Celda electroquímica

La celda tiene forma rectangular, con las siguientes medidas (figura 12). La celda está compuesta de tres zonas:

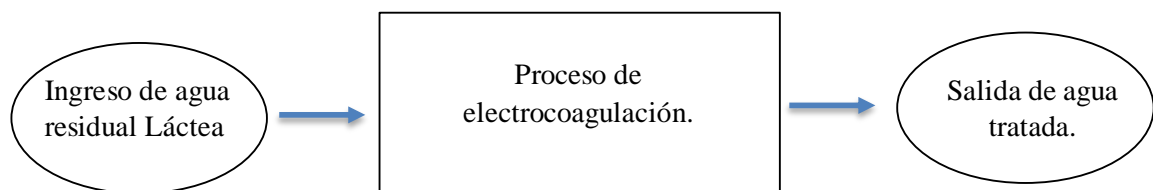
- *El sector de la reacción*, donde sumirse los electrodos que elaboró el tratamiento de electrolisis de oxidación y reducción.
- *Sector de flotación*, se aglomera los productos en forma de microburbujas que fueron arrastrados por los gases generados (H_2 y O_2) durante la reacción electroquímica.
- *Zona de sedimentación*, acumulación de sustancias sedimentables, se precipitan.



Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

El prototipo fue construido en vidrio de 6 mm y consta de un conjunto de 6 placas metálicas, acomodadas en forma vertical de aluminio. En la cual unas son polaridad negativa (cátodo), y otras una polaridad positiva (ánodo), que cumplen la función de electrodos en paralelo dentro de la celda electrolítica, cuyas dimensiones de este son de 0,38 x 0,38 m de alto, con una capacidad para 63,4L de aguas residuales lácteas.

Figura 13: Diagrama de flujo de electrocoagulación



Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

En el diagrama de flujo se presenta gráficamente el proceso de electrocoagulación, iniciando con la colocación de las aguas residuales lácteas tomadas en la empresa “Productos Lácteos Marlén”, continuando con el proceso de electrolisis en el reactor tipo Batch y finalmente la obtención de las aguas tratadas.

10.2. Evaluación del porcentaje de remoción de DBO, DQO, Sólidos Totales & aceites y grasas.

Para ello se tomó dos factores de estudio: voltaje y distancia, dándonos los siguientes resultados.

Tabla 17: Resultados de muestra testigo, 25/06/2021

	pH	T°	CE	DQO	DBO	Sólidos Totales	Aceites y Grasas
MUESTRA TESTIGO	4,36	13,18 °C	6224 μ s	87500 mg/L	29200 mg/L	58310 mg/L	690 ml/L

Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

En la muestra testigo no se realizó ningún tipo de tratamiento, esta se la tomó de forma compuesta y se la llevó al laboratorio “saqmic” ubicado en la ciudad de Riobamba, presentándose en la tabla los resultados, dándonos a conocer los valores de las condiciones (Temperatura, Ph y conductividad) para el proceso de electrocoagulación y finalmente mostrando los valores iniciales para poder comparar con los resultados de los tratamientos, obteniendo así el porcentaje de remoción principalmente de DQO, DBO, Sólidos Totales & Aceites y grasas.

Tabla 18: Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (V1D1). 26/07/2021

Tratamiento V1D1						
Condiciones Técnicas	Intensidad de corriente:12 V				Electrodo: Aluminio	
	Número de electrodos: 4		Distancia entre electrodos: 8 cm			
Tiempo	Tiempo de tratamiento: 24 min			Tiempo de Sedimentación: 24 min		
		REPETICIONES			Media	% de remoción
Parámetros	Unidad	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3		
pH		5,62	5,41	5,5	5,51	
Temperatura	°C	14,4	14,8	14,8	14,7	
DQO	mg/L	21960	14920	17530	18137	79,27
DBO	mg/L	7160	6710	6920	6930	76,26
Aceites y Grasas	mg/L	130	90	110	110	84,05
Sólidos Totales	mg/L	17910	12100	1580	10530	81,94

Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

En la tabla 17, se muestra los valores de las tres repeticiones, a las mismas condiciones de distancia (8cm) e intensidad de corriente (12V), dándonos como resultado valores de una media y el porcentaje de remoción, obteniendo un; DQO 79,27%, DBO 76,26%, Aceites & grasas 84,05% y finalmente de Sólidos Totales un valor de 81,94%.

Tabla 19: Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (VID2). 26/07/2021

Tratamiento VID2						
Condiciones Técnicas	Intensidad de corriente: 12 V				Electrodo: Aluminio	
	Número de electrodos: 6		Distancia entre electrodos: 5,7 cm			
Tiempo	Tiempo de tratamiento 24 min			Tiempo de Sedimentación 24 min		
		REPETICIONES			Media	% de remoción
Parámetros	Unidad	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3		
Ph		6,99	6,72	6,85	6,9	
Temperatura	°C	16,2	15,4	15,4	15,7	
DQO	mg/L	16000	16000	16000	16000	81,71
DBO	mg/L	6940	6730	6870	6847	75,55
Aceites y Grasas	mg/L	140	190	170	167	75,79
Sólidos Totales	mg/L	11500	11870	11700	11690	79,95

Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

En la tabla 18, se muestra los valores de las tres repeticiones, a las mismas condiciones de distancia (5,7 cm) e intensidad de corriente (12V), dándonos como resultado valores de una media y el porcentaje de remoción, obteniendo un; DQO 81,71 %, DBO 75,55%, Aceites & grasas 75,70% y finalmente de Sólidos Totales un valor de 79,95%.

Tabla 20: Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (V2D1). 26/07/2021

Tratamiento V2D1						
Condiciones Técnicas	Intensidad de corriente: 20 Voltios				Electrodo: Aluminio	
	Número de electrodos: 4		Distancia entre electrodos: 8 cm			
Tiempo	Tiempo de tratamiento 24 min			Tiempo de Sedimentación 24 min		
		REPETICIONES			Media	% de remoción
Parámetros	Unidad	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3		
Ph		6,45	7,36	6,04	6,6	
Temperatura		20,21	19,5	19,5	19,7	
DQO	mg/L	12720	9840	11200	11253	87,13
DBO	mg/L	5300	4510	4970	4927	83,12
Aceites y Grasas	mg/L	62	59	61	61	91,15
Sólidos Totales	mg/L	10680	8940	9870	9830	83,14

Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

En la tabla 19, se visualiza los resultados de los análisis de las tres repeticiones, a las mismas condiciones de distancia (8 cm) e intensidad de corriente (20V), dándonos como resultado valores de una media y el porcentaje de remoción considerando el 100% los resultados

de la muestra testigo, obteniendo un; DQO 87,13 %, DBO 83,12 %, Aceites & grasas 91,15 % y finalmente de Sólidos Totales un valor de 83,14 %.

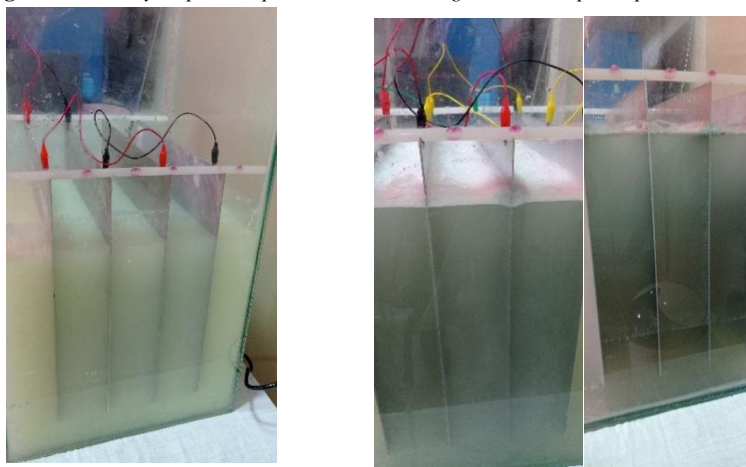
Tabla 21: Resultados del primer tratamiento con sus respectivas repeticiones (V2D2). 27/06/2021: 00:00

Tratamiento V2D2						
Condiciones Técnicas	Intensidad de corriente: 20 Voltios				Electrodo: Aluminio	
	Número de electrodos: 6		Distancia entre electrodos: 5,7 cm			
Tiempo	Tiempo de tratamiento 24 min			Tiempo de Sedimentación 24 min		
REPETICIONES						
Parámetros	Unidad	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Media	% de remoción
Ph		5,85	6,27	6,05	6,1	
Temperatura	°C	15,6	18,4	18,4	17,5	
DQO	mg/L	5360	9700	8800	7953	90,91
DBO	mg/L	2310	6080	4210	4200	85,62
Aceites y Grasas	mg/L	56	68	63	62	91,01
Sólidos Totales	mg/L	5910	9910	7820	7880	86,49

Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

En la tabla 20, se observa los resultados de los análisis de las tres repeticiones, a las mismas condiciones de distancia (5,7 cm) e intensidad de corriente (20V), dándonos como resultado valores de una media y el porcentaje de remoción considerando el 100% los resultados de la muestra testigo, obteniendo un; DQO 90,91 %, DBO 85,62 %, Aceites & grasas 91,01 % y finalmente de Sólidos Totales un valor de 86,49 %.

Figura 14: Antes y después del proceso de electrocoagulación en el prototipo construido.



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Valores iniciales obtenidos en el proceso de extracción de muestra, teniendo en cuenta el diseño experimental multifactorial se obtuvo las siguientes gráficas a través del programa InfoStat.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Tabla 22: Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) DQO

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13395043490	6	2232507248	495,12	<0,0001
VOLTAJE	13367955357	2	6683977678	1482,35	<0,0001**
DISTANCIA	22168008,33	1	22168008,33	4,92	0,0574*
VOLTAJE*DISTANCIA	1015008,33	1	1015008,33	0,23	0,6479 NS
REP	3905116,67	2	1952558,33	0,43	0,6629 NS
Error	36072283,33	8	4509035,42		
Total	13431115773	14			

Tabla 23: Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5989,80680

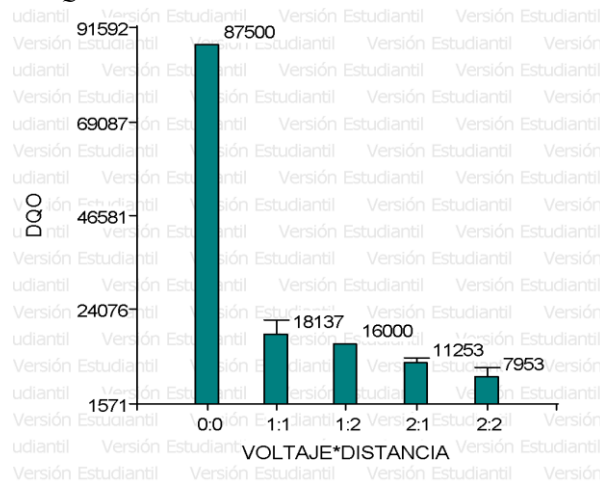
Error: 4509035,4167 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.				
2	2	7953,33	3	2002,01	A			
2	1	11253,33	3	2002,01	A	B		
1	2	16000	3	2002,01		B	C	
1	1	18136,67	3	2002,01			C	
0	0	87500	3	2002,01				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla de 21, la variable voltaje presenta un valor de F calculado 1482,32 el cual es mayor que el valor de p-valor 0,0001, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula es decir existe una correlación entre el voltaje y la concentración de DQO en la muestra del efluente tratado; mientras que la distancia es significativa siendo el valor de F 4,92 es mayor a P- valor 0,0574 y en voltaje*distancia se está relacionando simultáneamente dos variables, evaluando así el efecto de estas combinadas, siendo F 0,23 menor que p valor 0,6479, por lo tanto, no es significativo, ya que no se puede llegar a una conclusión trabajando simultáneamente con las variables voltaje y distancia.

Figura 15: DQO



Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Fuente: Infostat

Al analizar todos los datos para el parámetro DQO, podemos decir que la evaluación 2V:2D es la más óptima, ya que al contar con un voltaje de 20v y una distancia entre placas de 5,7cm afirmamos que a mayor voltaje y menor distancia entre placas el proceso es más eficiente, es por ello que la evaluación 2V:2D tiene un valor óptimo para la remoción de DQO, con un porcentaje del 90,91%. (Figura 15)

- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅)

Tabla 24: Cuadro de Análisis de la Varianza DBO

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1340181427	6	223363571,1	260,06	<0,0001
VOLTAJE	1338704477	2	669352238,3	779,31	<0,0001**
DISTANCIA	492075	1	492075	0,57	0,4708*
VOLTAJE*DISTANCIA	310408,33	1	310408,33	0,36	0,5644 NS
REP	674466,67	2	337233,33	0,39	0,6876 NS
Error	6871266,67	8	858908,33		
Total	1347052693	14			

Tabla 25: Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5989,80680

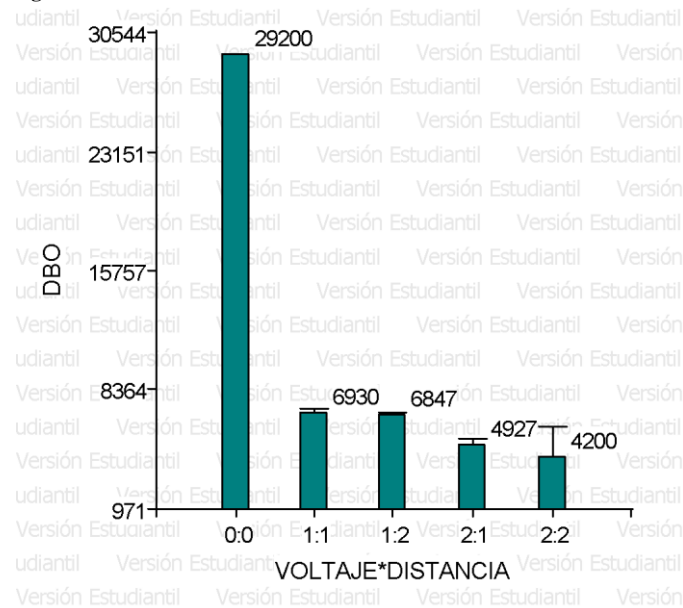
Error: 4509035,4167 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.			
2	2	4200	3	873,77	A		
2	1	4926,67	3	873,77	A	B	
1	2	6846,67	3	873,77		B	
1	1	6930	3	873,77		B	
0	0	29200	3	873,77			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 23, se observa que la variable voltaje con una valor F de 779,31 es mayor al p-valor con 0,0001 aceptando la hipótesis nula que nos permite confirmar que existe una correlación entre el voltaje y la concentración de DBO en la muestra del efluente tratado, mientras que para la variable distancia el valor de F calculado de 0,57 es mayor que el p-valor 0,4708 por tanto es significativo entre la concentración de DBO y la variable distancia y finalmente para la variable voltaje*distancia al estar relacionadas simultáneamente dos variables, evaluamos el efecto de estas combinadas, siendo F 0,36 menor que p-valor calculado 0,5644, por lo tanto, no es significativo.

Figura 16: DBO



Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Fuente: Infostat

Se puede observar que en la evaluación 2V:2D la concentración de DBO presentó una disminución considerablemente en comparación a la muestra 0V:0D (Testigo), teniendo un voltaje de 20v y una distancia entre placas de 5,7cm, logrando un porcentaje de remoción del 85,62%. (Figura 16)

- Aceites y Grasas.

Tabla 26: Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	858259,1	6	143043,18	547,05	<0,0001
VOLTAJE	853386,1	2	426693,05	1631,84	<0,0001**
DISTANCIA	2552,08	1	2552,08	9,76	0,0141**

VOLTAJE*DISTANCIA	2268,75	1	2268,75	8,68	0,0185**
REP	52,17	2	26,08	0,1	0,9062 NS
Error	2091,83	8	261,48		
Total	860350,93	14			

Tabla 27: Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=30,80385

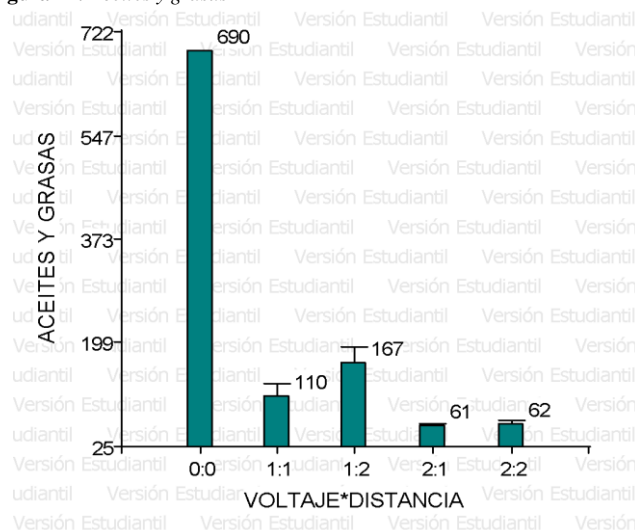
Error: 261,4792 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.				
2	1	60,67	3	15,25	A			
2	2	62,33	3	15,25	A			
1	1	110	3	15,25		B		
1	2	166,67	3	15,25			C	
0	0	690	3	15,25				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 25, se observa que la variable voltaje con una valor F de 1631,84 es mayor al p-valor con 0,0001 aceptando la hipótesis nula permitiendo confirmar que existe una correlación entre el voltaje y la concentración de aceites y grasas en el agua residual tratada, mientras que para la variable distancia el valor de F calculado de 9,76 es mayor que el p-valor 0,0141, por tanto existe significancia entre la concentración de aceites & grasas y la variable distancia, finalmente para la variable voltaje*distancia al relacionarse simultáneamente dos variables, evaluamos el efecto de estas combinadas, siendo F 8,68 mayor que p-valor 0,0185, por lo tanto, es significativo.

Figura 17: Aceites y grasas



Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Se observa que el mejor tratamiento es 2V:1D con un voltaje de 8v y una distancia de 8cm, por lo que al relacionarse con la muestra testigo logra alcanzar un porcentaje de remoción del 91,21%. (Figura 17)

- **Sólidos totales**

Tabla 28: Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5659660290	6	943276715	65,48	<0,0001
VOLTAJE	5620568490	2	2810284245	195,07	<0,0001**
DISTANCIA	468075	1	468075	0,03	0,8614 NS
VOLTAJE*DISTANCIA	7254075	1	7254075	0,5	0,4981 *
REP	31369650	2	15684825	1,09	0,3818 **
Error	115252350	8	14406543,75		
Total	5774912640	14			

Tabla 29: Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=30,80385

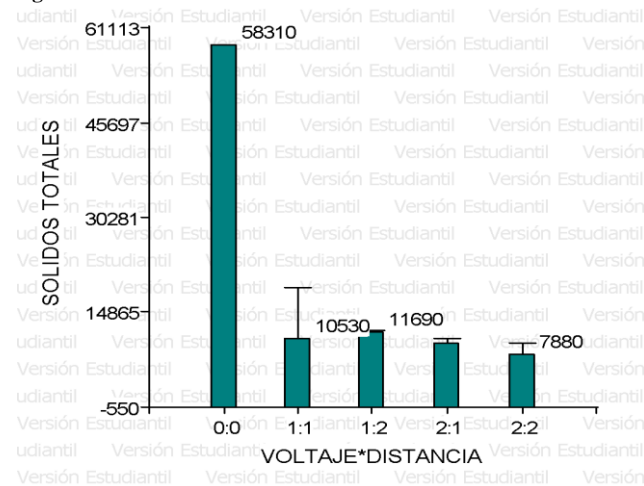
Error: 261,4792 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.		
2	2	7880	3	3578,52	A	
2	1	9830	3	3578,52	A	
1	1	10530	3	3578,52	A	
1	2	11690	3	3578,52	A	
0	0	58310	3	3578,52		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 27, en la variable voltaje en el valor F de 195,07 se observa que es mayor al p-valor con 0,0001 aceptando así la hipótesis nula, permitiendo confirmar que existe una correlación entre el voltaje y la concentración de sólidos totales en el agua residual tratada, mientras que, para la variable distancia el valor de F calculado de 0,03 es menor que el p-valor 0,8614, por tanto no existe significancia entre la concentración de sólidos totales y la variable distancia, finalmente para la variable voltaje*distancia al relacionarse simultáneamente dos variables, evaluamos el efecto de estas combinadas, siendo F calculado es de 0,50 es mayor al p-valor con 0,49, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

Figura 18: Sólidos totales



Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Fuente: Infostat

Como se observa en el gráfico, la evaluación 2V:2D teniendo un voltaje de 20v y una distancia entre placas de 5,7cm, se considera que es la más apta ya que alcanzó un porcentaje de remoción de 86,49%. (Figura 18)

10.3. Costo mensual de tratamiento por electrocoagulación.

Se calcula el consumo de energía consumida en un mes por la celda de electrocoagulación, considerando que la producción de quesos se realiza 7 días a la semana, por tanto 30 días al mes. Utilizando la relación formulada por Ramesh:

$$E = \frac{V \cdot I \cdot t}{Q \cdot 1000}$$

$$E = \frac{20 \text{ V} \cdot 4,37 \text{ A} \cdot 0,4 \text{ h}}{158,4 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1000}$$

$$E \text{ día} = 2,20 \times 10^{-4} \text{ KWh}$$

$$E \text{ mes} = 6,62 \times 10^{-3} \text{ KWh}$$

– Costo de consumo de energía mensual

$$C_e = E \cdot \$ h$$

$$C_e = 6,62 \times 10^{-3} \text{ KWh} \cdot 0,079 \$/\text{KWh}$$

$$C_e = 5,23 \times 10^{-4} \$$$

Para el uso del electrocoagulador de 20 voltios, en 24 minutos se determinó que el consumo de energía mensual es de $6,62 \times 10^{-3} \text{ KWh}$, mientras que el costo de consumo de

electricidad mensual un valor de $5,23 \times 10^{-4}$ \$. Siendo estos los valores que usaría el electrocoagulador en la fábrica “Marlén Productos Lácteos”.

11. IMPACTOS

11.1. Impactos Ambientales

Al realizar los análisis de los parámetros DBO, DQO, ST, aceites y grasas, del canal de evacuación de las aguas residuales de la industria láctea, se determinó que ninguno se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, provocando un impacto negativo hacia la flora, fauna y especies acuáticas, así como también a la cadena alimenticia.

11.2. Impactos Económicos

Si no se tratan estas aguas residuales, el sector agrícola se ve afectado con la pérdida parcial o total de sus cultivos, generando un impacto económico para los agricultores de la parroquia de Quinchicoto.

11.3. Impactos Sociales

Al no contar con un tratamiento previo de estas aguas residuales de la industria láctea, genera un impacto directamente al sector agrícola ya que ellos utilizan estas aguas para regadío, produciendo enfermedades a la comunidad aledaña.

12. PRESUPUESTO

Tabla 30: Presupuestos detallados.

MATERIALES	UNIDAD	VALOR	TOTAL
Plancha de aluminio	1	80,00	80,00
Silicona	2	6,00	12,00
Vidrio	5	7,00	35,00
Llave	2	12,00	24,00
Cables	6	2	6,00
Fuente de poder	1	150	150,00
DBO	14	16,99	115,64
BQO	14	15,15	88,20
Sólidos Totales	14	7,34	102,76
Conductividad	14	3,00	42
Aceites y grasas	14	10,00	140

pH	14	2,00	28
Botellas	14	0,35	4,90
Temperatura	14	2,00	28
TOTAL		491,00	855,86

Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Tabla 31: *Presupuestos detallados.*

	DÍAS	UNIDAD	VALOR	TOTAL
Transporte	30	2	4,00	120,00
Mano de obra	3	1	15,00	45,00
Tecnología	30	2	30,00	60,00
TOTAL			49,00	125,00

Realizado por: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. CONCLUSIONES

- La obtención de las dimensiones para el sistema de electrocoagulación, se lo realizó de tipo Batch ya que el flujo es discontinuo, concluyendo que el reactor fue eficiente, por consiguiente; se obtuvo más de un 50% de remoción de contaminantes, teniendo en cuenta que dentro de este proceso es fundamental los ánodos, cátodos y la fuente que brinda la electricidad a las placas.
- Mediante el diseño experimental, se logró obtener el porcentaje de remoción de los parámetros estudiados, dentro de los tratamientos realizados usando el método de electrocoagulación, para ellos se hizo uso de una fórmula para conocer el % de remoción de cada tratamiento y validando el resultado con el uso de InfoStat como programa estadístico, por tanto, se concluye el tratamiento V2D2 con un voltaje de 20V y distancia de 5,7 cm obtuvo los valores de: pH pasó de un estado ácido a un estado alcalino de 4,36 a 6,1 obteniendo un valor de mejora de 44,49 % en el pH; temperatura 13,18°C a 17,5°C incrementando en un 28,22% significativo; obteniendo una remoción de DQO 90,91 %, DBO 85,62 %, Aceites & grasas 91,01 % y finalmente de Sólidos Totales un valor de 86,49 %, aceptando la hipótesis nula.
- El método de electrocoagulación es proceso alternativo y sostenible que el costo de consumo es de $5,23 \times 10^{-4}$ \$ para la remoción de contaminantes siendo este de bajo costo y accesible, por lo que se considera apto para ser aplicado dentro de las pequeñas y medianas empresas lácteas.

13.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se debe seguir realizando evaluaciones para obtener otros resultados, como por ejemplo variando el tiempo de retención hidráulica, manteniendo el voltaje y la distancia entre placas.
- Se recomienda usar una fuente de poder con mayor capacidad para lograr incremento en voltaje y amperaje, que nos permita ampliar la gama de tratamientos.
- Se recomienda evaluar, tratar y optimizar los parámetros: pH, temperatura y conductividad eléctrica, previos a la ejecución del proceso de

electrocoagulación, para evitar daños en la fuente de poder y un alto grado de desgaste entre placas.

- Se recomienda a las pequeñas y medianas empresas, implementar una planta de tratamiento la cual disminuye los contaminantes antes de ser expulsadas a los efluentes hídricos.
- Se recomienda que conjuntamente con el proceso de electrocoagulación se debe implementar una planta de tratamiento que incluya procesos de retención de aceites y grasas, sedimentación y filtrado.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acciona. (2020). *Tratamiento de agua*. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/?_adin=02021864894
- Aguilar Ascon, E. (2015). “*EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UNA CELDA DE ELECTROCOAGULACIÓN A ESCALA LABORATORIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA*”. Lima.
- Aguilar, E. (17 de enero de 2018). *Universidad de Lima*. Obtenido de <https://www.ulima.edu.pe/node/11871>
- Alvarez, H. (S. f). Diseño de experimentos - Diseños multifactoriales. Recuperado el 29 de Julio de 2021, de https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/51/2e._ analisis_de_varianza_de_disenos_experimentales-multifactorial.pdf
- Arango, Á. (19 de Julio de 2005). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *LASALLISTA*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>
- Baeza, A. (9 de Agosto de 2010). Principios de electroquímica analítica. Tabasco, México. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/SISTEMAS_ELECTROACTIVOS_2011_I_12121.pdf
- Camani, B. (2017). Diseño Completamente al azar. Lima, Perú. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/305/Cesar_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cañizares, P., García, J., Lobato, J., & Rodrigo, M. (2004). El tratamiento electroquímico en la depuración de efluentes industriales. *ResearchGate*. Recuperado el 30 de Julio de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1010908>
- Cazco, A. J., & Jarrín, S. A. (2010). *Diseño, construcción y análisis de los parámetros de operación de un sistema de electrocoagulación*. Quito. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2678/1/CD-3363.pdf>
- Chen, G. (2004). Electrodes by Electrocoagulation. *International Electrodes by Electrocoagulation*. International. *sciencedirect*. Recuperado el 30 de Julio de 2021.

- Cuba, M. (2020). *“Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales - Ate Vitarte”*. Lima. Recuperado el 30 de Julio de 2021, de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11734/Cuba_tm
- Del Angel Sanchez, M. (1994). *Contribución al estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>
- Del Nogal, A. (2020). *La industria láctea es contaminación y maltrato*. Recuperado el 06 de Julio de 2021, de <https://lacontaminacion.org/industria-lactea-contaminacion-y-maltrato/DEPURADORAS-DE-AGUAS>. Bogota, Colombia.
- El Universo. (21 de Junio de 2021). Ecuador, sexto en ranking de tarifas eléctricas residenciales, por debajo de Colombia y Perú. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Fibras y normas de Colombia S.A.S. (s.f.).
- Franco, A. (2002). *Curso Internacional " Gestión integral de tratamiento de aguas residuales"*. Recuperado el 06 de Julio de 2021, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION_INTEGRAL_DEL_TRATAMIENTO_AR-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1626057716&Signature=IuGLIwRXIEeYrP1CSGz-fNH3oNYPcSUXxA5asVcdPeBTYrhPZaoPwMaLchspGJIpxgcENeDKRDPW97hYwe7yqZz1YcOKLi4wJW0K-i1ZhRPXt-HwsEA5KAp
- GAD Parroquia de Quinchicoto. (13 de Mayo de 2015). Diagnóstico del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del GAD parroquial Rural Quinchicoto. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865018960001_DIAGNOSTICO%20PDOT%20Quinchicoto2015_13-05-2015_18-36-24.pdf
- Godoy, L. (2019). *Evaluación de impacto ambiental en la industria de derivados lácteos Tinajani EIRL 2019*. Recuperado el 06 de Julio de 2021, de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6407/3/IV_FIN_108_TI_Godoy_Tapia_2019.pdf
- Gonzalez Valencia, A. (2014). *Manual piragüero 3 - Medición del caudal*. Medellín,

Colombia.

- Gonzalez, M. (2012). *Aspectos medioambientales asociados a los procesos de la industria láctea*. Recuperado el 06 de Julio de 2021, de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/37-industria.pdf
- Gutierrez, G. (05 de febrero de 2013). Laboratorio de hidraulica.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=T9MfEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=aguas+residuales+industriales&ots=3jFSgq_qye&sig=xJbkWlvEHYA
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586603002636>
- InfoStat. (2008). Manual de Usuario. Recuperado el 29 de Julio de 2021, de <https://ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-3/01.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). *Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y eletrometría*. Recuperado el 18 de Febreo de 2021, de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- Instituto de Hidrología, Meterorología y Estudios Ambientales. (2007). *Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría*. Recuperado el 18 de Febrerode 2021, de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>
- Jarrin , S., & Cazco, A. (diciembre de 2010). *Electrovaogulacion Diseño, construccion y analisis*. Quito.
- Lecca, R., & Ruiz, L. (2014). Caracterización de las aguas residuales y demanda bioquímica de oxígeno. *Scielo*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Leon , I., Balairon, L., & Berga, M. (2011). *Estudio de la rugosidad real de conduccionesen servicio para el transporte de agua*. Colombia.
- Lozano-Rivas. (Octubre de 2012). *FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE PLANTAS*

- Martinez, F. (2007). *Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional*. Ciudad Real. Recuperado el 30 de Julio de 2021, de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/984/251%20Tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20industriales.pdf>
- Martinez, Y., & Hernandez, R. (9 de Diciembre de 2005). *Electroquímica, energía y ambiente*. Mérida, Venezuela. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/16741/energia_ambiente.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Medina, J., & Peralta, M. (2015). *Validación de un prototipo de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica presentes en la industria*. Cuenca. Recuperado el 28 de Febrero de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10702/1/UPS-CT005499.pdf>
- Mendes, L. (2019). *Tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación acoplada a un MBR para minimizar el ensuciamiento de la membrana y obtener efluentes de alta calidad*. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/90307/1/tesis_lyvia_mendes_predolin.pdf
- Morales, N. (2010). *Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas*. *Scielo*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v20n1/v20n1a03.pdf>
- Mouli, C., Mohan, V., & Reddy, J. (2004). *Electrochemical processes for remediation of wastewater and contaminated soil*. *Journal of science & industrial research*. Recuperado el 30 de Julio de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/239533399_Electrochemical_processes_for_the_remediation_of_wastewater_and_contaminated_soil_Emerging_technology
- Muñoz Cruz, A. (junio de 2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Pachuca, México. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/mw3TxexJs19Fow0k#v=onepage&q=aguas%20residuales%20industriales&f=false>

- NTE INEN 2169. (2013). AGUA, CALIDAD DEL AGUA, MUESTREO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 12 de julio de 2021, de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>
- Piña, M., Martín, A., González, C., Prieto, F., Guevara, A., & Garcia, J. (2011). Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación. *Scielo*. Recuperado el 30 de Julio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382011000200010
- Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 17 de Febrero de 2021, de
- Ramirez, L. (2008). *Demanda química de oxígeno de muestras acuosas*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf
- Restrepo, A. P., Arango, Á., & Garcés, L. (28 de Junio de 2006). La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. Bolivia. Recuperado el 13 de Enero de 2021, de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/514/1/pl_v1n2_58-77_electrocoagulacion.pdf
- Reyes, M. (Marzo de 2009). Aplicación del diseño experimental en el desarrollo de las prácticas internas, en el área de operaciones unitarias. Guatemala. Recuperado el 29 de Julio de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1138_Q.pdf
- Rigola, M. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales*. Recuperado el 24 de Enero de 2021, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=fQcXUq9WFC8C&oi=fnd&pg=PA11&dq=aguas+residuales+industriales&ots=O5dyS0YN96&sig=_kWU95jeKjzGuhWIqAH3YZPwKoA#v=onepage&q=aguas%20residuales%20industriales&f=false
- Sheen, S., & Riesco, A. (2002). *Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito entropico húmedo*. Lima. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172002000100004

Silva, D. (2019). Propuesta B-learning apoyada en el software infostat para favorecer el aprendizaje de la inferencia estadística en estudiantes de ingeniería industrial. Bogotá, Colombia. Recuperado el 29 de Julio de 2021, de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17004/3/2019_propuesta_learning_apoyada.pdf

Zarza, L. (2010). Características físicas y químicas del agua.

Zubcoff, J. (S.f.). Principios de Anova. Recuperado el 29 de Julio de 2021, de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/47225/1/IDEyANOVA%20-%201%20-%20ANOVA%201%20factor.pdf>
.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS:**Anexo 1:** *Calculo del caudal*

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

$$Q = \frac{845L}{19200seg}$$

$$\underline{Q = 0.044L/s}$$

Transformación para el uso del volumen del agua para el electrocoagulador.

1440 seg del tiempo retención hídrica * 0,044 L/s= 63,4 L

Anexo 2: *Datos procesados en Infostat con los resultados de los análisis obtenidos:*

REPETICIÓN	VOLTAJE	DISTANCIA	pH	Temperatura	DQO	DBO5	Aceites y grasas	Sólidos Totales
0	0	0	4,36	13,18	87500	29200	690	58310
1	1	1	5,62	14,4	21960	7160	130	17910
1	1	2	6,99	16,2	16000	6940	140	11500
1	2	1	6,45	20,21	12720	5300	62	10680
1	2	2	5,85	15,6	5360	2310	56	5910
0	0	0	4,36	13,18	87500	29200	690	58310
2	1	1	5,41	14,8	14920	6710	90	12100
2	1	2	6,72	15,4	16000	6730	190	11870
2	2	1	7,36	19,5	9840	4510	59	8940
2	2	2	6,27	18,4	9700	6080	68	9910
0	0	0	4,36	13,18	87500	29200	690	58310
3	1	1	5,5	14,8	17530	6920	110	1580
3	1	2	6,85	15,4	16000	6870	170	11700
3	2	1	6,04	19,5	11200	4970	61	9870
3	2	2	6,05	18,4	8800	4210	63	7820

Anexo 3: Resultados de DQO obtenidos de infostat (tukey)**DQO**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DQO	15	1,00	1,00	7,54

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13395043490,00	6	2232507248,33	495,12	<0,0001
VOLTAJE	13367955356,67	2	6683977678,33	1482,35	<0,0001
DISTANCIA	22168008,33	1	22168008,33	4,92	0,0574
VOLTAJE*DISTANCIA	1015008,33	1	1015008,33	0,23	0,6479
REP	3905116,67	2	1952558,33	0,43	0,6629
Error	36072283,33	8	4509035,42		
Total	13431115773,33	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4045,09138

Error: 4509035,4167 gl: 8

VOLTAJE	Medias	n	E.E.
2	9603,33	6	1415,63 A
1	17068,33	6	1415,63 B
0	87500,00	3	2002,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4045,09138

Error: 4509035,4167 gl: 8

DISTANCIA	Medias	n	E.E.
2	11976,67	6	1415,63 A
1	14695,00	6	1415,63 A
0	87500,00	3	2002,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5989,80680

Error: 4509035,4167 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.
2	0	sd	0	sd A
1	0	sd	0	sd B
0	2	sd	0	sd C
0	1	sd	0	sd D
2	2	7953,33	3	2002,01 E
2	1	11253,33	3	2002,01 E
1	2	16000,00	3	2002,01 F
1	1	18136,67	3	2002,01 F
0	0	87500,00	3	2002,01 G
				sd H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4: Resultados de DBO₅ obtenidos de infostat (tukey)**DBO**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DBO	15	0,99	0,99	8,89

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	1340181426,67	6	223363571,11	260,06	<0,0001	
VOLTAJE	1338704476,67	2	669352238,33	779,31	<0,0001	
DISTANCIA	492075,00	1	492075,00	0,57	0,4708	
VOLTAJE*DISTANCIA		310408,33	1	310408,33	0,36	0,5644
REP	674466,67	2	337233,33	0,39	0,6876	
Error	6871266,67	8	858908,33			
Total	1347052693,33	14				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1765,46829

Error: 858908,3333 gl: 8

VOLTAJE	Medias	n	E.E.
2	4563,33	6	617,85
1	6888,33	6	617,85
0	29200,00	3	873,77

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1765,46829

Error: 858908,3333 gl: 8

DISTANCIA	Medias	n	E.E.
2	5523,33	6	617,85
1	5928,33	6	617,85
0	29200,00	3	873,77

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2614,23364

Error: 858908,3333 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.
2	0	sd	0	sd
1	0	sd	0	sd
0	2	sd	0	sd
0	1	sd	0	sd
2	2	4200,00	3	873,77
2	1	4926,67	3	873,77
1	2	6846,67	3	873,77
1	1	6930,00	3	873,77
0	0	29200,00	3	873,77

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 5: Resultados de Aceites y Grasas obtenidos de infostat (tukey).**AYG**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AYG	15	1,00	1,00	7,42

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	858259,10		6	143043,18	547,05 <0,0001
VOLTAJE	853386,10		2	426693,05	1631,84 <0,0001
DISTANCIA	2552,08	1	2552,08	9,76	0,0141
VOLTAJE*DISTANCIA	2268,75	1	2268,75	8,68	0,0185
REP	52,17	2	26,08	0,10	0,9062
Error	2091,83	8	261,48		
Total	860350,93		14		

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=30,80385

Error: 261,4792 gl: 8

VOLTAJE	Medias	n	E.E.
2	61,50	6	10,78
1	138,33	6	10,78
0	690,00	3	15,25

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=30,80385**

Error: 261,4792 gl: 8

DISTANCIA	Medias	n	E.E.
1	85,33	6	10,78
2	114,50	6	10,78
0	690,00	3	15,25

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=45,61309**

Error: 261,4792 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.
2	0	sd	0	sd
1	0	sd	0	sd
0	2	sd	0	sd
0	1	sd	0	sd
2	1	60,67	3	15,25
2	2	62,33	3	15,25
1	1	110,00	3	15,25
1	2	166,67	3	15,25
0	0	690,00	3	15,25

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Anexo 6: Resultados de Sólidos Totales obtenidos de infostat (tukey).****ST**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ST	15	0,98	0,97	19,32

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5659660290,00		6	943276715,00	65,48 <0,0001
VOLTAJE	5620568490,00		2	2810284245,00	195,07 <0,0001
DISTANCIA	468075,00		1	468075,00	0,03 0,8614
VOLTAJE*DISTANCIA	7254075,00		1	7254075,00	0,50 0,4981
REP	31369650,00		2	15684825,00	1,09 0,3818
Error	115252350,00		8	14406543,75	
Total	5774912640,00		14		

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7230,46810

Error: 14406543,7500 gl: 8

VOLTAJE	Medias	n	E.E.
2	8855,00	6	2530,40 A
1	11110,00	6	2530,40 A
0	58310,00	3	3578,52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7230,46810**

Error: 14406543,7500 gl: 8

DISTANCIA	Medias	n	E.E.
2	9785,00	6	2530,40 A
1	10180,00	6	2530,40 A
0	58310,00	3	3578,52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10706,58310**

Error: 14406543,7500 gl: 8

VOLTAJE	DISTANCIA	Medias	n	E.E.
2	0	sd	0	sd A
1	0	sd	0	sd B
0	2	sd	0	sd C
0	1	sd	0	sd D
2	2	7880,00	3	3578,52 E
2	1	9830,00	3	3578,52 E
1	1	10530,00	3	3578,52 E
1	2	11690,00	3	3578,52 E
0	0	58310,00	3	3578,52 F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 7: Permiso de Funcionamiento "Productos Lacteos Marlén"



**AGENCIA NACIONAL DE
REGULACIÓN, CONTROL
Y VIGILANCIA SANITARIA**
DR. LEOPOLDO IZQUIETA PÉREZ



PERMISO DE FUNCIONAMIENTO: ARCSA-2021-14.1.5.5-0000163

Nombre o Razón Social del establecimiento: SANCHEZ SANCHEZ EMERITA MARLENE
 Nombre del Propietario o Representante Legal: SANCHEZ SANCHEZ EMERITA MARLENE
 Número del RUC del establecimiento: 1802523629001 Establecimiento N°: 1
 Provincia: TUNGURAHUA
 Cantón: TISALEO
 Parroquia: QUINCHICOTO
 Sector/Referencia: CASERIO SAN VICENTE A 500 METROS DEL ALTAR DE SAN VICENTE
 Dirección: CARRETERO: PANAMERICANA SUR BARRIO: CASERIO SAN VICENTE CALLE:
 PRINCIPAL NUMERO: S/N INTERSECCION:S/N

Actividades / Tipo(s) de establecimiento(s):
 * 14.1.5.5 ESTABLECIMIENTOS DESTINADOS PARA LA ELABORACION DE PRODUCTOS
 LACTEOS Y DERIVADOS ARTESANAL. Riesgo: Alto

Fecha de Emisión: 16-06-2021
 Fecha de Vigencia: 16-06-2022
 Total pago: 0.00

Estado: VIGENTE

Fecha de Impresión del Documento: 16-06-2021


Quím. Alberto Tapia Moscoso
**Coordinador General Técnico de Certificaciones - Agencia Nacional De Regulación,
 Control Y Vigilancia Sanitaria - ARCSA "Dr. Leopoldo Izquieta Pérez"**



Ministerio
de Salud Pública




Las condiciones en la cual se emitió el Permiso de Funcionamiento, son verificables en cualquier momento por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria "Dr. Leopoldo Izquieta Pérez" y este se emite en el formato a la fecha de impresión del documento.

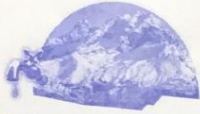
Anexo 8: RUC- SRI

SRI		Certificado Registro Único de Contribuyentes	
Apellidos y nombres SANCHEZ SANCHEZ EMERITA MARLENE		Número RUC 1802523629001	
Estado ACTIVO	Régimen REGIMEN GENERAL		
Inicio de actividades 23/06/2005	Reinicio de actividades No registra	Cese de actividades No registra	
Jurisdicción ZONA 3 / TUNGURAHUA / TISALEO		Obligado a llevar contabilidad NO	
Tipo PERSONAS NATURALES		Agente de retención NO	
Domicilio tributario			
Ubicación geográfica			
Provincia: TUNGURAHUA Cantón: TISALEO Parroquia: QUINCHICOTO			
Dirección			
Barrio: CASERIO SAN VICENTE Calle: PRINCIPAL Número: S/N Carretera: PANAMERICANA SUR Referencia: A QUINIENTOS METROS DEL ALTAR DE SAN VICENTE, CASA DE DOS PISOS, COLOR NARANJA			
Actividades económicas			
<ul style="list-style-type: none"> • C10500402 - ELABORACIÓN DE QUESO Y CUAJADA. • C10500103 - ELABORACIÓN DE BEBIDAS A BASE DE LECHE, YOGURT, PASTEURIZADA, ESTERILIZADA, HOMOGENEIZADA Y/O TRATADA A ALTAS TEMPERATURAS. 			
Establecimientos			
Abiertos		Cerrados	
1		1	
Obligaciones tributarias			
• 2021 - DECLARACIÓN SEMESTRAL IVA			
<p>i Las obligaciones tributarias reflejadas en este documento están sujetas a cambios. Revise periódicamente sus obligaciones tributarias en www.sri.gob.ec.</p>			
Números del RUC anteriores			
No registra			

1/2

www.sri.gob.ec

Anexo 9: Planilla de Agua



**JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DE QUINCHICOTO EL PORVENIR**
CONTRIBUYENTE RÉGIMEN MICROEMPRESAS
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD
Matriz: Alejandro Ortiz s/n y 17 de Noviembre / Telf.: 03/2456010
Cel.: 0997599060 / E-mail.: juntadeaguapotable2017@hotmail.com
Quinchicoto - Tisaleo - Tungurahua

AUT. S.R.I. N° 1127796617

R.U.C.: 1891774318001
DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO
FACTURA 001-001
0030132

N° Factura: 001-001-0000030132

Cuenta: 342
Nombre: SANCHEZ CARLOS ANIBAL
Fecha emisión: 23/05/2021 15:56:33
N° Meses: 1

RUC/JCI: 1800392787
Mes Pago: abril, 2021
Consumo M3: 124

Zona: SAN VICENTE
Tipo Cuenta: COMERCIALES
ANT: 8746 ACT: 8870

CONSUMO		VALOR
Consumo:		97,00
Mora:		0,00
Mortuoria:		0,50
Alcantarillado:		0,00
APORTES SECTORES 2021		0
		0,50
		TOTAL: 98,00

F. AUTORIZADA
FORMA DE PAGO
EFFECTIVO DINERO ELECTRONICO TARJETA DE CREDITO DEBITO OTROS

Cedroo Afazco Lauro Gonzalo, El Gráfico, R.U.C. 0700930274001, Aut. 1364 - Telf. Dom.: 2855283 - 0998125049 - 0995872625 - s.arenal62@hotmail.com Impreso del 30001 al 33500 el 06 / Febrero / 2021 - Válido: 06 / Febrero / 2022 ORIGINAL: ADQUIRENTE / COPIA: EMISOR



**JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DE QUINCHICOTO EL PORVENIR**
CONTRIBUYENTE RÉGIMEN MICROEMPRESAS
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD
Matriz: Alejandro Ortiz s/n y 17 de Noviembre / Telf.: 03/2456010
Cel.: 0997599060 / E-mail.: juntadeaguapotable2017@hotmail.com
Quinchicoto - Tisaleo - Tungurahua

AUT. S.R.I. N° 1127796617

R.U.C.: 1891774318001
DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO
FACTURA 001-001
0031470

N° Factura: 001-001-0000031470

Cuenta: 342
Nombre: SANCHEZ CARLOS ANIBAL
Fecha emisión: 18/07/2021 10:24:18
N° Meses: 2

RUC/JCI: 1800392787
F. Consumo: mayo, 2021 A junio, 2021
Consumo M3: 272

Zona: SAN VICENTE
Tipo Cuenta: COMERCIALES
ANT: 8870 ACT: 9142

CONSUMO		VALOR
Consumo:		218,00
Mora:		10,50
Mortuoria:		1,00
Alcantarillado:		0,00
APORTES SECTORES 2021		0
		1,00
		TOTAL: 230,50

F. AUTORIZADA
FORMA DE PAGO
EFFECTIVO DINERO ELECTRONICO TARJETA DE CREDITO DEBITO OTROS

Cedroo Afazco Lauro Gonzalo, El Gráfico, R.U.C. 0700930274001, Aut. 1364 - Telf. Dom.: 2855283 - 0998125049 - 0995872625 - s.arenal62@hotmail.com Impreso del 30001 al 33500 el 06 / Febrero / 2021 - Válido: 06 / Febrero / 2022 ORIGINAL: ADQUIRENTE / COPIA: EMISOR

Fuente: Sanchez, M. 2021

Anexo 10: Parte exterior de la empresa

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 11: Parte interna de la empresa 1:09pm

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 12: Parte final de la empresa. 15/06/2021 1:13pm

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 13: *Parte final de la empresa. 15/06/2021 1:16pm*



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 14: *Zona de Pausterizado.*



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 15: Sección de Coagulación

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 16: Mesa de Moldeo

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 17: Implementos para la producción de quesos





Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 18: Equipo de trabajo

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 19: Recolección del agua de producción

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

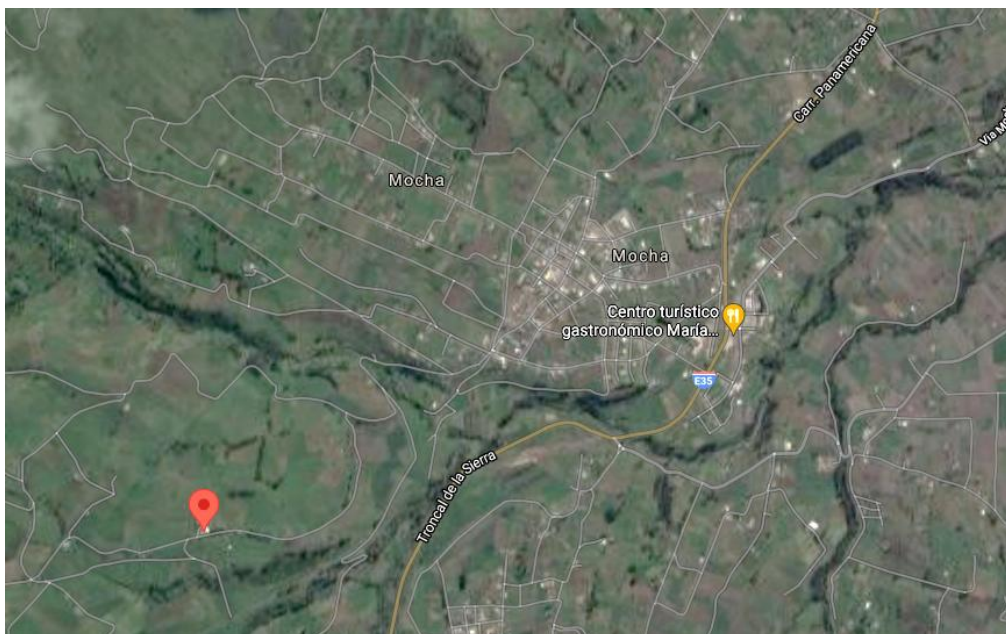


Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 20: Ubicación del Laboratorio donde se realizó los experimentos, perteneciente a la Planta de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco (JAAPARY)



Fuente: Google Maps (2021)



Fuente: Google Maps (2021)



Fuente: JAAPARY, 2021

Anexo 21: *Técnica de la planta y encargada del laboratorio Ing. Karina Guanoluisa Díaz.*



Fuente: JAAPARY, 2021

Anexo 22: Laboratorio (JAAPARY).



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 23: Limpieza y calibración del equipo



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021



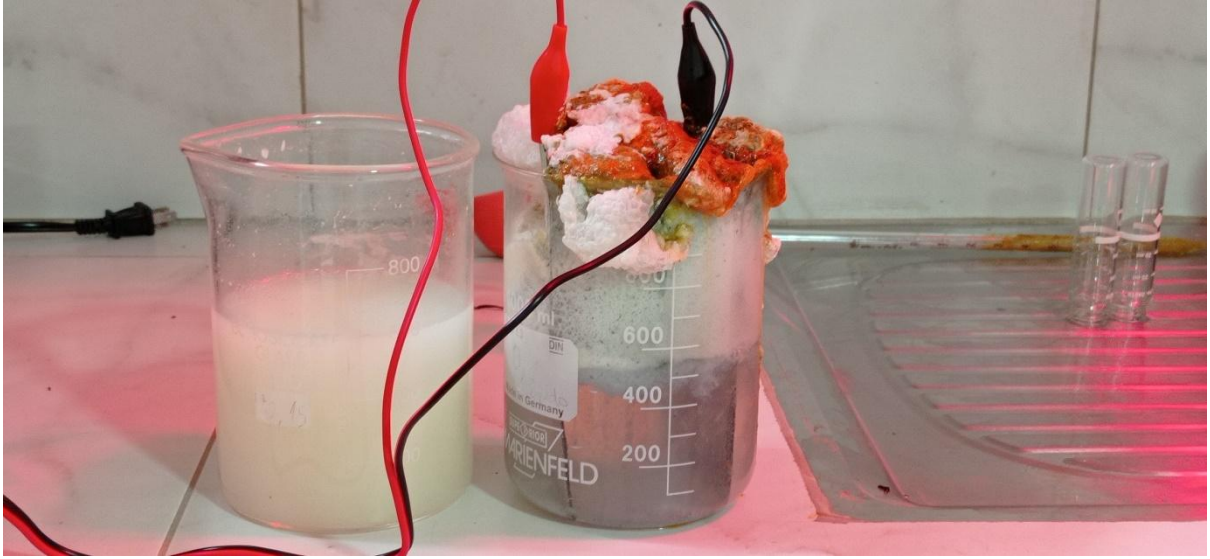
Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 24: Análisis de la Temperatura y pH



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 25: *Proceso de remoción por electrocoagulación en un vaso de precipitación, antes y después del proceso*

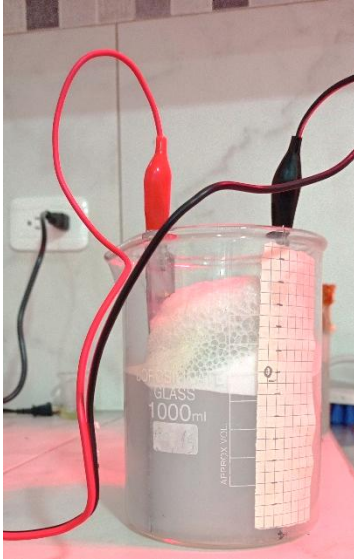


Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 26: *Desgaste de las placas, (Fe-Al)*



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

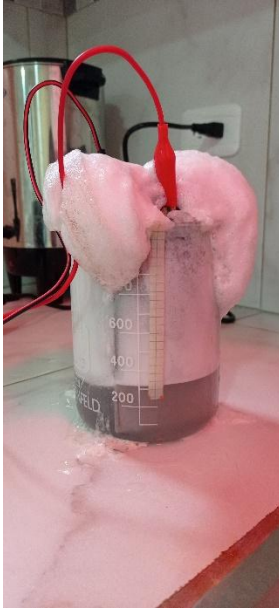
Anexo 27: Crecimiento de espumas

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 28: Presencia de flocs después del tiempo de sedimentación

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 29: *Actividad que provoca un alto voltaje en un mayor tiempo*

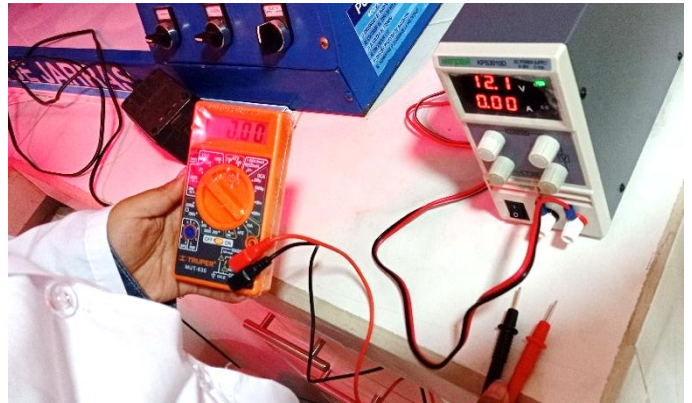


Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 30: *Preparación del equipo antes del proceso de electrocoagulación*



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 31: *Calibración de fuente de poder*

Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 32: *Antes de Proceso de Electrocoagulación.*



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 33: *Después de Proceso de Electrocoagulador.*



Fuente: Fonseca, L & Panimbosa, M. 2021

Anexo 34: Resultados de los análisis del laboratorio.

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



Fecha: 01 de julio del 2021

Análisis solicitado por: Srtas. Larissa Fonseca y Melani Panimbosa.

Tipo de muestras: Aguas residuales industria láctea

Localidad: Cantón Ambato

Muestra 1: Código Cliente; Testigo; Hora 18:00; Fecha 25-06-2021

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	6 224
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	87.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	29.2
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	690.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	58.31

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



Fecha: 01 de julio del 2021
 Análisis solicitado por: Srtas. Larissa Fonseca y Melani Panimbosa.
 Tipo de muestras: Aguas residuales industria láctea
 Localidad: Cantón Ambato

Análisis Químico

Muestra 2: Código Cliente: V1D1R1; Hora: 13:11H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μ Siems/cm	2510-B	2 969
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	21.96
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	7.16
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	130.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	17.91

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Muestra 3: Código Cliente: V1D1R2; Hora: 14:16H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μ Siems/cm	2510-B	2 045
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	14.92
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	6.71
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	90.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	12.10

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
 RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



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



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

Fecha: 01 de julio del 2021

Análisis solicitado por: Srtas. Larissa Fonseca y Melani Panimbosa.

Tipo de muestras: Aguas residuales industria láctea

Localidad: Cantón Ambato

Análisis Químico

Muestra 4: Código Cliente: V1D2R1; Hora: 13:23H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 987
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	16.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	6.94
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	140.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	11.50

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Muestra 5: Código Cliente: V1D2R2; Hora: 19:32H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	2 019
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	15.08
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	6.73
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	190.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	11.87

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

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

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

Fecha: 01 de julio del 2021

Análisis solicitado por: Srtas. Larissa Fonseca y Melani Panimbosa.

Tipo de muestras: Aguas residuales industria láctea

Localidad: Cantón Ambato

Análisis Químico

Muestra 6: Código Cliente: V2D1R1; Hora: 15:13H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 896
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	12.72
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	5.30
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	62.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	10.68

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Muestra 7: Código Cliente: V2D1R2; Hora: 16:40H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 496
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	9.84
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	4.51
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	59.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	8.94

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

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



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

Fecha: 01 de julio del 2021

Análisis solicitado por: Srtas. Larissa Fonseca y Melani Panimbosa.

Tipo de muestras: Aguas residuales industria láctea

Localidad: Cantón Ambato

Análisis Químico

Muestra 8: Código Cliente: V2D2R1; Hora: 21:15H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 047
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	5.36
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	2.31
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	56.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	5.91

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Muestra 9: Código Cliente: V2D2R2; Hora: 22:30H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 668
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	9.70
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	6.08
Aceites y Grasas	g/L	5520-B	68.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	9.91

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

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

saqmic

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

Fecha: 01 de julio del 2021
Análisis solicitado por: Srtas. Larissa Fonseca y Melani Panimbosa. Tipo de muestras: Aguas residuales industria láctea
Localidad: Cantón Ambato

Análisis Químico

Muestra 10: Código Cliente: V1D1R3; Hora: 23:20H; Fecha: 26-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 714
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	17.53
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	6.92
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	110.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	1.58

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Muestra 11: Código Cliente: V1D2R3; Hora: 00:00H; Fecha: 27-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 615
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	16.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	6.87
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	170.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	11.7

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

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



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

Fecha: 01 de julio del 2021
Análisis solicitado por: Srtas. Larissa Fonseca y Melani Panimbosa. Tipo de muestras: Aguas residuales industria láctea
Localidad: Cantón Ambato

Análisis Químico

Muestra 12: Código Cliente: V2D1R3; Hora: 00:45H; Fecha: 27-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 450
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	11.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/L	5210-B	4.97
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	61.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	9.87

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Muestra 13: Código Cliente: V2D2R3; Hora: 01:35H; Fecha: 27-06-2021

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Conductividad Eléctrica	μSiems/cm	2510-B	1 224
Demanda Química de Oxígeno	g/L	5220-D	8.80
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	4.21
Aceites y Grasas	g/L	5520-B	63.0
Sólidos Totales	g/L	2540-B	7.82

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

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

Anexo 35: *Aval de abstract.*



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA, EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021.”** presentado por: **Fonseca Morales Larissa Fernanda y Panimbosa Castro Melanie Valeria**, egresadas de la Carrera de: **Ingeniería en Medio Ambiente**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2021

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'W. Collaguazo Vega'.

Mg. C. Wilmer Patricio Collaguazo Vega
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 1722417571



Firma electrónica para:
MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTE



CENTRO
DE IDIOMAS