



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRATABILIDAD DE LOS LODOS DE UNA INDUSTRIA CARTONERA

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Titulo de INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: MARCO ANTONIO VERA CADENA

TUTOR: ING. VIRGILIO ORDÓÑEZ RAMÍREZ, PHD.

GUAYAQUIL, ECUADOR

Agosto - 2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACION**

Yo, MARCO ANTONIO VERA CADENA con cédula de ciudadanía No. 0928437458;
manifiesto que:

Soy autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de agosto del año 2023

Atentamente,



Marco Antonio Vera Cadena

C.I. 0928437458

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, **MARCO ANTONIO VERA CADENA** con cédula de ciudadanía No. **0928437458**, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del tema de tesis: **TRATABILIDAD DE LOS LODOS DE UNA INDUSTRIA CARTONERA**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGINIERO AMBIENTAL**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de agosto del año 2023

Atentamente,



Marco Antonio Vera Cadena

C.I. 0928437458

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez con cédula de ciudadanía No. 0909780850, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Tratabilidad de los lodos de una industria cartonera, realizado por Marco Antonio Vera Cadena con documento de identificación No. 0928437458, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de agosto del año 2023

Atentamente,



Ing. VIRGILIO ORDÓÑEZ RAMIREZ, PHD.

C.I. 0909780850

Dedicatoria

- A mi madre Magdalena Vera Arce (JOANA), es la persona que me inspira con su fortaleza y amor incondicional durante todo mi viaje académico, ha sido mi mayor apoyo en cada momento alentándome alcanzar mis metas y superar desafíos. Gracias por enseñarme y acompañarme en cada proceso de mi vida mucho más en esta tesis por creer en mí incluso cuando yo tenía dudas. Este logro se lo dedicado con todo el amor ya que es mi ejemplo a seguir mi mejor amiga. ¡Te amo, mamá!
- A mis abuelos Tomas Vera y Francisca Arce, por el amor y cariño han sido mis pilares a lo largo de todo mi camino con sus cuidados en mi crecimiento personal y académico. Este trabajo y cada logro que alcanzo es un reflejo del amor, apoyo y valores que me han brindado.
- A mi hermano Juan, compañero de aventuras y confidente en momentos de mi vida, desde nuestras primeras travesías juntos hasta los desafíos que hemos superado siempre estando atento del uno al otro, este logro va dedicado con mucho cariño mi hermano.
- Al Ingeniero Virgilio Ordóñez, agradezco por la enseñanza que ha brindado en esta trayectoria académica como docente y gran amigo. Esta tesis es el resultado no solo mi esfuerzo, sino también de su guía constante ha sido fundamental para pulir mis ideas y presentar con claridad, muchas gracias por la formación académica y personal.
- A mis tías, que no han sido solo mis tías, sino también mis madres que me han cuidado y amado a lo largo de este viaje de vida, me han demostrado que el amor y el apoyo son pilares fundamentales para el crecimiento personal.

Esta tesis no solo representa mi trabajo, sino el amor y valores que han compartido y

que sido la base de mi crecimiento y desarrollo, gracias por todo.

- A mí mismo, por ser perseverante en esta travesía de conocimiento y crecimiento.

Esta tesis es un recordatorio de la fuerza interior y la determinación que he demostrado a lo largo de este camino. Cada página es un esfuerzo y dedicación y capacidad para superar desafíos.

Me dedico este logro con orgullo y espero siempre continuar con esas ganas de seguir adelante luchando cada momento para salir adelante. Que esta tesis sea un hito en mi camino y un recordatorio constante de lo que puedo lograr cuando me dedico con pasión y determinación.

Marco Antonio Vera Cadena

Agradecimiento

Agradezco a Dios, a mi familia, principalmente a mi mamá que es la persona que me ha ayudado y acompañado en todo momento sin importar que tan difícil sea el día estando siempre atenta en mis día a día, agradezco a mis abuelos, tías y tíos ya que también fueron un gran apoyo en todo momento, agradezco a esas amistades que me enseñaron que en lo buenos y malos momentos siempre debemos estar sin importar que tan mal estes y a todos los docentes que me ayudaron en mi preparación educativa.

Marco Antonio Vera Cadena

Resumen

La problemática de la gestión de lodos generados en la industria cartonera ha sido motivo de preocupación y estudio en el campo de la ingeniería ambiental durante décadas. La acumulación y disposición inapropiada de estos lodos ha llevado a la comunidad científica a investigar métodos más sostenibles y eficientes para su tratamiento y reutilización. Desde los primeros estudios relacionados con la industria cartonera, se ha reconocido la generación de lodos como uno de los principales desafíos ambientales. Los lodos, resultantes principalmente de los procesos de pulpeo, blanqueo y tratamiento de aguas residuales, poseen una composición heterogénea, caracterizada por una alta concentración de fibras orgánicas, sustancias químicas, agua y otros componentes que varían dependiendo de las técnicas y materias primas utilizadas en la producción de cartón. En este contexto, la presente investigación busca consolidar el conocimiento existente y avanzar en la búsqueda de soluciones sostenibles y viables para la tratabilidad de los lodos de la industria cartonera. A través de una metodología detallada y objetivos claramente definidos, este estudio proporcionó una visión completa de las posibilidades de tratamiento y aprovechamiento de estos residuos, sentando las bases para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria. Este subproducto, a menudo denso y cargado de contaminantes químicos y orgánicos, se ha convertido en un desafío medioambiental y económico para las empresas del sector. Este estudio se propone a abordar el problema desde su raíz, comenzando con una evaluación detallada y caracterización de los lodos generados en la industria cartonera. Es esencial entender la naturaleza exacta de lo que estamos tratando, incluyendo sus componentes químicos, carga contaminante, propiedades físicas y biológicas. Sin esta base sólida, cualquier intento de tratamiento estará basado en suposiciones en lugar de datos. Una vez caracterizados, el siguiente paso será llevar a cabo ensayos de tratabilidad utilizando métodos fisicoquímicos. Estos ensayos nos ayudarán a identificar y optimizar los procesos

de tratamiento que pueden ser más adecuados para estos lodos en particular. Finalmente, con un entendimiento claro del lodo y las opciones de tratamiento disponibles, el estudio buscará seleccionar la mejor alternativa complementaria para el tratamiento de los lodos. Esta elección no se basará únicamente en la eficacia del tratamiento, sino también en una evaluación de costo-beneficio, asegurando una solución que sea no sólo ambientalmente sostenible, sino también económicamente viable. Como conclusiones se cumplió el diseño de un tratamiento complementario por medio de estudio de tratabilidad para el aprovechamiento de los lodos; a partir de elaborar la caracterización de los lodos residuales iniciales del sistema de tratamiento mediante la guía de evaluación para identificar las características del lodo, ejecutar ensayos de tratabilidad mediante procesos fisicoquímico para reconocer el proceso óptimo y seleccionar la mejor alternativa de tratamiento complementario de los lodos residuales mediante una evaluación de costo beneficio para aprovechamiento de estos.

Palabras claves: Tratabilidad, Residuos, Lodos, Industria Cartonera.

Abstract

The problem of the management of sludge generated in the cardboard industry has been a matter of concern and study in the field of environmental engineering for decades. The accumulation and improper disposal of these sludges has led the scientific community to investigate more sustainable and efficient methods for their treatment and reuse. Since early studies related to the cardboard industry, the generation of sludge has been recognized as one of the major environmental challenges. Sludges, resulting mainly from polishing, whitening and wastewater treatment processes, have a heterogeneous composition, characterized by a high concentration of organic fibers, chemicals, water and other components that vary depending on the techniques and raw materials used in the production of cardboard. In this context, the present research seeks to consolidate existing knowledge and advance the search for sustainable and viable solutions for the treatment of sludge from the cardboard industry. Through a detailed methodology and clearly defined objectives, this study provided a comprehensive overview of the treatment and utilization possibilities of these wastes, laying the foundations for future research and applications in industry. This by-product, often dense and loaded with chemical and organic pollutants, has become an environmental and economic challenge for companies in the sector. This study aims to address the problem from its root, starting with a detailed evaluation and characterization of the sludges generated in the cardboard industry. It is essential to understand the exact nature of what we are dealing with, including its chemical components, pollutant load, physical and biological properties. Without this solid foundation, any treatment attempt will be based on assumptions rather than data. Once characterized, the next step will be to carry out treatability tests using physicochemical methods. These tests will help us to identify and optimize the treatment processes that may be most suitable for these particular sludges. Finally, with a clear understanding of the sludge and the treatment options available, the

study will seek to select the best complementary alternative for the treatment of sludges. This choice will be based not only on the effectiveness of the treatment, but also on a cost-benefit assessment, ensuring a solution that is not only environmentally sustainable but also economically viable. The conclusion was the design of a complementary treatment by means of treatmentability study for the utilization of the sludges; from elaborating the characterization of the initial residue sludge of the treatment system through the evaluation guide to identify the characteristics of the mud, to carry out treatmentability tests using physicochemical processes to recognize the optimal process and to select the best alternative of supplementary treatment of the residual sluds through an evaluation of cost benefit for exploitation of these.

Keywords: *Treatability, Waste, Lead, Carton Industry.*

Índice de contenidos

Portada.....	1
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	VI
Resumen.....	VII
Abstract.....	IX
Índice de contenidos.....	XI
Índice de tablas.....	XVI
Índice de figuras.....	XVIII
Índice de ilustraciones.....	XIX
Capítulo I.....	20
1. INTRODUCCIÓN.....	20
1.1 Planteamiento del problema.....	22
1.2 Importancia y alcance.....	24
1.3 Delimitación.....	26
1.4 Pregunta de investigación.....	26
1.5 Objetivos.....	26
1.5.1 Objetivo general.....	26
1.5.2 Objetivos específicos.....	27
1.6 Hipótesis.....	27

1.6.1 Hipótesis general	27
1.6.2 Hipótesis específicas.....	27
Capítulo II.....	28
2. MARCO TEÓRICO.....	28
2.1 Fundamentos Teóricos	28
2.1.1 Lodos residuales	28
2.1.2 Tipos de Lodos de Residuales.....	29
2.1.3 Lodos Aprovechables	30
2.1.4 Lodos No Aprovechables.....	32
2.1.5 Lodos Peligrosos	33
2.1.6 Tratamiento de los Lodos Residuales	35
2.2 Marco referencial	37
2.2.1 Historia y evolución de la industria cartonera.....	37
2.2.2 Procesos productivos y sus impactos ambientales.	38
2.2.3 Características y composición de los lodos en la industria cartonera.....	40
2.2.4 Proceso de generación de lodos en la industria.....	42
2.2.5 Composición química y física típica de los lodos.	44
2.2.6 Impactos ambientales de la disposición inadecuada.....	45
2.2.7 Técnicas Tradicionales de Tratamiento de Lodos en la Industria Cartonera	47
2.2.8 Técnica de tratamiento de lodos en la industria con alcohol.	48
2.2.9 Costos asociados y viabilidad económica.....	50

2.2.10 Casos de éxito en otras industrias.....	51
2.3 Fundamentación legal	53
2.3.1 Bases legales	53
2.3.2 Normativas ambientales ecuatorianas relacionadas	55
Capítulo III.....	57
3. MARCO METODOLÓGICO	57
3.1 Diseño de la investigación.....	57
3.1.1 Técnica a utilizar	59
3.2 Población y muestra	60
3.2.1 Población.....	60
3.2.2 Muestra	61
3.3 Variables.....	62
3.3.1 Variables Independientes	62
3.3.2 Variables Dependientes	63
3.4 Recogida de datos y protocolos	63
3.5 Materiales y procesos	65
Capítulo IV	67
4. RESULTADOS	67
4.1 Diagrama de Flujo del proceso de la imprenta de una industria cartonera	67
4.2 Descripción de las actividades generadoras de los lodos.....	67
4.4 Determinación de la cantidad de lodos generados	69

4.5 Resultados de Caracterización de los lodos.....	73
4.6 Descripción de las pruebas de tratabilidad	76
4.6.1 Recolección de Lodos.....	76
4.6.2 Separación Inicial (Eliminación de sólidos grandes y objetos no deseados).....	76
4.6.3 Desaguado de Lodos (Eliminación de agua para obtener lodos secos).....	77
4.6.4 Pretratamiento dilución en Agua, Alcohol, Cal y Ningún compuesto	77
4.6.5 Pruebas de uso como elemento de pintura tipo acuarela.	78
4.6.6 Evaluación de la prueba.	79
4.7 Diagrama de flujo de la propuesta de tratabilidad	79
4.8 Resultados alcanzados en la tratabilidad de los lodos.....	79
4.9 Plan Financiero	80
4.9.1 Terrenos y obras civiles.....	80
4.9.2 Maquinarias, mobiliarios y equipos	81
4.9.3 Inversión fija inicial	81
4.9.4 Materiales directos	81
4.9.5 Costo mano de obra directa	82
4.9.6 Costo directos de producción.....	82
4.9.7 Costo indirecto de producción	82
4.9.8 Costo totales de producción.....	83
4.9.9 Gastos generales y administrativos	83
4.9.10 Gastos generales.....	83

4.9.11 Gasto de venta	83
5. CONCLUSIONES	86
6. RECOMENDACIONES	87
7. BIBLIOGRAFÍA	88
8. ANEXOS	93

Índice de tablas

Tabla 1. Producción de lodos	69
Tabla 2. Producción de lodos	69
Tabla 3. Producción de lodos	70
Tabla 4. Producción de lodos	70
Tabla 5. Producción de lodos	71
Tabla 6. Producción de lodos	71
Tabla 7. Producción de lodos	71
Tabla 8. Producción de lodos (Agua tinta, lodo tinta)	72
Tabla 9. Parámetros en extracción acuosa	73
Tabla 10. Parámetros en extracción (reactividad)	74
Tabla 11. Parámetros en extracción (inflamabilidad)	74
Tabla 12. Parámetros en extracción (toxicidad)	75
Tabla 13. Parámetros en extracción (pesticidas organoclorados).....	75
Tabla 14. Terrenos y obras civiles	80
Tabla 15. Maquinarias, mobiliarios y equipos	81
Tabla 16 Inversión fija	81
Tabla 17 Materiales directos	81
Tabla 18 Mano de obra directa	82
Tabla 19 Costos directos de producción	82
Tabla 20 Costos indirectos de producción	82

Tabla 21 Costos totales de producción	83
Tabla 22 Gastos generales y administrativos	83
Tabla 23. Gastos generales	83
Tabla 24. Gastos de venta	84
Tabla 25. Costos totales	84
Tabla 26. Ventas proyectadas	84
Tabla 27. Capital de trabajo	84
Tabla 28. Clasificación de costos	85
Tabla 29. Presupuesto de utilidades proyectadas	85

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del manejo de lodos.....	68
Figura 2. Recolección de lodos.....	76
Figura 3. Separación inicial.....	77
Figura 4. Desaguado de lodos	77
Figura 5. Pretratamiento.....	78
Figura 6. Pretratamiento.....	78
Figura 7. Pruebas de uso	78
Figura 8. Diagrama de flujo	79
Figura 9. Resultado	80

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama de flujo del proceso	67
Ilustración 2. Producción de lodos.....	72
Ilustración 3. Producción de lodos.....	73

Capítulo I

1. INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, la tratabilidad de los lodos de una industria cartonera hace referencia al estudio y análisis de las características y propiedades de los lodos producidos durante los procesos de la industria cartonera, con el objetivo de determinar los métodos más adecuados y efectivos para su tratamiento, reducción, reutilización o disposición final.

Estos lodos, generados principalmente por los procesos de pulpeo, blanqueo y tratamientos de aguas residuales en la industria cartonera, suelen contener una mezcla compleja de fibras orgánicas, compuestos químicos, agua y otros contaminantes. La gestión inadecuada de estos residuos puede dar lugar a impactos negativos en el medio ambiente, como la contaminación del suelo y agua, y potencialmente afectar la salud humana (Roncancio-Lozano, 2015).

La ingeniería ambiental aborda este problema evaluando las características físicas, químicas y biológicas de los lodos. Esto implica la realización de pruebas de laboratorio para determinar su composición, toxicidad, biodegradabilidad, entre otros aspectos. Con base en estos resultados, los ingenieros ambientales pueden proponer y diseñar sistemas de tratamiento que se adapten específicamente a las características de estos lodos, garantizando así un manejo adecuado (Taccone, 2022).

La tratabilidad de los lodos de una industria cartonera, desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, es una disciplina enfocada en entender a fondo las características de estos lodos y diseñar soluciones óptimas para su tratamiento y aprovechamiento, siempre con el objetivo de minimizar impactos negativos y maximizar los beneficios ambientales y económicos.

En esa línea, la industria cartonera es una de las principales generadoras de residuos en la forma de lodos, los cuales son subproductos resultantes de los procesos de fabricación y

tratamiento del cartón. Estos lodos, que se caracterizan por su consistencia densa y viscosa, y que pueden contener una serie de contaminantes químicos, representan un problema ambiental significativo si no se gestionan adecuadamente.

Actualmente, la mayoría de estos lodos generados por la industria cartonera son descargados directamente en los rellenos sanitarios, una práctica que, además de no ser sostenible a largo plazo, puede estar incumpliendo la normativa ambiental vigente. Esta situación ha encendido las alarmas sobre la necesidad de desarrollar estrategias más eficientes y sostenibles para la gestión y tratamiento de estos residuos (Cadilhac, 2017).

En este contexto, surge la pregunta fundamental de la presente investigación: ¿Es posible diseñar un tratamiento complementario que permita el aprovechamiento de los lodos derivados de la industria cartonera? La búsqueda de una respuesta a este interrogante es imperativa, no solo desde un punto de vista medioambiental, sino también económico, pues el aprovechamiento de estos lodos podría traducirse en beneficios tangibles para la industria, reduciendo costos asociados a la disposición y potencialmente generando productos derivados de valor.

El estudio de tratabilidad de los lodos busca esclarecer esta cuestión. A través de una metodología enfocada en tres etapas claves, se pretende: primero, elaborar una caracterización exhaustiva de los lodos residuales, con el objetivo de entender a fondo sus propiedades y composición química; segundo, ejecutar ensayos que permitan identificar el proceso de tratamiento óptimo para estos lodos; y tercero, seleccionar la mejor alternativa de tratamiento complementario, evaluando no solo su eficacia técnica, sino también su viabilidad económica a través de un análisis de costo-beneficio.

Esta investigación, más allá de su enfoque técnico y científico, tiene una relevancia significativa en el marco de las políticas de desarrollo sostenible y protección ambiental. Se

espera que los resultados obtenidos puedan ofrecer una solución viable y sostenible al problema de gestión de lodos en la industria cartonera, y a su vez, sentar un precedente para otras industrias con problemas similares.

1.1 Planteamiento del problema

La problemática de la gestión de lodos generados en la industria cartonera ha sido motivo de preocupación y estudio en el campo de la ingeniería ambiental durante décadas. La acumulación y disposición inapropiada de estos lodos ha llevado a la comunidad científica a investigar métodos más sostenibles y eficientes para su tratamiento y reutilización.

Desde los primeros estudios relacionados con la industria cartonera, se ha reconocido la generación de lodos como uno de los principales desafíos ambientales. Los lodos, resultantes principalmente de los procesos de pulpeo, blanqueo y tratamiento de aguas residuales, poseen una composición heterogénea, caracterizada por una alta concentración de fibras orgánicas, sustancias químicas, agua y otros componentes que varían dependiendo de las técnicas y materias primas utilizadas en la producción de cartón.

A finales de la década de 1990 y principios de 2000, varios estudios se centraron en caracterizar estos lodos, identificando sus propiedades físicas y químicas. Estas investigaciones iniciales resaltaron la potencial toxicidad de ciertos componentes y la necesidad de tratamientos específicos antes de su disposición final (Suazo y Torres-Valle, 2021).

Posteriormente, a mediados de la década de 2000, emergieron investigaciones que buscaban soluciones más sostenibles para la gestión de estos lodos. Se exploraron métodos fisicoquímicos, como la coagulación y floculación, para reducir la carga contaminante y facilitar su disposición. Sin embargo, estos métodos, aunque eficaces en muchos casos, no abordaban el problema desde una perspectiva de aprovechamiento integral de los lodos

(Oviedo-Quiñonez, 2018).

El énfasis en la sostenibilidad y la economía circular en la década de 2010 llevó a la exploración de técnicas de reutilización y reciclaje de lodos. Investigaciones en este período examinaron la posibilidad de recuperar fibras para su reintroducción en el proceso de producción de cartón, la generación de biogás a través de la digestión anaeróbica y la obtención de materiales de construcción a partir de lodos tratados.

A pesar de estos avances, la disposición de lodos en rellenos sanitarios continúa siendo una práctica común en muchas regiones, en parte debido a las restricciones legislativas y la falta de técnicas adaptadas a las características específicas de los lodos de cada industria. Además, existen preocupaciones sobre la compatibilidad de los lodos con los criterios establecidos en las legislaciones ambientales, lo que ha llevado a la necesidad de abordar el problema desde una perspectiva más integral.

En este contexto, la presente investigación busca consolidar el conocimiento existente y avanzar en la búsqueda de soluciones sostenibles y viables para la tratabilidad de los lodos de la industria cartonera. A través de una metodología detallada y objetivos claramente definidos, este estudio aspira a proporcionar una visión completa de las posibilidades de tratamiento y aprovechamiento de estos residuos, sentando las bases para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria.

En ese aspecto, el sector de la industria cartonera, esencial para la producción de embalajes y otros materiales ampliamente utilizados en la vida cotidiana, es también una fuente considerable de residuos, particularmente en forma de lodos. Este subproducto, a menudo denso y cargado de contaminantes químicos y orgánicos, se ha convertido en un desafío medioambiental y económico para las empresas del sector.

Históricamente, muchos procesos industriales han optado por la vía más rápida y económica

de gestionar sus residuos, en lugar de la más sostenible. En el caso de la industria cartonera, esta mentalidad ha llevado a que una gran parte de sus lodos sean simplemente descargados en rellenos sanitarios. No sólo es esto una solución a corto plazo, sino que es ineficiente desde el punto de vista ambiental, económico y de uso de recursos.

Además, la disposición de lodos en rellenos sanitarios no es simplemente un problema de "fuera de la vista, fuera de la mente". La composición química de estos lodos, si no se trata adecuadamente, puede no cumplir con las normativas y leyes ambientales, resultando en sanciones para las empresas y potenciales daños al medio ambiente y la salud pública.

Este estudio se propone a abordar el problema desde su raíz, comenzando con una evaluación detallada y caracterización de los lodos generados en la industria cartonera. Es esencial entender la naturaleza exacta de lo que estamos tratando, incluyendo sus componentes químicos, carga contaminante, propiedades físicas y biológicas. Sin esta base sólida, cualquier intento de tratamiento estará basado en suposiciones en lugar de datos.

Una vez caracterizados, el siguiente paso será llevar a cabo ensayos de tratabilidad utilizando métodos fisicoquímicos. Estos ensayos nos ayudarán a identificar y optimizar los procesos de tratamiento que pueden ser más adecuados para estos lodos en particular.

Finalmente, con un entendimiento claro del lodo y las opciones de tratamiento disponibles, el estudio buscará seleccionar la mejor alternativa complementaria para el tratamiento de los lodos. Esta elección no se basará únicamente en la eficacia del tratamiento, sino también en una evaluación de costo-beneficio, asegurando una solución que sea no sólo ambientalmente sostenible, sino también económicamente viable.

1.2 Importancia y alcance

La industria cartonera juega un papel vital en la economía mundial, facilitando la producción y distribución de bienes a través de sus embalajes y productos. Sin embargo, como cualquier

proceso industrial, genera residuos, y en este caso, los lodos resultantes presentan desafíos ambientales significativos. La disposición incorrecta de lodos puede dar lugar a la contaminación del suelo y del agua subterránea, afectando la biodiversidad y poniendo en riesgo la salud humana. La importancia de investigar la tratabilidad de estos lodos radica en la necesidad de proteger nuestro medio ambiente y garantizar un futuro sostenible.

Las empresas tienen la responsabilidad de asegurarse de que sus operaciones cumplan con las leyes y regulaciones locales, regionales y nacionales. En muchos lugares, la legislación ambiental es estricta en cuanto a la disposición de residuos. No cumplir con estas regulaciones puede resultar en graves sanciones económicas y daños a la reputación.

En un mundo donde la sostenibilidad es cada vez más valorada, las empresas que buscan prácticas más verdes pueden tener una ventaja competitiva. La reutilización y el reciclaje de lodos no solo reducen el impacto ambiental, sino que también pueden abrir nuevas líneas de ingresos y reducir costos asociados con la disposición de residuos.

El estudio se centra en la industria cartonera y sus lodos residuales, buscando soluciones específicas para estos desafíos particulares. Sin embargo, las metodologías y conclusiones podrían tener aplicaciones más amplias.

Al identificar las características específicas del lodo, este estudio no sólo proporcionará una base para la industria cartonera, sino también un modelo para otros sectores que buscan entender mejor sus residuos.

A través de experimentos fisicoquímicos, la investigación busca identificar el proceso óptimo para el tratamiento de lodos. Estas técnicas, una vez desarrolladas y probadas, podrían aplicarse o adaptarse para otros tipos de lodos o residuos industriales.

La selección de la mejor alternativa de tratamiento no sólo se basará en la eficacia, sino también en un análisis de costo-beneficio. Esta metodología puede ser un modelo para otras

industrias que buscan equilibrar la eficacia del tratamiento con la viabilidad económica.

Esta investigación sobre la tratabilidad de los lodos de la industria cartonera tiene un significado que va más allá del sector específico. Los desafíos medioambientales que enfrentamos son universales y requieren soluciones innovadoras. A través de estudios como este, la comunidad científica e industrial puede avanzar conjuntamente hacia un futuro más sostenible.

1.3 Delimitación

Geográfica: Guayaquil, Ecuador.

Espacial: Industria cartonera (ambiental).

Temporal: Gestión ambiental, período 2023.

Sectorial: Guayaquil.

Institucionalmente: Responsabilidad social.

1.4 Pregunta de investigación

A continuación, se presenta la pregunta de investigación, a partir del planteamiento del problema y la definición del objetivo general y los objetivos específicos:

- ¿Cómo puede mejorarse el proceso de tratamiento de los lodos generados en la industria cartonera para lograr un aprovechamiento eficiente de estos, cumpliendo con las normativas ambientales y evitando su descarga en rellenos sanitarios?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Diseñar un tratamiento complementario por medio de estudio de tratabilidad para el aprovechamiento de los lodos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar la caracterización de los lodos residuales iniciales del sistema de tratamiento mediante la guía de evaluación para identificar las características del lodo.
- Ejecutar ensayos de tratabilidad mediante procesos fisicoquímico para reconocer el proceso óptimo.
- Seleccionar la mejor alternativa de tratamiento complementario de los lodos residuales mediante una evaluación de costo beneficio para aprovechamiento de estos.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

- ¿Diseñando un tratamiento complementario permitirá el aprovechamiento de los lodos?

1.6.2 Hipótesis específicas

- ¿Elaborando la caracterización los lodos residuales iniciales del sistema de tratamiento permitirá identificar las características del lodo?
- ¿Ejecutando ensayos de tratabilidad permitirá reconocer el proceso óptimo?
- ¿Seleccionando la mejor alternativa de tratamiento complementario de los lodos residuales permitirá el aprovechamiento de estos?

Capítulo II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos Teóricos

2.1.1 Lodos residuales

Desde la perspectiva del marco teórico de la presente tesis sobre la "Tratabilidad de los lodos de una industria cartonera", los lodos residuales se definen como aquel conjunto heterogéneo resultante de los procesos industriales involucrados en la producción de cartón. Estos lodos contienen tanto componentes orgánicos como inorgánicos, y su consistencia puede variar desde semilíquida hasta pastosa, dependiendo de la cantidad de agua presente y de los procesos específicos de la planta industrial (Soliz, 2017).

Existen diversos motivos para la generación de estos lodos en la industria cartonera (Aguirre, 2018):

- **Procesos de Pulpeo:** En la preparación de la pulpa de papel a partir de fibras recicladas o vírgenes, se emplea agua y diversos químicos. Una vez que las fibras se separan, el agua restante que contiene restos de fibras, rellenos, y productos químicos se consolida en lodos.
- **Tratamientos de Aguas Residuales:** Al tratar las aguas residuales generadas en la producción de cartón, se separan sólidos suspendidos y disueltos que, al consolidarse, forman parte del lodo residual.
- **Aditivos y Químicos:** Durante la producción de cartón, se agregan distintos aditivos para mejorar las propiedades del producto final. Estos aditivos, una vez que han cumplido su función, pueden encontrarse en los lodos en forma de residuos.

La importancia de gestionar adecuadamente estos lodos radica en varios factores.

Primero, desde un punto de vista ambiental, su disposición inadecuada puede llevar a la contaminación del suelo, agua subterránea y superficiales, lo que a su vez puede afectar a la fauna y flora locales. Además, al no cumplir con las características químicas estipuladas por la legislación ambiental, las empresas pueden enfrentar sanciones legales y dañar su reputación.

Desde una óptica económica, la incorrecta gestión de los lodos no sólo conlleva posibles sanciones económicas, sino que también representa un desperdicio de recursos. Si se logra tratar y revalorizar estos lodos, podrían obtenerse subproductos útiles para la propia industria o para terceros (Mosquera, 2018).

Los lodos residuales de la industria cartonera son subproductos de sus procesos productivos que contienen una mezcla de componentes orgánicos e inorgánicos. Su adecuada gestión y tratamiento no sólo es esencial desde el punto de vista ambiental y regulatorio, sino que también presenta oportunidades para la recuperación y reutilización de recursos (Cabezas Yáñez, 2019).

2.1.2 Tipos de Lodos de Residuales

Estos lodos, resultantes de los procesos industriales, varían en sus características y composición según el proceso del que provienen (Soediono, 2020):

- **Lodos de Pulpeo:** Producidos durante el proceso de pulpeo, estos lodos se generan cuando se separan las fibras del papel a partir de materiales reciclados o vírgenes. Tienen una alta concentración de fibras no aprovechadas, restos de tintas, rellenos y otros químicos utilizados para facilitar la separación de las fibras.
- **Lodos de Clarificación:** Estos lodos provienen del tratamiento primario de las aguas residuales. Son resultado de la sedimentación de partículas y sólidos suspendidos presentes en el agua utilizada en los procesos productivos.

- **Lodos Biológicos:** Generados en el tratamiento secundario de las aguas residuales. Están compuestos principalmente por microorganismos que se utilizan para descomponer la materia orgánica presente en las aguas residuales.
- **Lodos de Deshidratación:** Son aquellos que resultan de los procesos que buscan reducir el contenido de agua en los lodos, como prensado, centrifugación, entre otros. Aunque la concentración de sólidos es mayor, aún contienen químicos y otros componentes del proceso de producción.
- **Lodos de Lixiviados:** Generados por la interacción del agua con los materiales de desecho, llevando consigo componentes solubles y suspendidos. Estos lodos son particularmente críticos debido a la posible presencia de compuestos tóxicos o contaminantes.
- **Lodos Químicos:** Producidos por la adición de coagulantes y floculantes en el tratamiento de aguas residuales. Estos químicos ayudan a aglomerar y sedimentar partículas, resultando en un lodo con concentración elevada de estos agentes químicos.

Dado el problema de investigación planteado, es crucial comprender las características y composición de cada tipo de lodo. La variabilidad en la composición de estos lodos determina no solo las técnicas y procesos necesarios para su tratamiento sino también las posibles aplicaciones o aprovechamiento posterior. Esta clasificación y comprensión detallada permitirá diseñar un tratamiento complementario eficiente y viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

2.1.3 Lodos Aprovechables

En el contexto de la tesis cuyo enfoque es la "Tratabilidad de los lodos de una industria cartonera", es fundamental identificar qué lodos pueden ser aprovechados y cómo pueden

ser reintegrados de manera productiva o sostenible en diversos procesos o aplicaciones (J. Nápoles, 2021).

- **Lodos Ricos en Fibras:** Estos lodos, originados en el proceso de pulpeo, tienen una alta concentración de fibras no aprovechadas. Estas fibras, una vez recuperadas y procesadas, pueden reincorporarse en la producción de nuevos cartones o en la generación de otros productos de papel reciclado. Además, estas fibras también pueden utilizarse como materia prima en la fabricación de productos de biocompuesto.
- **Lodos Orgánicos:** Derivados principalmente de los lodos biológicos, estos contienen materia orgánica que puede ser degradada en procesos de digestión anaerobia para producir biogás. Este biogás puede ser utilizado como fuente de energía para la planta o vendido como combustible.
- **Lodos con Contenido Mineral:** Estos lodos, ricos en compuestos inorgánicos y minerales, pueden ser tratados y utilizados como aditivos en la fabricación de ladrillos o cerámicas, otorgando propiedades específicas a estos materiales.
- **Lodos Deshidratados:** Luego del proceso de deshidratación, estos lodos reducen significativamente su volumen y peso, lo que facilita su transporte y manejo. Estos lodos pueden ser utilizados como compost o acondicionadores de suelo en la agricultura, siempre y cuando cumplan con los criterios de calidad y no contengan contaminantes.
- **Lodos Ricos en Coagulantes y Floculantes:** Estos pueden ser tratados para recuperar y reutilizar los productos químicos empleados en el proceso, reduciendo así los costos de operación y minimizando el impacto ambiental.

- **Lodos de Lixiviados:** Aunque estos lodos presentan un desafío debido a su potencial contenido tóxico, existen tecnologías avanzadas que permiten tratar y recuperar agua y otros componentes, reduciendo la carga contaminante y permitiendo el reuso del agua en procesos industriales (Nápoles, 2019).

Es esencial destacar que el aprovechamiento de los lodos no solo se centra en la recuperación de materiales o la generación de energía, sino también en la reducción del volumen de lodos que se destina a rellenos sanitarios, lo cual disminuye el impacto ambiental y los costos asociados. La clave radica en identificar las propiedades y características de cada tipo de lodo para determinar su potencial de aprovechamiento y desarrollar procesos adecuados para su tratamiento y reintegración.

2.1.4 Lodos No Aprovechables

Desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, es esencial identificar aquellos lodos que, debido a sus características y composición, no son viables para su reaprovechamiento. Estos lodos no aprovechables representan un reto significativo en términos de gestión y disposición final (Sánchez Proaño, 2021).

1. **Lodos con Contaminantes Orgánicos Persistentes:** Algunos lodos pueden contener compuestos orgánicos que no se degradan fácilmente, como bifenilos policlorados (PCB), pesticidas, o ciertos colorantes y tintas usados en el proceso de impresión del cartón. Estos compuestos pueden ser tóxicos y representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana.

2. **Lodos con Metales Pesados:** El proceso de producción de cartón puede involucrar el uso de productos químicos que contienen metales pesados, como cromo, plomo, mercurio o cadmio. Estos lodos son particularmente difíciles de tratar y, debido a su toxicidad, no son adecuados para aplicaciones como compostaje o uso agrícola.

3. Lodos con pH Extremo: Aquellos lodos con niveles de pH muy alto o muy bajo pueden ser desafiantes de manejar y tratar. Su naturaleza corrosiva o alcalina puede hacer que no sean aptos para su reintegración en procesos productivos sin un tratamiento previo costoso.

4. Lodos con Altos Niveles de Sales: El contenido elevado de sales puede dificultar el proceso de deshidratación de los lodos y hacer que no sean viables para su reaprovechamiento en aplicaciones agrícolas debido al potencial de salinización de los suelos.

5. Lodos con Compuestos Volátiles: Estos lodos pueden emitir compuestos volátiles con olores desagradables o incluso tóxicos, lo que los hace menos deseables para su reutilización y plantea desafíos en términos de control de olores y emisiones.

La identificación y gestión adecuada de lodos no aprovechables es crucial para la industria cartonera. Su incorrecta disposición puede tener consecuencias negativas en el medio ambiente y en la salud pública. Por lo tanto, se vuelve esencial diseñar y desarrollar métodos eficientes para el tratamiento de estos lodos, con el objetivo de reducir su volumen, neutralizar sus componentes peligrosos y asegurar una disposición final segura que cumpla con la normativa ambiental vigente (Castillo, 2020).

2.1.5 Lodos Peligrosos

En el contexto de la industria cartonera, la generación de lodos, si bien es una consecuencia inherente de sus operaciones, puede presentar desafíos significativos cuando estos lodos se categorizan como "peligrosos". Es crucial entender qué constituye un lodo peligroso, qué implica su manejo y cómo puede ser tratado adecuadamente (Castillo, 2020).

1. Definición de Lodos Peligrosos: Los lodos peligrosos se definen generalmente por su toxicidad, capacidad corrosiva, reactividad y otros factores que los hacen potencialmente

dañinos para el medio ambiente y la salud humana. En el caso de la industria cartonera, estos lodos podrían surgir de procesos que involucran químicos tóxicos, solventes, tintas y otros agentes contaminantes.

2. Origen de Lodos Peligrosos en la Industria Cartonera: El proceso de fabricación de cartón puede involucrar tratamientos químicos para blanquear, pulpar y procesar la fibra de celulosa. Estos tratamientos pueden resultar en la generación de lodos contaminados con sustancias tóxicas, metales pesados o compuestos orgánicos volátiles.

3. Riesgos Asociados: La incorrecta disposición de lodos peligrosos puede contaminar fuentes de agua, suelos y aire, causando daños a ecosistemas y representando un riesgo para la salud de las comunidades circundantes. Además, el incumplimiento de la legislación puede resultar en sanciones significativas para la industria.

4. Técnicas de Tratamiento: El tratamiento adecuado de los lodos peligrosos es esencial. Las técnicas incluyen procesos físicos (como la filtración o centrifugación), químicos (como la precipitación o la oxidación) y biológicos (donde microorganismos descomponen contaminantes). La selección de la técnica depende de la naturaleza y composición del lodo.

Una vez tratados, los lodos aún pueden requerir una disposición final cuidadosa. Los lodos tratados podrían ser llevados a un relleno sanitario especializado, incinerados bajo condiciones controladas o, en algunos casos, reciclados en otros procesos industriales. Con el avance de la tecnología y la investigación, surgen constantemente nuevos métodos y soluciones para el tratamiento y la reutilización de lodos peligrosos. En el contexto de esta tesis, es vital explorar las innovaciones más recientes y evaluar su viabilidad en el ámbito de la industria cartonera (Lara, 2021).

Dada la importancia de los lodos peligrosos en la industria cartonera y su impacto potencial en el medio ambiente y la salud pública, este tema merece una atención detallada, identificación y comprensión de las características, orígenes, riesgos y técnicas de tratamiento asociadas a estos lodos, que proporcionará una base sólida para la investigación y el desarrollo de soluciones prácticas y sostenibles.

2.1.6 Tratamiento de los Lodos Residuales

El tratamiento de lodos residuales es un tema crucial en la industria cartonera, principalmente debido a los volúmenes significativos de estos subproductos que se generan y los desafíos asociados con su disposición. Para contextualizar el marco teórico de este problema, es esencial profundizar en la naturaleza de los lodos, las técnicas de tratamiento existentes y las tendencias emergentes en su manejo y reutilización (Vardaro, 2019).

1. Naturaleza de los Lodos Residuales: En la producción de cartón, los lodos se generan principalmente a partir de procesos de pulpa y papel que utilizan agua y una variedad de químicos para descomponer y tratar la celulosa. Estos lodos pueden contener fibras orgánicas, minerales, productos químicos de tratamiento y, en ocasiones, contaminantes.

2. Problemas Asociados con la Disposición Inadecuada: Una disposición incorrecta puede llevar a la contaminación del suelo, aguas subterráneas y superficiales, y puede tener implicaciones en la salud pública y la biodiversidad. Además, el volumen de lodos que se envía al relleno sanitario puede aumentar los costos operativos para las industrias cartoneras.

3. Técnicas Tradicionales de Tratamiento:

- Deshidratación: Proceso que reduce el contenido de agua, generalmente utilizando prensas o centrifugadoras.
- Estabilización: Mediante procesos químicos o biológicos para reducir la

putrefacción.

- Compostaje: Transformación de lodos en compost al facilitar la degradación aeróbica.
- Digestión Anaeróbica: Descomposición biológica en ausencia de oxígeno para reducir el volumen y producir biogás.

4. Avances en Tratamiento de Lodos:

- Pirolisis y Gasificación: Estos procesos térmicos convierten los lodos en biochar, gas y aceite, que pueden ser utilizados como fuentes de energía.
- Tratamientos Electroquímicos: Uso de corriente eléctrica para descomponer contaminantes.
- Uso de Microorganismos Específicos: Introducción de bacterias y hongos específicos para degradar o neutralizar contaminantes específicos presentes en los lodos.

5. Aprovechamiento de Lodos: Con un tratamiento adecuado, los lodos pueden tener aplicaciones útiles:

- Acondicionador de Suelos: El lodo tratado puede mejorar la estructura y fertilidad del suelo.
- Producción de Biogás: Como fuente de energía renovable.
- Materia Prima: En la fabricación de productos como ladrillos o materiales de construcción (Quindigalle y Andrade, 2020).

Dada la problemática de la disposición inadecuada de lodos y los desafíos actuales en la industria cartonera, es evidente la necesidad de un enfoque integrado que aborde tanto la

caracterización como el tratamiento de estos lodos. La investigación en tratabilidad, junto con el diseño de tratamientos complementarios, tiene el potencial de transformar un problema ambiental en una oportunidad de sostenibilidad y eficiencia para la industria.

2.2 Marco referencial

2.2.1 Historia y evolución de la industria cartonera

La industria cartonera en Ecuador ha atravesado una serie de fases evolutivas que no solo reflejan su crecimiento y adaptación a las demandas del mercado, sino también su interacción con el entorno y la necesidad de responder a desafíos medioambientales (Cristancho Aguirre, 2019).

1. Inicios de la Industria Cartonera en Ecuador: Durante las primeras décadas del siglo XX, la demanda de cartón en Ecuador era satisfecha en gran parte por importaciones. Fue a mediados del siglo cuando se empezaron a establecer las primeras fábricas locales, inicialmente de manera artesanal y luego con técnicas más industrializadas, adaptándose a las necesidades del mercado interno (Tonato Soria y Brito, 2021).

2. Auge y Expansión: Con el crecimiento económico de las décadas de 1970 y 1980, la industria cartonera experimentó un notable auge en Ecuador. La demanda de productos envasados y la necesidad de embalaje para exportaciones, impulsaron la producción y diversificación de tipos de cartón.

3. Problemas Ambientales Emergentes: A medida que la producción crecía, también lo hacían los desechos asociados, incluidos los lodos. Inicialmente, estos lodos eran descartados sin un tratamiento adecuado, llevando a problemas de contaminación local. Esto se agravó en áreas donde múltiples fábricas estaban operando en proximidad.

4. Regulación y Conciencia Ambiental: Hacia finales del siglo XX y principios del XXI, se empezaron a establecer regulaciones más estrictas en Ecuador en relación al

tratamiento de residuos industriales, incluidos los lodos de la industria cartonera. Estas regulaciones reflejaban una creciente conciencia ambiental y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles.

5. Innovaciones y Desafíos Actuales: La necesidad de tratar los lodos de manera adecuada ha impulsado la investigación y la adopción de nuevas tecnologías. Sin embargo, como indica la problemática de esta tesis, aún existen brechas y desafíos en garantizar un tratamiento que cumpla con las normativas y que, al mismo tiempo, permita el aprovechamiento de estos residuos.

6. La Relevancia del Estudio Actual: Dado el crecimiento y la importancia de la industria cartonera en Ecuador, la tratabilidad de sus lodos no es solo una cuestión técnica sino también socioeconómica. Un tratamiento eficiente no solo minimizará el impacto ambiental, sino que también puede abrir puertas a nuevos usos y aplicaciones para estos lodos, generando potenciales beneficios económicos y reduciendo la dependencia de los rellenos sanitarios.

La historia de la industria cartonera en Ecuador está intrínsecamente ligada a sus prácticas ambientales y desafíos. Esta tesis se inserta en un contexto donde la sostenibilidad y la eficiencia son cruciales, y busca brindar soluciones tangibles a un problema de larga data, pero con un potencial innovador para el futuro.

2.2.2 Procesos productivos y sus impactos ambientales.

La industria cartonera en Ecuador, al igual que en muchos otros países, se ha desarrollado a través de diversas fases productivas y tecnológicas. Estos procesos, a pesar de ser esenciales para satisfacer las demandas comerciales y de consumo, vienen con una serie de impactos ambientales, siendo la generación de lodos uno de los más significativos (Paulín-Larracochea y Carrillo-Pacheco, 2021).

1. Procesos Productivos de la Industria Cartonera:

a) Pulpeo: Es el proceso donde el papel reciclado o la pulpa de madera se descompone en fibras individuales en presencia de agua y químicos. Esta etapa genera una gran cantidad de agua residual y lodos.

b) Blanqueo: Para obtener un papel o cartón de color más claro, es necesario blanquear las fibras. Esto se logra utilizando químicos como el cloro, lo que resulta en la generación de compuestos orgánicos clorados en los lodos y efluentes.

c) Formación de la hoja: Aquí, la pulpa blanqueada se dispersa en agua y se drena en tamices para formar hojas de papel o cartón. El agua residual generada está cargada de fibras y químicos.

d) Prensado y secado: Las hojas se presan y secan, eliminando más agua y, por ende, generando más efluentes líquidos.

e) Acabado: Según el tipo de papel o cartón deseado, se pueden aplicar diversos tratamientos de superficie, lo que puede resultar en más generación de residuos.

2. Impactos Ambientales:

a) Generación de Lodos: Como se puede deducir de los procesos anteriormente descritos, la industria cartonera produce grandes cantidades de lodos, que si no se tratan adecuadamente, pueden tener un impacto ambiental negativo.

b) Contaminación del Agua: Los efluentes líquidos, si se descargan sin tratamiento, pueden contaminar cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y la salud humana.

c) Emisión de Compuestos Orgánicos Clorados: Durante el proceso de blanqueo, pueden generarse compuestos dañinos que tienen efectos tóxicos y pueden persistir en el medio ambiente.

d) Uso Intensivo de Agua: La producción de papel y cartón requiere grandes cantidades de agua, lo que puede resultar en problemas de escasez en regiones donde este recurso es limitado.

3. Conexión con el Estudio Actual:

Los lodos generados en la industria cartonera, al contener una mezcla de fibras orgánicas, químicos y otros contaminantes, representan un desafío particular para su tratamiento y disposición. La tesis propuesta aborda precisamente esta problemática, buscando soluciones óptimas para el tratamiento y aprovechamiento de estos lodos, evitando así los impactos ambientales negativos y buscando formas de convertir estos residuos en recursos (Rodríguez-Guerra y Martínez, 2020).

La industria cartonera, esencial para la economía ecuatoriana, viene con responsabilidades medioambientales intrínsecas. La necesidad de abordar estos impactos es imperativa, no solo desde una perspectiva regulatoria, sino también desde una perspectiva de sostenibilidad y responsabilidad social corporativa. Esta tesis se posiciona en el epicentro de estos desafíos, buscando soluciones innovadoras para uno de los problemas más persistentes de la industria: el tratamiento y aprovechamiento de lodos.

2.2.3 Características y composición de los lodos en la industria cartonera

Dentro del marco productivo de la industria cartonera, el tratamiento y manejo de los lodos es una problemática que se presenta con regularidad, principalmente debido a su compleja composición y las dificultades asociadas a su tratamiento y disposición final. Estos lodos, subproductos de los diferentes procesos involucrados en la producción de cartón, llevan consigo una serie de características que se deben entender profundamente para idear tratamientos efectivos (Benjamín Luna, 2019).

1. Composición de los Lodos:

a) Fibras Orgánicas: El componente principal de los lodos generados en la industria cartonera es la fibra de celulosa, que proviene de la pulpa de madera o papel reciclado.

b) Componentes Inorgánicos: Estos incluyen rellenos y pigmentos, como caolín, carbonato de calcio y talco, que se agregan al papel para mejorar sus propiedades.

c) Compuestos Químicos: Derivados principalmente del proceso de pulpeo y blanqueo, estos compuestos pueden incluir restos de productos químicos como cloratos, sulfitos y otros compuestos orgánicos clorados.

d) Agua: A pesar de ser sometidos a procesos de deshidratación, los lodos suelen tener un alto contenido de agua.

2. Características de los Lodos:

a) Consistencia: Los lodos de la industria cartonera suelen ser semi-sólidos, con una consistencia pastosa debido al alto contenido de agua.

b) pH: Dependiendo del proceso y los químicos utilizados, el pH puede variar, pero generalmente se inclina hacia la acidez debido a los procesos de pulpeo y blanqueo.

c) Potencial de Biodegradabilidad: Al tener una alta proporción de fibras orgánicas, estos lodos tienen un potencial de biodegradabilidad, aunque la presencia de compuestos químicos puede afectar este proceso.

d) Toxicidad: La presencia de compuestos orgánicos clorados y otros químicos puede conferir cierta toxicidad a los lodos, lo que plantea problemas en su disposición y posible reutilización.

3. Relevancia para la Investigación:

La caracterización detallada de los lodos es crucial para el diseño y selección de tratamientos adecuados. Sin un conocimiento profundo de su composición y características, sería

imposible identificar las tecnologías más adecuadas para su tratamiento y aprovechamiento. En este sentido, la tesis propuesta se alinea perfectamente con la necesidad de una caracterización exhaustiva para idear soluciones efectivas (Granada Aguirre, Luis Felipe Orejuela Gómez y Álvarez Castro, 2020).

La generación de lodos en la industria cartonera es una consecuencia inevitable de los procesos productivos. La clave está en entender a profundidad su composición y características para idear tratamientos que no solo cumplan con la legislación ambiental, sino que también permitan su reutilización de manera sostenible. El entendimiento de estas características es el primer paso en la dirección correcta hacia soluciones innovadoras y sostenibles para la industria cartonera en Ecuador.

2.2.4 Proceso de generación de lodos en la industria.

La industria cartonera es esencial en la economía y el sector productivo de Ecuador. Sin embargo, uno de sus subproductos, los lodos, se ha convertido en una preocupación ambiental debido a las dificultades asociadas con su tratamiento y disposición final. Para entender este problema en profundidad, es esencial conocer cómo se generan estos lodos en el proceso de producción de cartón (Alzate Tejada y Tobon Mejia, 2020).

1. Proceso de Pulpeo:

El primer paso en la producción de cartón es el pulpeo, donde la madera o el papel reciclado se descompone en fibras individuales. Esta acción, generalmente facilitada por productos químicos, genera una suspensión de fibras en agua. Durante este proceso, se separan las impurezas y se generan lodos como resultado.

2. Proceso de Blanqueo:

Para obtener un papel de calidad, las fibras son sometidas a un proceso de blanqueo. Aquí, se utilizan sustancias químicas para eliminar los colores y mejorar la blancura del papel. Los

residuos de este proceso, incluyendo los compuestos orgánicos clorados, se acumulan y forman parte del lodo.

3. Adición de Rellenos y Pigmentos:

Para mejorar las propiedades del papel, se agregan rellenos como caolín o carbonato de calcio. Estos rellenos, aunque en su mayoría se integran al papel, también pueden generar residuos que se añaden al lodo.

4. Procesos de Depuración y Limpieza:

Para asegurar la calidad del papel, las suspensiones de fibras pasan por procesos de depuración y limpieza. Estos procesos eliminan impurezas y contaminantes, que se agregan al lodo.

5. Tratamiento de Aguas Residuales:

El agua utilizada en los procesos mencionados se trata antes de ser liberada al ambiente o reutilizada. Durante este tratamiento, los sólidos suspendidos y otros contaminantes se separan, contribuyendo a la generación de lodos.

El conocimiento detallado sobre cómo se generan los lodos es fundamental para idear soluciones de tratamiento adecuadas. El objetivo principal de esta investigación es diseñar un tratamiento complementario que permita un mayor aprovechamiento de estos lodos. Sin embargo, para alcanzar este objetivo, es crucial comprender en detalle cada etapa del proceso de producción de cartón y cómo contribuye a la generación de lodos (Atienza y Barba, 2021).

La generación de lodos es una consecuencia inevitable de los procesos productivos en la industria cartonera. La investigación propuesta se centra en identificar y analizar estas fases y, sobre todo, en idear soluciones para el tratamiento y reutilización de los lodos, atendiendo a su composición y características específicas. La comprensión de la generación de lodos es

un paso crítico hacia la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes para la industria cartonera en Ecuador.

2.2.5 Composición química y física típica de los lodos.

Desde una perspectiva ambiental, la gestión de lodos generados por la industria cartonera en Ecuador es crucial. La falta de un adecuado tratamiento y la disposición final inadecuada tienen repercusiones tanto en la salud pública como en el medio ambiente. Para abordar este problema desde la base, es esencial comprender la composición química y física de estos lodos (Roncancio-Lozano, 2015).

Composición Física:

Partículas Sólidas: Estas representan el contenido inorgánico y orgánico presente en los lodos. Su tamaño, forma y densidad varían según el proceso específico y las materias primas utilizadas.

Agua: La industria cartonera, por la naturaleza de sus procesos, genera lodos con un alto contenido de agua. Esta agua puede contener solutos disueltos y puede requerir tratamientos específicos antes de su reutilización o disposición.

Composición Química:

Fibras de Celulosa: Son residuos de la madera o papel reciclado que no se han descompuesto adecuadamente en el proceso de pulpeo.

Rellenos y Pigmentos: Tales como caolín, talco, carbonato de calcio y dióxido de titanio que se utilizan para mejorar las características del papel.

Compuestos Orgánicos: Resultado de los procesos de pulpeo y blanqueo, como lignina y sus derivados, resinas, grasas, entre otros.

Productos Químicos: Estos pueden incluir agentes blanqueadores como cloro y sus

derivados, ácidos y bases utilizados en el proceso de pulpeo y otros aditivos.

Metales Pesados: Estos pueden originarse a partir de materias primas contaminadas, maquinaria de procesamiento o aditivos específicos. Incluyen metales como el plomo, cadmio, mercurio, y otros que pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Compuestos Inorgánicos: Tales como sulfatos, cloruros y carbonatos, que pueden estar presentes debido a la naturaleza de los químicos utilizados o como contaminantes.

Relevancia para la Investigación:

Para abordar el problema planteado en la tesis, es fundamental comprender la composición de los lodos generados. Esta comprensión permite diseñar estrategias de tratamiento específicas y eficientes, que puedan convertir un desecho en un recurso o, al menos, reducir su impacto en el medio ambiente y la salud pública.

Con la caracterización adecuada de estos lodos, será posible identificar los métodos óptimos para su tratamiento. Esta información es vital para desarrollar procesos de tratabilidad que cumplan con las normativas ambientales ecuatorianas y que, al mismo tiempo, sean económicamente viables para la industria cartonera.

Los lodos generados en la industria cartonera son complejos, tanto en su composición física como química. Para diseñar un tratamiento adecuado que permita su aprovechamiento o disposición final de manera sostenible, es esencial comprender en profundidad esta composición. Solo así se podrán enfrentar los retos ambientales y de salud pública que estos desechos representan para Ecuador.

2.2.6 Impactos ambientales de la disposición inadecuada.

La disposición incorrecta de los lodos generados por la industria cartonera en Ecuador no es solo un problema técnico, sino también una amenaza ambiental. La compleja composición

química y física de estos lodos, cuando no se manejan adecuadamente, puede generar impactos ambientales significativos. A continuación, se describen los posibles impactos (Zamora Jiménez, 2017):

1. Contaminación del Suelo: Los compuestos químicos, especialmente los metales pesados, presentes en los lodos pueden ser absorbidos por el suelo. Esto no solo afecta la calidad del suelo, dificultando su uso para actividades como la agricultura, sino que también puede alterar los ecosistemas terrestres.

2. Contaminación del Agua: Si los lodos llegan a cuerpos de agua, ya sea por lixiviados o por descargas directas, pueden provocar graves problemas. Los productos químicos y los metales pesados presentes en los lodos pueden afectar la calidad del agua, lo que pone en peligro la vida acuática y la salud de las comunidades que dependen de estos cuerpos de agua.

3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero: El desglose anaeróbico de materia orgánica en los lodos puede producir metano, un potente gas de efecto invernadero. Si los lodos se almacenan o se disponen incorrectamente, esta emisión puede contribuir al cambio climático.

4. Problemas de Salud Pública: La disposición inadecuada puede ser una fuente de patógenos y sustancias tóxicas que pueden infiltrarse en fuentes de agua potable o entrar en contacto con poblaciones cercanas, provocando enfermedades y otros problemas de salud.

5. Pérdida de Biodiversidad: Los ecosistemas afectados por la contaminación de lodos pueden ver una disminución en la biodiversidad, ya que algunas especies pueden no sobrevivir en condiciones alteradas.

6. Impactos Estéticos y Sociales: Áreas contaminadas con lodos pueden resultar en la degradación del paisaje, lo que puede tener impactos negativos en el valor de la propiedad

y en el bienestar general de las comunidades cercanas.

En el Contexto de la Investigación: Dado el objetivo de la tesis, entender estos impactos es crucial. La adecuada caracterización de los lodos, seguida de ensayos de tratabilidad, es fundamental para diseñar tratamientos que mitiguen estos impactos. Además, evaluar las opciones de tratamiento desde una perspectiva de costo-beneficio permitirá no solo identificar las soluciones más eficientes en términos técnicos, sino también aquellas que ofrecen mayores beneficios ambientales.

La industria cartonera, al ser una actividad económica relevante en Ecuador, tiene la responsabilidad de gestionar adecuadamente sus residuos. En el caso de los lodos, el desafío es grande debido a su compleja composición. Sin embargo, con una investigación adecuada y el diseño de tratamientos eficientes, es posible minimizar los impactos ambientales y contribuir a un desarrollo sostenible.

2.2.7 Técnicas Tradicionales de Tratamiento de Lodos en la Industria Cartonera

En la industria cartonera, el proceso de fabricación involucra diversas etapas que generan lodos como subproducto, principalmente en las fases de pulpa y de blanqueo del papel. Estos lodos, si no son tratados adecuadamente, representan un problema ambiental. En Ecuador, como en muchas partes del mundo, se han utilizado diversas técnicas tradicionales para el tratamiento de estos lodos (Cabezas Yáñez, 2019).

1. **Deshidratación Mecánica:** Es una de las técnicas más utilizadas. Consiste en eliminar el agua contenida en los lodos por medios físicos como centrifugación, filtración o prensado. Los filtros prensa y las centrifugas son equipos comunes para esta tarea.

2. **Espesamiento por Gravedad:** Los lodos se depositan en tanques o lagunas donde, gracias a la gravedad, las partículas más pesadas se asientan en el fondo. El agua sobrenadante se retira y el lodo espesado puede ser sometido a otros tratamientos o

disposiciones.

3. Secado al Sol: Es una técnica simple y económica. Los lodos se extienden en áreas designadas donde el sol y el viento favorecen la evaporación del agua contenida.

4. Estabilización Biológica: Los lodos se someten a procesos anaerobios o aerobios, en los que microorganismos descomponen la materia orgánica contenida, reduciendo su volumen y generando biogás que puede ser aprovechado como fuente energética.

5. Incineración: Aunque no es la opción más ecológica, es una técnica que ha sido empleada en el pasado. Los lodos se queman a altas temperaturas, reduciendo su volumen y generando cenizas que deben ser tratadas o dispuestas adecuadamente.

6. Disposición en Rellenos Sanitarios: Los lodos, después de ser tratados o sin tratamiento, son llevados a rellenos sanitarios. Esta opción, aunque práctica, no es la más sostenible, ya que ocupa espacio y puede generar lixiviados contaminantes.

En el contexto de la investigación: es esencial comprender que aunque estas técnicas tradicionales han sido empleadas por años, su eficiencia y viabilidad pueden no ser adecuadas según la legislación ambiental actual de Ecuador y las tendencias globales hacia prácticas más sostenibles. Dentro del marco de la tesis, la caracterización inicial de los lodos permitirá identificar cuál de estas técnicas ha sido más prevalente y cuáles son sus limitaciones. A partir de esta base, la investigación podrá proponer tratamientos complementarios que no solo se adhieran a la normativa, sino que también busquen el aprovechamiento del lodo, convirtiéndolo de un residuo a un recurso.

2.2.8 Técnica de tratamiento de lodos en la industria con alcohol.

El uso de alcohol en el tratamiento de lodos es una técnica que ha ganado interés debido a su potencial para mejorar la eficiencia de deshidratación y estabilización. En la industria cartonera, esta técnica podría ser particularmente relevante dadas las características

específicas de los lodos producidos (Soediono, 2020).

1. Fundamentos del Uso de Alcohol en el Tratamiento de Lodos:

El alcohol tiene la capacidad de romper la estructura capilar del agua en el lodo, lo que facilita la liberación de agua y mejora la deshidratación. Además, el alcohol puede alterar las propiedades fisicoquímicas de los lodos, facilitando su estabilización y minimizando la producción de gases indeseables durante el tratamiento.

2. Aplicaciones en la Industria Cartonera:

Deshidratación Mejorada: La adición de alcohol a los lodos puede acelerar y mejorar la eficiencia del proceso de deshidratación, reduciendo el tiempo y energía necesarios.

Estabilización: El alcohol puede ayudar a minimizar la actividad microbiana en el lodo, reduciendo la producción de gases y olores, lo que puede ser particularmente útil en lodos de la industria cartonera con alto contenido orgánico.

3. Consideraciones Ambientales y Normativas:

Si bien el uso de alcohol presenta ventajas en el tratamiento de lodos, es crucial considerar las implicaciones ambientales. La volatilización del alcohol puede generar emisiones que necesiten ser controladas. Además, los residuos de alcohol en el lodo tratado pueden tener implicaciones en su disposición final, en especial si no cumplen con las normativas ambientales ecuatorianas.

Desde la perspectiva del marco teórico de la tesis, es esencial investigar cómo la adición de alcohol podría influir en las características fisicoquímicas de los lodos cartoneros y si estos cambios permiten un mejor cumplimiento de la legislación ambiental. Se requerirán ensayos detallados de tratabilidad, teniendo en cuenta la composición específica de los lodos de la industria cartonera en Ecuador. La eficiencia del proceso y las implicaciones económicas de

la incorporación de alcohol también serán cruciales para la evaluación de costo-beneficio propuesta en los objetivos.

La técnica de tratamiento de lodos con alcohol ofrece una prometedora alternativa para mejorar la tratabilidad de los lodos en la industria cartonera. Sin embargo, su implementación debe ser cuidadosamente estudiada, considerando las características específicas de los lodos en Ecuador, las normativas ambientales vigentes y la viabilidad económica.

2.2.9 Costos asociados y viabilidad económica.

Dentro del ámbito de la industria cartonera en Ecuador, el uso de alcohol como técnica para el tratamiento de lodos representa una innovadora aproximación para mejorar su tratabilidad. Sin embargo, para justificar su aplicación es crucial realizar un análisis detallado de los costos asociados y evaluar su viabilidad económica (Sánchez Proaño, 2021).

1. Costos Directos:

Adquisición del Alcohol: Dependerá del tipo y calidad del alcohol usado. En el mercado ecuatoriano, se debe investigar la disponibilidad y precio del alcohol apto para este tratamiento.

Equipos de Aplicación y Dosificación: La incorporación del alcohol requiere sistemas de dosificación precisos y posiblemente la adaptación de los equipos existentes o la compra de nuevos.

Mano de Obra: La formación y capacitación de personal en esta nueva técnica puede incurrir en gastos adicionales.

Monitoreo y Control: Las mediciones constantes para asegurar la eficiencia del proceso y la correcta dosificación del alcohol generan costos operativos.

2. Costos Indirectos:

Gestión de Emisiones: El alcohol puede volatilizarse, lo que requiere sistemas de control de emisiones.

Disposición Final: Si quedan residuos de alcohol en el lodo tratado, esto puede afectar su disposición. Se podría incurrir en gastos adicionales para garantizar una disposición adecuada.

Costos Regulatorios: Cumplir con las normativas ambientales ecuatorianas podría requerir permisos, pruebas y certificaciones adicionales.

3. Beneficios y Ahorros Potenciales:

Reducción en la Disposición al Relleno Sanitario: Mejorar la tratabilidad puede resultar en lodos con menor volumen o más adecuados para otras aplicaciones, reduciendo los costos de disposición.

Ahorros en Tratamientos Complementarios: La eficiente deshidratación y estabilización mediante alcohol podría reducir la necesidad de otros tratamientos más costosos.

La técnica de tratamiento de lodos con alcohol en la industria cartonera tiene el potencial de mejorar la tratabilidad de los lodos y reducir costos a largo plazo. Sin embargo, para llegar a una decisión informada, es imperativo realizar un profundo análisis económico que evalúe todas las variables asociadas, garantizando así que la técnica no solo sea eficaz desde el punto de vista técnico sino también viable económicamente en el contexto ecuatoriano.

2.2.10 Casos de éxito en otras industrias.

El tratamiento de lodos es una problemática que afecta a muchas industrias a nivel global. Sin embargo, a lo largo de los años, varias industrias han logrado desarrollar y adaptar técnicas exitosas para tratar y aprovechar los lodos que generan. A continuación, se

presentan algunos casos de éxito que podrían servir como referencia en la industria cartonera de Ecuador (Pita Ojeda y Montañez Bonilla, 2019).

- **Industria Cervecera:**

En Europa, varias cervecerías han logrado aprovechar los lodos resultantes de sus procesos de fermentación. Mediante procesos de digestión anaeróbica, transforman estos residuos en biogás, que posteriormente es utilizado como fuente de energía para sus operaciones. Este proceso no solo reduce la cantidad de lodo que debe ser dispuesto, sino que también genera un retorno económico al producir energía.

- **Industria Textil:**

El tratamiento de lodos mediante procesos de electrocoagulación ha demostrado ser eficiente en la industria textil, especialmente en Asia. Este proceso permite separar los contaminantes del agua, facilitando su posterior tratamiento y reutilización dentro de la misma industria.

- **Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:**

En Estados Unidos, algunas plantas de tratamiento han optado por técnicas de secado térmico para los lodos. A través de este proceso, el lodo se seca y se reduce su volumen considerablemente, facilitando su disposición o uso en aplicaciones como la agricultura.

- **Industria Papelera:**

Similar a la industria cartonera, la industria papelera también genera grandes cantidades de lodos. En países nórdicos, han adoptado procesos de gasificación para convertir estos lodos en energía, reduciendo la necesidad de

disposición y contribuyendo a la sostenibilidad energética de las plantas.

Dada la naturaleza de la problemática en la industria cartonera en Ecuador, es crucial observar y aprender de los casos de éxito en otras industrias. Estos ejemplos demuestran que, mediante la inversión en tecnología y la adaptación de técnicas de tratamiento, es posible no solo solucionar problemas ambientales, sino también encontrar oportunidades económicas.

Para la industria cartonera en Ecuador, la clave está en adaptar y personalizar estas soluciones a su contexto específico, teniendo en cuenta las características únicas de los lodos que genera y las normativas locales. Con un diseño adecuado y una implementación estratégica, es posible lograr que los lodos dejen de ser un desecho y se conviertan en una oportunidad para la sostenibilidad y el crecimiento económico de la industria.

2.3 Fundamentación legal

2.3.1 Bases legales

La fundamentación legal es una parte esencial de cualquier estudio de investigación, ya que proporciona el marco jurídico en el cual se inscribe el tema en cuestión. En el caso de la "Tratabilidad de los lodos de una industria cartonera", el marco legal será particularmente relevante dada la importancia del cumplimiento de las normativas ambientales (Rodríguez-Guerra y Martínez, 2020).

1. Constitución del Ecuador: El artículo 14 de la Constitución del Ecuador reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Así mismo, establece la obligación del Estado y las personas naturales y jurídicas de respetar y promover esos derechos.

2. Ley Orgánica del Ambiente: Esta ley tiene por objeto establecer las bases para la gestión ambiental, que incluye la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país. En ella, se abordan las responsabilidades de las

empresas respecto a los residuos que producen.

3. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): El Libro VI del TULSMA aborda la gestión y manejo de residuos sólidos y líquidos. Aquí, se establecen parámetros y límites máximos permisibles de ciertas sustancias en los lodos, así como los procedimientos y tratamientos requeridos antes de su disposición final.

4. Normativa específica sobre lodos: Existen diferentes normas y regulaciones que tratan sobre la caracterización, tratamiento y disposición de lodos, especialmente aquellos resultantes de procesos industriales. Estas normativas establecen parámetros como pH, contenido de metales pesados, entre otros, que deben ser cumplidos para considerar a un lodo como apto para disposición o reutilización.

5. Normas ISO relacionadas: Existen normas internacionales, como algunas bajo el paraguas de ISO, que tratan sobre gestión ambiental y podrían ser relevantes en la caracterización y tratamiento de lodos, especialmente si la industria busca certificaciones internacionales.

La legislación ambiental en Ecuador y las normas internacionales hacen énfasis en la gestión responsable de residuos, incluidos los lodos. El incumplimiento de estas normativas no solo puede resultar en sanciones económicas, sino que también puede afectar la reputación y operatividad de la empresa en cuestión.

Para la industria cartonera, es fundamental tener un profundo conocimiento de estos marcos legales, y adaptar sus procesos a fin de cumplir con las regulaciones y, aún más, contribuir activamente a la conservación del ambiente. Esta investigación, centrada en mejorar la tratabilidad de los lodos, está, por lo tanto, alineada con una necesidad tanto legal como ética de la industria.

2.3.2 Normativas ambientales ecuatorianas relacionadas

El manejo adecuado de los lodos generados por la industria cartonera en Ecuador es esencial para la protección ambiental y para el cumplimiento con la legislación vigente en el país. A continuación, se presentan las normativas más relevantes en este contexto (Tamayo, 2018):

1. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA):

En el Libro VI del TULSMA, se establecen las directrices sobre el manejo de residuos sólidos y líquidos en Ecuador. Aquí, se detallan parámetros de calidad que deben ser respetados antes de la disposición final de lodos, asegurando que no haya una liberación perjudicial de sustancias al medio ambiente.

2. Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación por Residuos Industriales:

Este reglamento determina las medidas de control y prevención de contaminación que las industrias deben adoptar para el manejo de residuos industriales, incluyendo lodos.

3. Reglamento para la Gestión Ambiental de Aguas Residuales:

Es relevante porque los procesos de tratamiento de lodos pueden generar aguas residuales. Este reglamento establece las condiciones bajo las cuales las aguas residuales pueden ser tratadas y descargadas.

4. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Derivada de Actividades Industriales con Impacto Ambiental Significativo:

Enfoca en industrias que generan impactos ambientales significativos, y dentro de sus disposiciones, se establecen protocolos específicos para el tratamiento y disposición de lodos industriales.

5. Normativas Locales:

Dependiendo de la ubicación geográfica de la industria cartonera, pueden existir ordenanzas municipales o provinciales que establezcan requerimientos adicionales en el manejo y disposición de lodos.

6. Normativas relacionadas con rellenos sanitarios:

Estas normativas detallan las características que deben tener los residuos antes de ser aceptados en un relleno sanitario, incluyendo parámetros físicos y químicos que deben ser cumplidos por los lodos.

El marco normativo en Ecuador ofrece una base sólida para garantizar que los lodos generados por la industria cartonera sean tratados de manera que se minimice su impacto en el ambiente. El cumplimiento de estas normativas, además de ser una obligación legal, representa una oportunidad para las empresas cartoneras de mejorar sus procesos, reducir su huella ambiental y reforzar su compromiso con la sostenibilidad. La investigación propuesta apunta a encontrar soluciones viables y eficientes que permitan el mejor manejo y aprovechamiento de estos lodos en consonancia con la normativa ecuatoriana.

Capítulo III

3. MARCO METODOLÓGICO

La metodología empleada para la elaboración de un estudio de tratabilidad de los lodos de una industria cartonera se aplicará una investigación tipo experimental, la unidad de análisis será en el área de una industria cartonera en la ciudad de Guayaquil. La técnica mediante la cual se recolectarán los datos será a través de experimentos con los lodos en el laboratorio y las evaluaciones se realizarán en el laboratorio de las instalaciones de la universidad politécnica salesiana campus María Auxiliadora de la ciudad de Guayaquil.

3.1 Diseño de la investigación

Se escogió el tipo de investigación experimental. La investigación experimental es uno de los pilares del método científico y se caracteriza por su capacidad para establecer relaciones de causalidad entre variables. Es un enfoque metodológico que se basa en la manipulación de variables independientes para observar su efecto en variables dependientes, mientras se mantienen constantes otras variables que podrían influir en los resultados. En el marco de la investigación sobre la tratabilidad de lodos en la industria cartonera, hay razones clave para elegir un enfoque experimental, las cuales se expondrán a continuación (Sapti, 2019):

1. Control de Variables: Al tratar con sistemas complejos como los lodos industriales, es crucial poder controlar y aislar variables para determinar efectos específicos. Por ejemplo, para entender cómo diferentes tratamientos afectan las características químicas de los lodos, se necesita un enfoque experimental donde se pueda controlar y ajustar factores como la temperatura, el pH, y las concentraciones de determinados reactivos.

2. Establecimiento de Causalidad: La investigación experimental nos permite ir más allá de simplemente identificar correlaciones. Mediante la manipulación activa de una o varias variables, se pueden establecer relaciones de causalidad directa. Esto es esencial para

determinar, por ejemplo, si un método de tratamiento específico es la causa directa de una mejora en la calidad de los lodos.

3. Replicabilidad: Una característica esencial del método experimental es la capacidad de replicar el estudio en diferentes condiciones o momentos. Al tener procedimientos claros y controlados, otros investigadores podrán verificar y validar los hallazgos, lo cual es crucial en la ciencia aplicada a la ingeniería ambiental.

4. Flexibilidad en Pruebas: La investigación experimental ofrece la posibilidad de realizar ensayos iterativos, donde los resultados de una prueba pueden informar y adaptar las condiciones de las siguientes. Esto es particularmente valioso al tratar con sistemas tan variables como los lodos industriales, permitiendo optimizar procesos en función de resultados previos.

5. Validación de Hipótesis: Dadas las hipótesis planteadas en el estudio, la metodología experimental es la más adecuada para validar o refutar dichas afirmaciones. Por ejemplo, al diseñar un tratamiento complementario y aplicarlo experimentalmente, se podrá confirmar o negar directamente si este permite el aprovechamiento de los lodos.

6. Alineación con Objetivos Específicos: Los objetivos planteados, como la caracterización de lodos y la ejecución de ensayos de tratabilidad, demandan un enfoque práctico y manipulativo que la investigación experimental ofrece por excelencia.

Bajo esa mirada, dada la naturaleza del problema de estudio y los objetivos propuestos, la investigación experimental emerge como el enfoque metodológico más adecuado. No solo proporciona las herramientas necesarias para abordar de manera directa y controlada las variables en juego, sino que además asegura un alto grado de precisión y validez en los resultados obtenidos, cimentando así las bases para soluciones efectivas y sostenibles en el tratamiento y aprovechamiento de lodos en la industria cartonera.

3.1.1 Técnica a utilizar

La técnica de recolección de datos a través de experimentos en laboratorio es una herramienta esencial en estudios de ingeniería ambiental que buscan solucionar problemas complejos. En el contexto de la investigación sobre la tratabilidad de lodos de la industria cartonera, la elección de esta técnica es acertada por diversas razones (Calizaya, 2020):

- **Control de Variables:** Los laboratorios ofrecen un entorno controlado, donde se pueden manipular, aislar y estudiar variables específicas. Esto es especialmente importante cuando se trata de lodos industriales, donde la composición y las características pueden variar ampliamente. En el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana Campus María Auxiliadora, se podrán realizar ensayos bajo condiciones estandarizadas, asegurando la consistencia y la replicabilidad de los experimentos.
- **Caracterización Precisa:** Una de las primeras etapas del estudio es la caracterización de los lodos residuales iniciales. Al realizar estos análisis en el laboratorio, se pueden emplear instrumentos avanzados y técnicas específicas que permiten obtener un perfil detallado sobre la composición y características fisicoquímicas de los lodos.
- **Validación de Procesos:** Los ensayos de tratabilidad permiten validar en tiempo real los procesos de tratamiento propuestos. Por ejemplo, se pueden realizar experimentos para determinar la eficacia de diferentes agentes químicos o métodos fisicoquímicos en la mejora de las características de los lodos. Esta información es crucial para refinar y optimizar los métodos de tratamiento.
- **Evaluación de Costo-Beneficio:** Al realizar experimentos en el laboratorio,

es posible recolectar datos no solo sobre la eficacia del tratamiento, sino también sobre los costos asociados. Estos datos serán esenciales al momento de realizar una evaluación de costo-beneficio y determinar la viabilidad económica de las diferentes alternativas de tratamiento.

- **Respaldo Institucional:** Realizar las evaluaciones en el laboratorio de una institución reconocida como la Universidad Politécnica Salesiana añade un grado de credibilidad y confianza a los resultados obtenidos. Además, este respaldo institucional permite acceder a recursos, expertos y equipos de vanguardia que pueden enriquecer el estudio.
- **Confrontación de Hipótesis:** La naturaleza experimental y controlada de los ensayos en laboratorio permite una confrontación directa de las hipótesis planteadas. A través de los resultados, será posible confirmar o refutar las hipótesis generales y específicas, fundamentando así las conclusiones del estudio.

La técnica de recolección de datos mediante experimentos en laboratorio es una herramienta esencial en el marco metodológico de esta investigación. Su capacidad para proporcionar datos precisos, replicables y confiables será fundamental para alcanzar los objetivos propuestos y ofrecer soluciones efectivas al problema de tratabilidad de lodos en la industria cartonera.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de estudio hace referencia al conjunto total de elementos o unidades de análisis que cumplen con un conjunto específico de características y que son de interés para la investigación. En este caso, la población estaría constituida por todos los lodos generados en

la industria cartonera durante un periodo de tiempo determinado. Estos lodos, con sus variadas características fisicoquímicas, representan el universo completo de elementos que el investigador desea estudiar (Hernández, 2016).

3.2.2 Muestra

La muestra es un subconjunto de la población que se selecciona para ser estudiado, con el fin de hacer inferencias o predicciones sobre la totalidad de la población. Dada la impracticabilidad de analizar todos y cada uno de los lodos producidos por la industria cartonera, es necesario tomar una muestra representativa.

Para determinar la muestra en este estudio, se deben considerar los siguientes pasos:

- Definir los criterios de inclusión y exclusión: Esto podría basarse en características específicas de los lodos, como su origen dentro de la industria, el proceso que los generó, entre otros.
- Determinar el tamaño de la muestra: Esto dependerá de los recursos disponibles, el tiempo, el equipo y las instalaciones del laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana Campus María Auxiliadora. También puede ser influenciado por el nivel de precisión que se quiera alcanzar en la investigación.
- Método de muestreo: Hay diferentes técnicas de muestreo que se pueden aplicar. Por ejemplo, si se considera que los lodos generados en diferentes momentos o por diferentes procesos tienen características distintas, se podría optar por un muestreo estratificado. Si no hay una variabilidad evidente o predecible, un muestreo aleatorio simple podría ser suficiente.
- Recolección de la muestra: Esto implica cómo, cuándo y dónde se tomarán

las muestras de lodo para el análisis en el laboratorio. Es fundamental asegurar que las muestras sean manejadas y almacenadas adecuadamente para conservar sus propiedades hasta el momento de su análisis.

Para esta investigación, la muestra seleccionada debería ser lo suficientemente grande y diversa como para ofrecer una representación válida de los lodos generados por la industria cartonera. Además, las muestras deben ser manejadas con cuidado y analizadas utilizando métodos estandarizados y validados para asegurar la calidad y la reproducibilidad de los resultados.

Aplicando un muestreo no probabilístico por conveniencia; la población corresponde a todos los lodos generados por la industria cartonera en un periodo determinado, mientras que la muestra corresponde a una unidad de análisis que corresponde a un área de una industria cartonera en la ciudad de Guayaquil.

3.3 Variables

A continuación, se identifican las variables de investigación:

3.3.1 Variables Independientes

- Tipo de tratamiento complementario: Se refiere al conjunto de técnicas y métodos aplicados al lodo para mejorar su tratabilidad.
- Proceso fisicoquímico utilizado: Las diferentes técnicas fisicoquímicas aplicadas en los ensayos de tratabilidad pueden variar en eficacia, por lo que cada una puede considerarse una variable independiente.
- Costo de implementación: Es el gasto asociado con la implementación de cada tratamiento complementario probado.

3.3.2 Variables Dependientes

- Características químicas del lodo tratado: Estas características determinan si el lodo cumple o no con las normativas ambientales al ser llevado al relleno sanitario.
- Eficiencia del proceso de tratabilidad: Se refiere a cuán efectivo es un método en particular en tratar y mejorar las propiedades del lodo.
- Beneficios del aprovechamiento del lodo tratado: Una vez tratado, el lodo podría tener potencial de ser usado de diferentes formas, cada una con su propio conjunto de beneficios.

3.4 Recogida de datos y protocolos

Definición de Instrumentos y Protocolos de Recogida:

- Fichas de Caracterización: Diseño de una ficha estructurada para recopilar información sobre las características iniciales del lodo, incluyendo propiedades físicas y químicas.
- Protocolo de Muestreo: Establecer una metodología estándar para recolectar muestras del lodo de manera que sean representativas y puedan ser comparables entre sí.

Recolección de Muestras:

- Obtención de Lodos: Se recogerán muestras directamente de la industria cartonera, preferentemente en diferentes puntos del proceso y en diferentes momentos para garantizar diversidad y representatividad.
- Transporte y Almacenamiento: Las muestras serán transportadas al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana Campus María

Auxiliadora de Guayaquil siguiendo protocolos que aseguren su integridad y eviten su degradación o alteración.

Caracterización Inicial:

- **Análisis Físicoquímicos:** Usando equipos y técnicas estandarizadas, se evaluarán las características físicoquímicas de las muestras, incluyendo, pero no limitado a, pH, conductividad, contenido de materia orgánica, y cualquier otro parámetro relevante.
- **Registro en Fichas:** La información obtenida se registrará en las fichas de caracterización.

Ejecución de Ensayos de Tratabilidad:

- **Preparación de Muestras:** Basándose en las características iniciales, las muestras se dividirán y prepararán según los diferentes tratamientos físicoquímicos a ensayar.
- **Aplicación de Tratamientos:** Siguiendo protocolos predefinidos, se aplicarán diferentes técnicas de tratamiento complementario a las muestras.
- **Monitoreo y Registro:** A lo largo del proceso, se realizarán registros periódicos sobre cómo evolucionan las características del lodo bajo cada tratamiento.

Evaluación de Resultados:

- **Comparativa Post-Tratamiento:** Una vez concluido el tratamiento, se realizarán nuevamente análisis físicoquímicos para determinar la eficacia de cada método.
- **Registro de Datos:** Los resultados obtenidos se registrarán y se organizarán

en una base de datos para facilitar su análisis posterior.

El proceso de recogida de datos es esencial para garantizar la validez y confiabilidad de la investigación. Por ello, es crucial ser meticuloso y seguir rigurosamente cada paso, garantizando así la calidad y precisión de los resultados obtenidos.

3.5 Materiales y procesos

Los procesos que se utilizarán para la tratabilidad de los lodos serán:

- Filtración
- Evaporación
- Secado
- Mezclado

Las pruebas de calidad a realizar a los lodos serán:

- Humedad
- Dureza
- Temperatura
- Resistencia
- Durabilidad

Los equipos para utilizar para los experimentos corresponden:

- Vasos de Precipitación
- Soporte Universal
- Papel filtro

Reactivos

- Alcohol Etílico
- Solventes orgánicos

Equipos

- Balanza
- Potenciómetro

Sustancias Catalogadas sujetas a fiscalización

- Ácido Sulfúrico concentrado

Capítulo IV

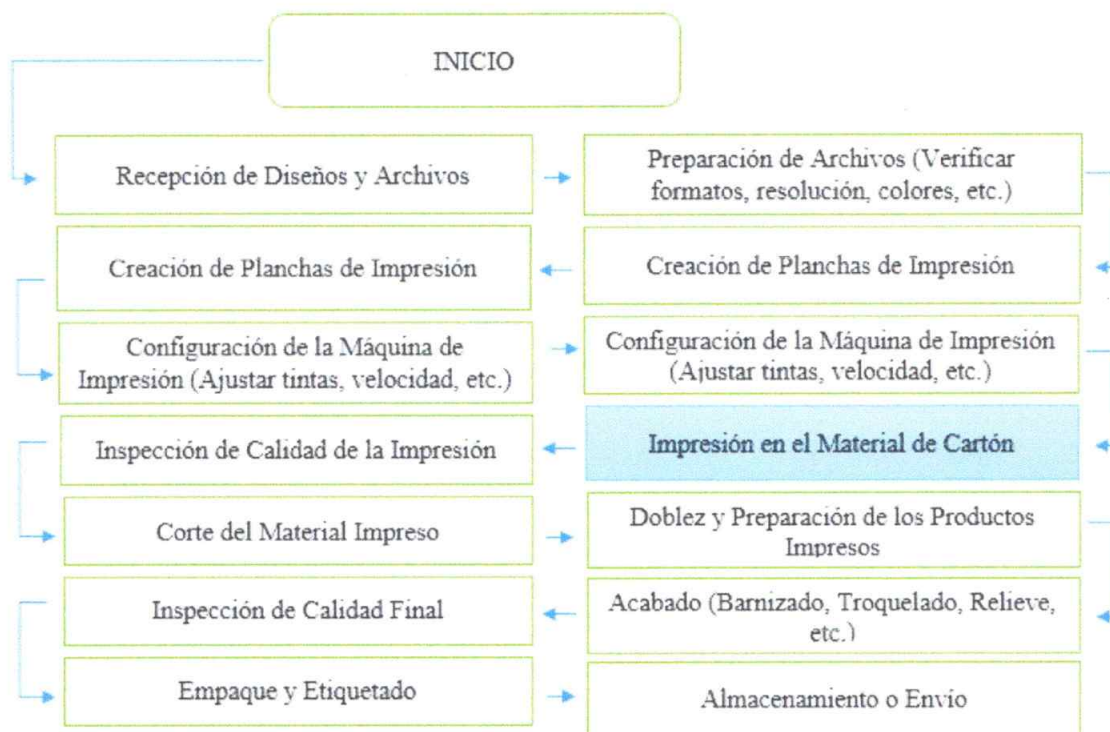
4. RESULTADOS

En este capítulo se reflejan los resultados alcanzados de la investigación elaborada en el proyecto de Tratabilidad de los lodos provenientes de las aguas residuales industriales de las actividades de imprenta de una industria cartonera ubicada en la ciudad de Guayaquil.

4.1 Diagrama de Flujo del proceso de la imprenta de una industria cartonera

En esta figura se observa el diagrama de flujo del proceso de la imprenta, obtenidos en la observación realizada en las instalaciones de la industria cartonera

Ilustración 1. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Elaborada por el autor.

4.2 Descripción de las actividades generadoras de los lodos.

En la empresa cartonera, las actividades generadoras de lodos están relacionadas con el

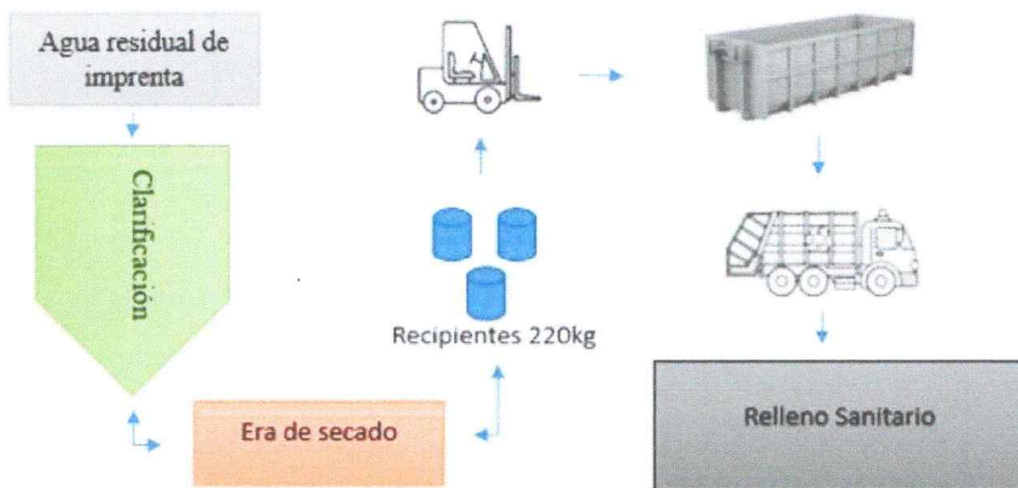
proceso de impresión en el cartón, cuando se cambia el formato, es necesario realizar una limpieza general en los reservorios de las tintas que presentan diferentes colores, así como también se debe limpiar la máquina impresora. Esta limpieza se realiza con agua, generando aguas residuales contaminadas con tinta. Estas aguas residuales industriales de la imprenta pasan a la unidad de tratamiento a un proceso de clarificación, en donde se sedimentan, generándose los lodos.

El lodo que proviene de la planta de tratamiento residual llega a una era de secado en donde por evaporación natural es eliminada el agua hasta los valores determinados por la autoridad municipal, una vez que se reduce la cantidad de humedad el lodo es almacenado en recipientes azules metálicos de 220 Kilogramos y son trasladados hasta el contenedor de almacenamiento temporal hasta ser entregado al carro recolector de residuos de la empresa de aseo urbano y trasladados hasta el relleno sanitario de la ciudad de Guayaquil.

4.3 Diagrama del flujo del manejo de los lodos en la industria cartonera.

En esta figura se observa el diagrama de flujo del manejo de lodos. Tomado a partir de datos de la industria cartonera

Figura 1. Diagrama de flujo del manejo de lodos



Fuente: Elaborada por el autor.

4.4 Determinación de la cantidad de lodos generados

Para realizar determinación de la cantidad de lodos generados en la industria cartonera se realizaron un control diario durante 7 meses determinando la cantidad de lodo producido, así como también la fracción del mismo en el agua de tinta. Los resultados son expresados en las siguientes tablas:

Tabla 1. Producción de lodos

PRODUCCION DE LODOS				
ORIGEN: ESTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - ENERO -2023				
FECHA	Nº	AGUA TINTA	LODO TINTA	FRACCION DE LODO
02 al 08	1	25,8	3,2	0,12
09 al 15	2	26,5	9	0,34
16 al 22	3	42,6	8,5	0,20
23 al 29	4	46,8	14	0,30
30 al 31	5	15,9	3	0,19
TOTAL (m3)		157,6	37,7	0,24
PROMEDIO:		31,52	7,54	0,23
VALOR MÁXIMO		46,8	14	0,34
VALOR MÍNIMO		15,9	3	0,12

Nota: En esta tabla se observa la producción de lodos. Tomado a partir de datos de la industria cartonera. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Producción de lodos

PRODUCCION DE LODOS				
ORIGEN: ESTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - FEBRERO -2023				
FECHA	Nº	AGUA TINTA	LODO TINTA	FRACCION DE LODO
01 al 05	1	29	5,4	0,19
06 al 12	2	36	7,2	0,20
13 al 19	3	25,7	6	0,23
20 al 26	4	32,9	12	0,36
27 al 38	5	15,9	4	0,25
TOTAL (m3)		139,5	34,6	0,25
PROMEDIO:		27,9	6,92	0,25
VALOR MÁXIMO		36	12	0,36
VALOR MÍNIMO		15,9	4	0,19

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 3. Producción de lodos

PRODUCCION DE LODOS				
ORIGEN: ESTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - MARZO -2023				
FECHA	Nº	AGUA TINTA	LODO TINTA	FRACCION DE LODO
01 al 05	1	25	5	0,20
06 al 12	2	26,7	6	0,22
13 al 19	3	28	8,8	0,31
20 al 26	4	27,7	3	0,11
27 al 31	5	17,6	7	0,40
TOTAL (m3)		125	29,8	0,24
PROMEDIO:		25	5,96	0,25
VALOR MÁXIMO		28	8,8	0,40
VALOR MÍNIMO		17,6	3	0,11

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4. Producción de lodos

PRODUCCION DE LODOS				
ORIGEN: ESTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - ABRIL -2023				
FECHA	Nº	AGUA TINTA	LODO TINTA	FRACCION DE LODO
01 al 02	1	32	2	0,06
03 al 09	2	28	4,6	0,16
10 al 16	3	48	7	0,15
17 al 23	4	32	3,5	0,11
24 al 30	5	28	5	0,18
TOTAL (m3)		168	22,1	0,13
PROMEDIO:		33,6	4,42	0,13
VALOR MÁXIMO		48	7	0,18
VALOR MÍNIMO		28	2	0,06

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 5. Producción de lodos

PRODUCCION DE LODOS				
ORIGEN: ESTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - MAYO -2023				
FECHA	N°	AGUA TINTA	LODO TINTA	FRACCION DE LODO
01 al 07	1	27	4	0,15
08 al 14	2	36	6,7	0,19
15 al 21	3	40	2,5	0,06
22 al 28	4	20	3,6	0,18
29 al 31	5	32	6	0,19
TOTAL (m3)		155	22,8	0,15
PROMEDIO:		31	4,56	0,15
VALOR MÁXIMO		40	6,7	0,19
VALOR MÍNIMO		20	2,5	0,06

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 6. Producción de lodos

PRODUCCION DE LODOS				
ORIGEN: ESTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - JUNIO -2023				
FECHA	N°	AGUA TINTA	LODO TINTA	FRACCION DE LODO
01 al 04	1	28	7	0,25
05 al 11	2	20	3,4	0,17
12 al 18	3	31	5	0,16
19 al 25	4	36	4	0,11
26 al 30	5	34	4	0,12
TOTAL (m3)		149	23,4	0,16
PROMEDIO:		29,8	4,68	0,16
VALOR MÁXIMO		36	7	0,25
VALOR MÍNIMO		20	3,4	0,11

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 7. Producción de lodos

PRODUCCION DE LODOS				
ORIGEN: ESTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - JULIO -2023				
FECHA	N°	AGUA TINTA	LODO TINTA	FRACCION DE LODO
01 al 03	1	32	6	0,19
04 al 10	2	28	2,4	0,09
11 al 17	3	31	3,5	0,11
18 al 24	4	26	6	0,23
25 al 31	5	30	4	0,13
TOTAL (m3)		147	21,9	0,15
PROMEDIO:		29,4	4,38	0,15
VALOR MÁXIMO		32	6	0,23
VALOR MÍNIMO		26	2,4	0,09

Fuente: Elaborada por el autor.

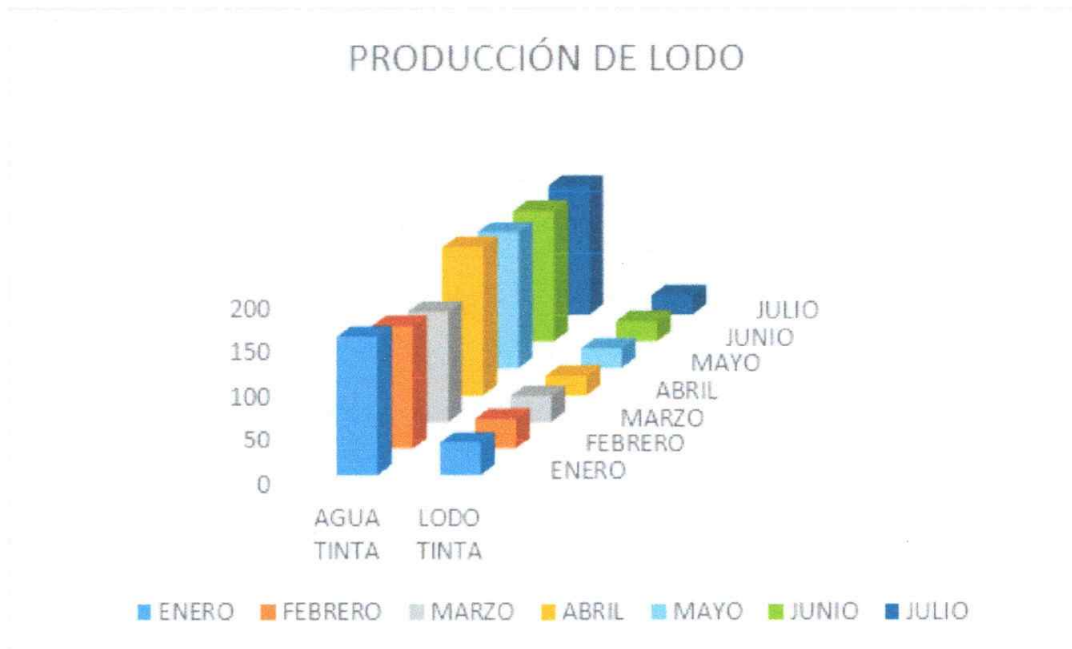
Tabla 8. Producción de lodos (Agua tinta, lodo tinta)

MESES	AGUA TINTA	LODO TINTA
ENERO	157,6	37,7
FEBRERO	139,5	34,6
MARZO	125	29,8
ABRIL	168	22,1
MAYO	155	22,8
JUNIO	149	23,4
JULIO	147	21,9

Fuente: Elaborada por el autor.

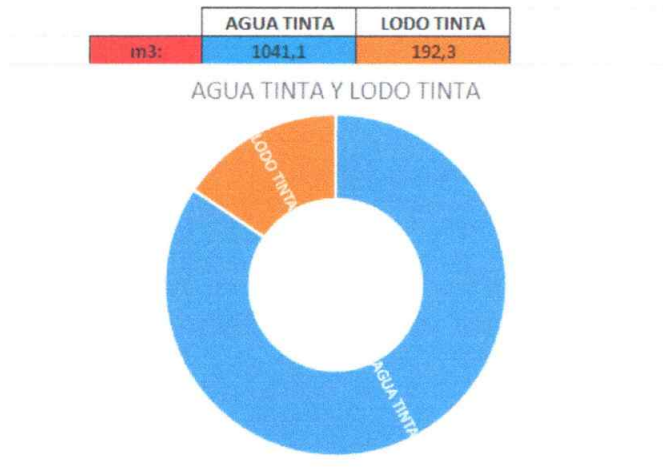
En esta ilustración se observa la producción de lodos. Tomado a partir de datos de la industria cartonera.

Ilustración 2. Producción de lodos



Fuente: Elaborada por el autor.

Ilustración 3. Producción de lodos.



Fuente: Elaborada por el autor.

4.5 Resultados de Caracterización de los lodos

En esta tabla se observa los resultados de análisis de lodos. Tomado a partir de datos de la industria cartonera.

Tabla 9. Parámetros en extracción acuosa

Tabla 1. PARAMETROS EN EXTRACCIÓN ACUOSA				
RESULTADOS ANÁLISIS DE LODOS				
Parámetros	Unidades	Resultados	Limite máximo permisible	Método de análisis
Potencial de Hidrogeno	U Ph	7,4	>2 <12,5	
Velocidad de Corrosion	mm/ año	No corrosivo	6,35	NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005,

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 10. Parámetros en extracción (reactividad)

Tabla 2. REACTIVIDAD				
RESULTADOS ANÁLISIS DE LODOS				
Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible	Método de análisis
Reaccion con Acido (Reactividad)	....	No reacciona	No reacciona	NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.
Reaccion con Agua (Reactividad)	....	No reacciona	No reacciona	
Reaccion con Alkali (Reactividad)	....	No reacciona	No reacciona	
Reaccion de H ₂ S (Reactividad)	mg Kg	No reacciona	500 H ₂ S	
Reaccion de HCN (Reactividad)	mg Kg	No reacciona	250 HCN	

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 11. Parámetros en extracción (inflamabilidad)

Tabla 3. INFLAMABILIDAD				
RESULTADOS ANÁLISIS DE LODOS				
Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible	Método de análisis
Punto de inflamacion si es liquido (Inflamabilidad)	°C	No inflamable	>60	NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 12. Parámetros en extracción (toxicidad)

Metales en Lixiviados	Tabla 4. TOXICIDAD			
RESULTADOS ANÁLISIS DE LODOS				
Parámetros	Unidades	Resultados	Limite máximo permisible	Método de análisis
Arsénico	mg/l	0,006	5	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Bario	mg/l	0,28	100	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Cadmio	mg/l	0,003	1	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Mercurio	mg/l	0,001	0,2	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Niquel	mg/l	0,02	5	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Plata	mg/l	0,004	5	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Plomo	mg/l	0,007	5	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Selenio	mg/l	0,02	1	EPA 60220 B/MM-AG/S-39
Cromo Hexavalente	mg/l	0,06	5	EPA 60220 B/MM-AG/S-38

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 13. Parámetros en extracción (pesticidas organoclorados)

Tabla 6. PESTICIDAS ORGANOCOLORADOS				
RESULTADOS ANÁLISIS DE LODOS				
Parámetros	Unidades	Resultados	Limite máximo permisible	Método de análisis
a-BHC	mg/l	0,0004	0,13	EPA 8270 D/MM-AG/S/EG-27
a-Chlordane	mg/l	0,0004	0,03	EPA 8270 D/MM-AG/S/EG-28
b-BCH	mg/l	0,0003	0,13	EPA 8270 D/MM-AG/S/EG-29
d-BHC	mg/l	0,0005	0,13	EPA 8270 D/MM-AG/S/EG-30
Endrin	mg/l	0,0004	0,02	EPA 8270 D/MM-AG/S/EG-31

Fuente: Elaborada por el autor.

4.6 Descripción de las pruebas de tratabilidad

4.6.1 Recolección de Lodos

Se realizó la toma de muestra de lodo en la industria cartonera ubicada en la ciudad de Guayaquil, observando todas las normas de monitoreos y muestreos establecidas en la norma técnica del Inen 2176:2013, primera revisión, seleccionando una muestra compuesta significativa que representó a los lodos que se generan en la industria cartonera.

Figura 2. Recolección de lodos



Fuente: Elaborado por el autor.

4.6.2 Separación Inicial (Eliminación de sólidos grandes y objetos no deseados)

Son residuos gruesos y son separados mediante filtros metálicos ya que el lodo que genera la industria cartonera no tiene ningún sólido, pero se realiza filtración ya que existen personas mal intencionadas que al no llegar o encontrar un tacho de desecho cerca lanzan los objetos en la era de secado.

Figura 3. Separación inicial



Fuente: Elaborada por el autor.

4.6.3 Desaguado de Lodos (Eliminación de agua para obtener lodos secos)

Se eliminó el agua de los lodos mediante una era de secado, en la cual el agua es eliminada mediante evaporación, lo que permitió reducir de manera considerable el volumen de los lodos.

Figura 4. Desaguado de lodos



Fuente: Elaborada por el autor.

4.6.4 Pretratamiento dilución en Agua, Alcohol, Cal y Ningún compuesto

Se realizó varias pruebas y métodos para obtener los resultados más económicos.

Figura 5. Pretratamiento



Fuente: Elaborada por el autor.

Figura 6. Pretratamiento



Fuente: Elaborada por el autor.

4.6.5 Pruebas de uso como elemento de pintura tipo acuarela.

Se procedió a realizar la prueba del resultado obtenido en el tratamiento de lodo de la industria cartonera con excelente resultado.

Figura 7. Pruebas de uso



Fuente: Elaborada por el autor

4.6.6 Evaluación de la prueba.

Del lodo de la industria cartonera se obtuvo un excelente tratamiento de la misma lo cual se pudo realizar acuarela y se procedió a realizar la prueba en papel para verificar el tiempo de secado, contextura y calidad.

4.7 Diagrama de flujo de la propuesta de tratabilidad

Figura 8. Diagrama de flujo



Fuente: Elaborada por el autor.

4.8 Resultados alcanzados en la tratabilidad de los lodos

El proceso de tratamiento de los lodos ha sido altamente exitoso, al aplicarlo tanto sobre el papel como en la cartulina, el tiempo de duración experimentado hasta la fecha es de cuatro meses y continua impecable el documento. El producto elaborado ha sido utilizado de manera beneficiosa como logramos apreciar en la figura 9

Figura 9. Resultado



Fuente: Elaborada por el autor

4.9 Plan Financiero

Este método tiene como fin detallar todas las proyecciones económicas del plan de negocio para estudiar su viabilidad:

4.9.1 Terrenos y obras civiles

Tabla 14. Terrenos y obras civiles

TERRENOS Y OBRAS CIVILES			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
		metros cuadrados	
Terreno	10	300	3.000,00
Área de Operacion	40	300	12.000,00
Techado área	35	300	10.500,00
Instalación de puntos eléctricos	30	6	180,00
TOTAL			25.680,00

Fuente: Elaborada por el autor

4.9.2 Maquinarias, mobiliarios y equipos

Tabla 15. Maquinarias, mobiliarios y equipos

MAQUINARIAS, MOBILIARIOS Y EQUIPOS			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Envasadora	32.000,00	1	32.000,00
Máquina etiquetadora	13.000,00	1	13.000,00
Tuberías	2.500,00	1	2.500,00
Tanques plásticos azules de 55 Kg	93,48	10	934,80
Escritorios	250,00	2	500,00
Sillas giratorias	120,00	2	240,00
Sillas Plásticas	15,00	1	15,00
Repisas	110,00	1	110,00
Anaqueles (aereos)	43,00	2	86,00
Computadores completas	1.100,00	2	2.200,00
Teléfonos	100,00	1	100,00
Dispensador de agua	150,00	1	150,00
Acondicionador de aire de 10000 BTU	750,00	1	750,00
Impresora	358,00	1	358,00
TOTAL			52.943,80

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.3 Inversión fija inicial

Los requerimientos para la inversión inicial son de \$78.623,80 que serán acreditado por un ente crediticio.

Tabla 16 Inversión fija

INVERSION FIJA TOTAL		
CONCEPTO	VALOR	%
TERRENOS Y OBRAS CIVILES	25.680,00	32,66
MAQUINARIAS, MOBILIARIOS Y EQUIPOS	52.943,80	67,34
OTROS ACTIVOS	0,00	0,00
TOTAL	78.623,80	100,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.4 Materiales directos

Los costos de los materiales son requeridos para el proceso de manejo y envases de la tempera.

Tabla 17 Materiales directos

MATERIALES DIRECTOS			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Envase plástico	0,15	768.000,00	115.200,00
Etiquetas	0,04	768.000,00	30.720,00
Cajas de cartón	0,04	32.000,00	1.280,00
Preservante	12,3	1.000,00	12.300,00
Alcohol	0,40	1.000,00	400,00
TOTAL			159.900,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.5 Costo mano de obra directa

Aquí se muestra el sueldo anual del supervisor encargado y operadores.

Tabla 18 Mano de obra directa

MANO DE OBRA DIRECTA			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Empleados	12.000,00	1	12.000,00
Operarios	7.000,00	3	21.000,00
TOTAL			33.000,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.6 Costo directos de producción

En esta tabla se muestra el valor de consumo de los servicios que generaría el proyecto en neto producción.

Tabla 19 Costos directos de producción

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Mantenimiento	100,00	12	1.200,00
Energía	100,00	12	1.200,00
Servicios	50,00	12	600,00
TOTAL			3.000,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.7 Costo indirecto de producción

Valores representativo anual de personal de seguridad durante el año.

Tabla 20 Costos indirectos de producción

COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION			
DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Guardián	7.000,00	1	7.000,00
Contratista	0,00	0	0,00
TOTAL			7.000,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.8 Costo totales de producción

Sumatoria del consumo de productos, mantenimiento y de personal del proyecto.

Tabla 21 Costos totales de producción

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION		
CONCEPTO	VALOR	%
MATERIALES DIRECTOS	159.900,00	78,81
LABOR DIRECTA	33.000,00	16,26
COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION	3.000,00	1,48
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION	7.000,00	3,45
TOTAL	202.900,00	100,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.9 Gastos generales y administrativos

Aquí están el presupuesto anual de las personas encargadas al manejo del proyecto.

Tabla 22 Gastos generales y administrativos

GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
9.1 PERSONAL ADMINISTRATIVO				
CARGO	NUMERO	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL	TOTAL ANUAL
Administrador	0	1.200,00	14.400,00	0,00
Coordinador	0	1.100,00	13.200,00	0,00
	TOTAL	2.300,00	27.600,00	0,00

TOTAL DE GASTOS ADMINISTRATIVOS Y GENERALES 67.200,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.10 Gastos generales

En esta tabla representa el valor anual del consumo de recurso.

Tabla 23. Gastos generales

GASTOS GENERALES		
CARGO	PROMEDIO MENSUAL	ESTIMADO ANUAL
Energía eléctrica y agua	500	6.000,00
Materiales de oficina	500	6.000,00
	TOTAL	12.000,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.11 Gasto de venta

En esta tabla hay valores que representa el gasto de la publicidad.

Tabla 24. Gastos de venta

GASTOS DE VENTA		
CARGO	PROMEDIO MENSUAL	ESTIMADO ANUAL
Publicidad	1.500,00	18.000,00
TOTAL		18.000,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.12 Costos totales

Tabla 25. Costos totales

COSTOS TOTALES		
CONCEPTO	VALOR	%
COSTO TOTAL DE PRODUCCION	202.900,00	87,12
GASTOS ADMINISTRATIVOS GENERALES	12.000,00	5,15
GASTOS DE VENTAS	18.000,00	7,73
TOTAL	232.900,00	100,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.13 Ventas proyectadas primer año

Tabla 26. Ventas proyectadas

VENTAS PROYECTADAS PARA EL PRIMER AÑO			
PRODUCTO	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	VALOR
Temperas de 250 ml	1,00	768000	768.000,00
			0,00
			0,00
TOTAL			768.000,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.14 Capital de trabajo

Tabla 27. Capital de trabajo

CAPITAL DE TRABAJO		
CONCEPTO	VALOR	%
MATERIALES DIRECTOS	159.900,00	74,41
LABOR DIRECTA	33.000,00	15,36
COSTO DIRECTO DE PRODUCCION	3.000,00	1,40
COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION	7.000,00	3,26
GASTOS ADMINISTRATIVOS	12.000,00	5,58
TOTAL	214.900,00	100,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.15 Clasificación de los costos

Tabla 28. Clasificación de costos

CLASIFICACION DE LOS COSTOS			
RUBRO	TOTAL	FIJO	VARIABLE
MATERIALES DIRECTOS	159.900,00		159.900,00
LABOR DIRECTA	33.000,00	33.000,00	
COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION	3.000,00	3.000,00	
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION	7.000,00	7.000,00	
GASTOS ADMINISTRATIVOS	12.000,00	1.200,00	
GASTOS DE VENTA	18.000,00		18.000,00
TOTAL GASTOS	232.900,00	44.200,00	177.900,00

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.16 Presupuestos de utilidades primer año

Tabla 29. Presupuesto de utilidades proyectadas

PRESUPUESTO DE UTILIDADES PROYECTADAS AL PRIMER AÑO	
CONCEPTO	VALOR
VENTAS PROYECTADAS	768.000,00
COSTOS TOTALES DE PRODUCCION	202.900,00
BENEFICIO BRUTO EN VENTAS	565.100,00
GASTOS DE VENTAS	18.000,00
BENEFICIO NETO EN VENTAS	547.100,00
GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS	12.000,00
BENEFICIO NETO EN OPERACIONES	535.100,00
BENEFICIO ANTES DE LA PARTICIPACION	535.100,00
15 % DE PARTICIPACION DE UTILIDADES	80.265,00
BENEFICIO DESPUES DE LA PARTICIPACION	454.835,00
25 % DE IMPUESTO A LA RENTA	113.708,75
UTILIDAD NETA	341.126,25

Fuente: Elaborada por el autor.

4.9.17 Análisis de la propuesta

La propuesta alternativa presentada para el manejo de lodos en la producción de tempera en la industria cartonera es una alternativa viable para proteger el ambiente en virtud que estos residuos ya no se depositarían en el relleno sanitario y pueden ser manejados en un futuro no muy lejano como un proyecto de inversión con una muy buena rentabilidad como se observa en el cuadro de presupuesto de utilidades, además que el retorno de la inversión sería menor a un año.

5. CONCLUSIONES

En el estudio se realizó la valoración de los lodos residuales, determinando que el potencial de hidrógeno obtenido, presentó un valor de 7.4, lo que indica una característica neutra. No presenta corrosividad, no es reactivo, no es inflamable, no es considerado tóxico, el valor de los pesticidas se encuentra por debajo de lo establecida en la norma legal y todos los parámetros de toxicidad evaluados se encuentran por debajo de los límites permisibles.

Una vez realizados los ensayos de tratabilidad se determinó que el proceso óptimo fue el realizado con alcohol etílico, lo cual fue puesto a prueba en láminas de papel y cartulina.

La evaluación económica de la producción de temperas fue realizada mediante un plan financiero que determino que el proyecto es viable y que el retorno de la inversión es en el primer año

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se realice una evaluación permanente de todos los parámetros de calidad de lodos residuales para preservar la seguridad de los usuarios.

Es aconsejable realizar la tratabilidad con el alcohol etílico, incluyendo el reactivo para la preservación y estimar el tiempo de vida útil.

Es conveniente identificar inversionistas para poder ejecutar el proyecto en virtud que es viable financieramente y el retorno de la inversión es en el primer año, además que representaría una disminución de residuos en el relleno sanitario.

En el proceso que involucra la caracterización de los lodos residual iniciando, la ejecución de ensayos en la tratabilidad utilizando procesos fisicoquímicos y seleccionando la mejor alternativa de tratamiento evaluando costo y beneficio.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, F., Amaya, G., Torres, F., y Marchevsky, N. (2018). Procesos de destrucción de complejos cianurados. *Unsl, 1*.
- Alzate Tejada, A. M., y Tobon Mejia, O. L. (2020). Proyecto Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembre en Colombia. *Centro Nacional de Producción Más Limpia*.
- Atienza Sahuquillo, C., y Barba Sánchez, V. (2021). Gestión ambiental en la industria: implantación y validación de un modelo de autocontrol. *Criterio Libre, 9(15)*.
<https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2011v9n15.1204>
- Benjamín Luna, D. (2019). Huella de carbono, una herramienta de gestión ambiental en la industria de las bebidas. *Repositorio Institucional USC*.
- Cabezas Yáñez, L. Y. (2019). Diseño de un Sistema de Tratamiento de Lodos Provenientes de EPMAPA - Santo Domingo. In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*.
- Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V., y Calderón, E. (2017). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity, 3(1)*.
<https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1328247>
- Calizaya, J. M. (2020). Algunas ideas de investigación científica. *Minerva, 1(3)*.
<https://doi.org/10.47460/minerva.v1i3.15>
- Castillo, E. F., Salcedo, A., y Moreno, Y. (2020). Evaluación de un sistema biológico a escala piloto laboratorio para la remoción de materia orgánica del lixiviado del relleno sanitario de Bucaramanga (Santander), Colombia. *ResearchGate, 1(December)*.
- Cristancho Aguirre, F. A. C. A. (2019). Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de las líneas del proceso en la Planta de Lácteos Paraíso del cantón Salcedo. In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*.

- Granada Aguirre, Luis Felipe Orejuela Gómez, D., y Álvarez Castro, N. (2020). Indicadores de gestión ambiental de la industria manufacturera en el corredor vial Cali - Yumbo. *Entramado*, 2(1).
- Hernández Sampieri, R. Fernández Collao, C. (2016). Libro Metodología de la investigación SAMPIERI. In Mc Graw Hill (Ed.), *Metodología de la investigación*. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Lara, J., Torres, A., y Baquero, A. (2021). Estudio de tratabilidad de las aguas residuales en Bogotá con lodos activados: Aspectos de monitoreo en continuo, caracterización detallada, modelación y simulación del proceso. In *Julio 10*.
- Mosquera, E. (2018). *Diseño de un sistemas de tratamiento de Lixiviados para la celda emergente de Residuos Sólidos del Municipio de Pastaza*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Nápoles, Á. J., Rodríguez, P. S., Santiago, B. L., y Ábalos, R. A. (2019). Disminución del extracto orgánico total en suelos contaminados con hidrocarburos. *Tecnología Química*, N° 3.
- Nápoles, J., Rodríguez, S., Liuber, S. y, y Ábalos, A. (2021). Disminución del extracto orgánico total en suelos contaminados con hidrocarburos Total organic extract decrease in contaminated soil of hydrocarbons. *Tecnología Química Versión ISSN 2224-6185. RTQ, vol.35*.
- Oviedo-Quiñonez, R. B., Defranc-Balanzategui, P. O., y Otero-Gorotiza, T. V. (2018). Seguridad y salud laboral: una revisión en el contexto actual, a propósito de la nueva ISO 45.001. *Dominio de Las Ciencias*, 4(2). <https://doi.org/10.23857/dc.v4i2.823>
- Paulín-Larracochea, J. J., y Carrillo-Pacheco, M. A. (2021). Gestión ambiental en la

- industria queretana de autopartes. *Revista Estudiantil Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 10(17). <https://doi.org/10.18504/r11710-003-2021>
- Pita Ojeda, M. A., y Montañez Bonilla, N. A. (2019). Propuesta metodológica para la integración de un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001:2015 en el sistema de gestión de la calidad de una universidad con modalidad abierta y a distancia en Colombia. *SIGNOS - Investigación En Sistemas de Gestión*, 12(1). <https://doi.org/10.15332/24631140.5426>
- Quindigalle Quindigalle, M. F., y Andrade, M. (2020). Diseño de un Sistema de tratamiento de aguas residuales en el Caserío el Topo, parroquia Río Negro, cantón Baños de Agua Santa. In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*.
- Rodríguez-Guerra, A., y Martínez, F. S. (2020). Responsabilidad social y gestión ambiental del agua, solución en la industria de lácteos de Ecuador. *Revista Alfa*, 4(12). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i12.85>
- Roncancio-Lozano, M. A., Castro-Martin, J. A., y Rivera-Basto, A. (2015). Análisis comparativo de las normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007, para su aplicación integral en procesos de construcción para empresas de Ingeniería Civil. *Respuestas*, 20(1). <https://doi.org/10.22463/0122820x.263>
- Sánchez Proaño, R. G. (2021). Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Mediante Lodos Activados para la Comunidad de Pesillo, Parroquia Olmedo. In *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*.
- Sapti, M. (2019). RESUMEN DEL LIBRO “METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA”, HERNANDEZ SAMPIERI ROBERTO. *Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi)*, 53(9). https://doi.org/https://eduvirtual.cuc.edu.co/moodle/pluginfile.php/584429/mod_resou

rce/content/1/RESUMEN%20DEL%20LIBRO%20-
METODOLOGIA%20DE%20INVESTIGACION%20CIENTIFICA-
SAMPLERI.pdf

Soediono, B. (2020). Tratabilidad De Los Lodos Producidos En La Potabilización Del Agua. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53.

Soliz, N. (2017). La Responsabilidad Social Empresarial: Caso Arca Continental. Ecuador. *Revista Publicando*, 2(4).

Suazo, L. E., y Torres-Valle, A. (2021). Percepciones, conocimiento y enseñanza de cambio climático y riesgo de desastres en universidades hondureñas. *Formación Universitaria*, 14(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-50062021000100225>

Taccone, V., Oviedo, N., Montenegro, S., Ganiele, M. J., Melo, M., Quinteros, L., Artaza, M., Gonzalez, G., Abadie, L., Fabbro, S., Attorresi, L., y Ponzoni, L. (2022). Diseño y fabricación experimental de placas cemento-PET para ser utilizadas en la construcción de muros no portantes en ecoviviendas. *Ciencia y Tecnología*. <https://doi.org/10.18682/cyt.vi22.7058>

Tamayo, F., Rodríguez, A., Oviedo, J., y Coral, K. (2018). Elaboración del sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura en una empresa de jugos y licores. *INNOVA Research Journal*. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.475>

Tonato Soria, P. F., y Brito, H. (2021). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Totoras, provincia de Tungurahua. In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*.

Vardaro, S. A., Gálvez, J. A., Cantero, J. A., López, A. C., Tettamanti, G., y Pineda, I. (2019). Recortes de perforación de la industria petrolera generados en el Oeste de Argentina: caracterización y alternativas de tratamiento. *Redisa*.

Zamora Jiménez, A. A. (2017). SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA UNA EMPRESA CONSTRUCTORA CON BASE EN LA ISO 14001:2015. In *SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA UNA EMPRESA CONSTRUCTORA CON BASE EN LA ISO 14001:2015*.

8. ANEXOS

ANEXO 1.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 2.



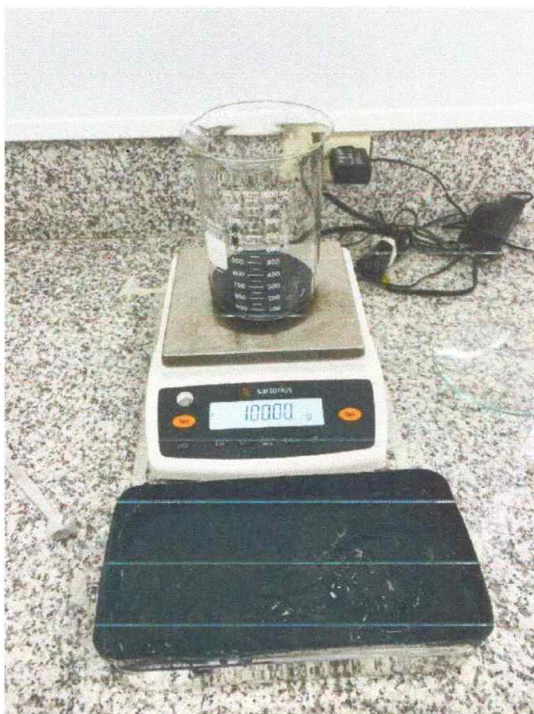
Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 3.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 4.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 5.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 6.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 7.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 8.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 9.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 10.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 11.



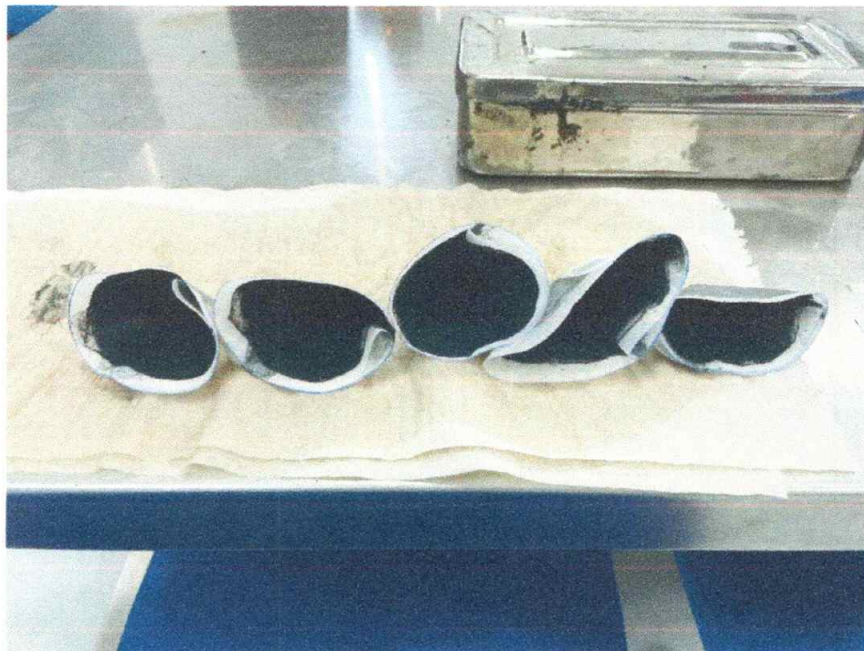
Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 12.



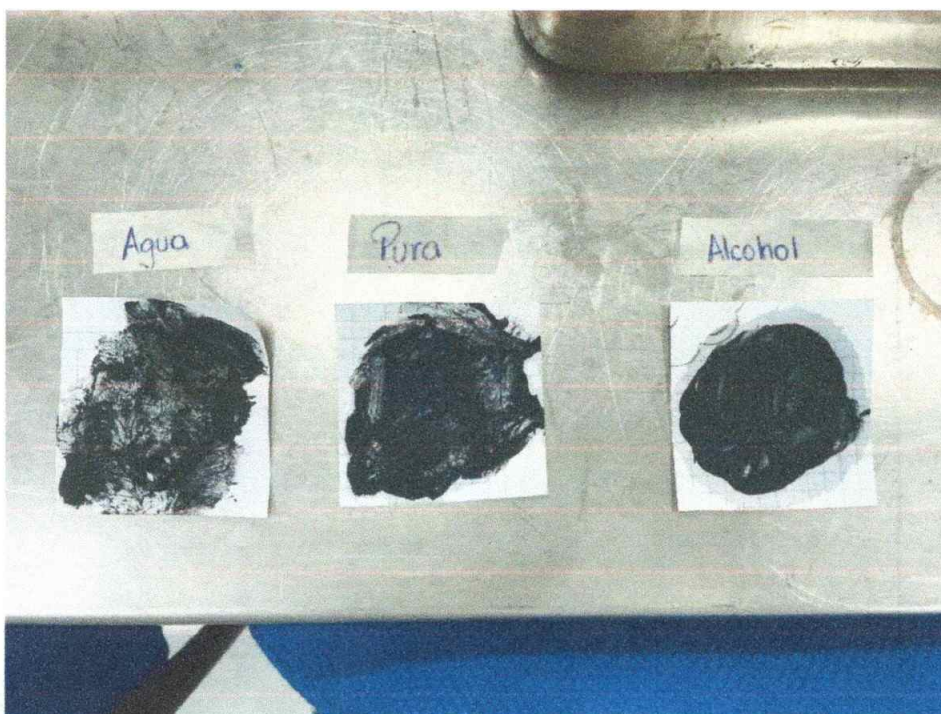
Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 13.



Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO 14.



Fuente: Elaborada por el autor.