



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ÁREA
PROYECTOS NUEVOS**

**TEMA
REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA OPERACIÓN
DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS
DEL SUBSECTOR C1701.05 DE LA ZONA 8**

**AUTOR
MALDONADO TORRES ANTHONY ALEXANDER**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. IND. OBANDO MONTENEGRO JOSÉ ENRIQUE, PHD.**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2023



ANEXO XI. FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN
FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL. CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL.

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS DEL SUBSECTOR C1701.05 DE LA ZONA 8		
AUTOR (apellidos y nombres):	MALDONADO TORRES ANTHONY ALEXANDER		
TUTOR y REVISOR (apellidos y nombres):	ING. IND. OBANDO MONTENEGRO JOSÉ ENRIQUE, PHD. ING. IND. PILACUAN BONETE LUIS MANUEL, PHD.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	INGENIERO INDUSTRIAL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	SEPTIEMBRE 2023	No. DE PÁGINAS:	112
ÁREAS TEMÁTICAS:	PROYECTOS NUEVOS		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Unidad, procesamiento, desechos, requerimientos, técnicos, subsector C1701.05.		
<p>El objetivo de este estudio fue definir los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del subsector C1701.05 de la zona 8. Se aplicó la metodología deductiva, descriptiva, cuantitativa, de campo, con uso de la observación directa en las industrias productoras de papel periódico y de impresión. Los resultados evidenciaron altos niveles de huella carbono en la industria papelería del sub sector C1701.05, debido al alto consumo de agua, energía eléctrica y pulpa de árboles que, no solo contamina con emisiones atmosféricas, sino también, contamina el agua, el suelo y contribuye con la deforestación de bosques ecuatorianos, razón por la cual, se ha propuesto la implementación del sistema de tratamiento de aguas con tecnología cero vertidos, así como la implementación de una unidad de procesamiento de desechos, para trabajar con base en materias recicladas, para manufactura de papel de impresión y periódico, de modo que, se pueda reducir el consumo de agua en 90%, pulpa de árboles en 80% y energía eléctrica en 60%, a lo que se agregó un plan de capacitación para que el talento humano pueda operar la unidad mencionada y la planta de tratamiento de aguas residuales. En conclusión, se definieron los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8, para cumplir con la regulación ambiental y sanitaria nacional e internacional, plasmada en ODS12 y Código Orgánico del Ambiente, promoviendo la producción sostenible y ecoeficiente en esta industria.</p>			
ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 998 704 303	E-mail: anthony.maldonadoto@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: ING. IND. HURTADO PASPUEL JIMMY FERNANDO, MG.		
	Teléfono: 042-658128		
	E-mail: titulacion.ingenieria.industrial@ug.edu.ec		



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE
LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL
USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL. CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA
CON FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **MALDONADO TORRES ANTHONY ALEXANDER**, con C.C. No. **0953902558**, certifico/amos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS DEL SUBSECTOR C1701.05 DE LA ZONA 8** son de mi/nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo/amo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Anthony Maldonado

MALDONADO TORRES ANTHONY ALEXANDER
C.C.: 0953902558



ANEXO VII. CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD



FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Habiendo sido nombrado, **ING. IND. OBANDO MONTENEGRO JOSÉ ENRIQUE, PHD.** Tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **MALDONADO TORRES ANTHONY ALEXANDER**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

Se informa que el trabajo de titulación: **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS DEL SUBSECTOR C1701.05 DE LA ZONA 8**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio **TURNITIN** quedando el **10%** de coincidencia.

TESIS ANTHONY MALDONADO TORRES			
ORIGINALITY REPORT			
10%	9%	0%	4%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	www.idae.es Internet Source		1%
2	desarrollointegradovm.gob.ar Internet Source		1%
3	quimicaecologica.com Internet Source		1%
4	repositorio.uasf.edu.pe Internet Source		1%
5	Submitted to Universidad Católica San Pablo Student Paper		1%
6	www.gea.com Internet Source		1%
7	es.wikipedia.org Internet Source		1%

<https://www.turnitin.com/newreportclassic.asp?lang=es&oid=2146669228&ft=1&bypasscv=1>



Firmado electrónicamente por:

JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO

ING. IND. OBANDO MONTENEGRO JOSÉ ENRIQUE, PHD.

C.C.: 0902064732

Fecha: 13/08/2023



ANEXO VI. CERTIFICADO DEL DOCENTE – TUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN



FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL. CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Guayaquil, 13 de agosto de 2023

Magister

Santos Méndez Marcos Manuel.

Director de la Carrera de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad de Guayaquil

Ciudad de Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación: **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS DEL SUBSECTOR C1701.05 DE LA ZONA 8**, del estudiante **MALDONADO TORRES ANTHONY ALEXANDER**, que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

JOSE ENRIQUE OBANDO
MONTENEGRO

ING. IND. OBANDO MONTENEGRO JOSÉ ENRIQUE, PHD.

C.C.: 0902064732

Fecha: 13/08/2023



ANEXO VIII. INFORME DEL DOCENTE REVISOR



FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Guayaquil, 22 de agosto de 2023

Magister.

Santos Méndez Marcos Manuel.

Director de la Carrera de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad de Guayaquil

Ciudad de Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS DEL SUBSECTOR C1701.05 DE LA ZONA 8**, del estudiante **MALDONADO TORRES ANTHONY ALEXANDER**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de **19** palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo **5** años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**LUIS MANUEL
PILACUAN
BONETE**

ING. IND. PILACUAN BONETE LUIS MANUEL, PHD.

C.C.: 0921888582

FECHA: 22/08/2023

Dedicatoria

A Dios por haber permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres quienes me dieron la vida y por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mi gran amigo y compañero Charlie Miranda, por haber sido parte fundamental de este proceso y que hoy lo celebra desde el cielo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme vida, salud, paz y sabiduría para poder haber llegado a este día, agradezco por todas las enseñanzas de vida buenas y malas que me permitieron aprender de mis errores y aciertos para ser quien y como soy ahora.

Agradezco a mis padres por haberme dado la educación y las virtudes necesarias para afrontar la vida y sus vicisitudes.

A mi familia y amigos en general quienes conocen y han vivido a mi lado todo este proceso y que con sus palabras de apoyo me han ayudado a poder llegar a este día para culminar esta etapa profesional.

A mi tutor de tesis, el Ing. Ind. Obando Montenegro José Enrique, PhD. por su apoyo y guía como tutor en todo este proceso que con su experiencia y enseñanzas ha sido posible poder llegar al término de esta tesis.

Índice General

N°.	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

Diseño de la Investigación

N°.	Descripción	Pág.
1.1.	Antecedentes de la investigación	2
1.2.	Problema de investigación	3
1.2.1.	Planteamiento del problema.	3
1.2.2.	Formulación del problema	6
1.2.3.	Sistematización del problema	6
1.3.	Justificación de la investigación	6
1.4.	Objetivos	7
1.4.1.	Objetivo General	7
1.4.2.	Objetivos Específicos	7
1.5.	Marco teórico	7
1.5.1.	Marco Referencial	7
1.5.2.	Marco conceptual	9
1.5.2.1.	Industria papelera.	9
1.5.2.1.1.	Residuos contaminantes que emanan de la industria papelera.	11
1.5.2.1.2.	Aguas residuales de la industria papelera.	12
1.5.2.1.3.	Desechos industriales en la fabricación de papel.	13
1.5.2.2.	Procesamiento de desechos en las industrias papeleras.	14
1.5.2.2.1.	Unidad de procesamiento de desechos en las industrias papeleras.	15
1.5.2.2.2.	Componentes de la unidad de procesamiento de desechos en las industrias	16
1.5.3.	Marco legal	17
1.5.3.1.	Constitución de la República del Ecuador.	17
1.5.3.2.	Agenda 2030.	18
1.5.3.3.	Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones.	19
1.5.3.4.	Código Orgánico del Ambiente.	19
1.6.	Aspectos Metodológicos de la investigación	20
1.6.1.	Tipo de estudio	20
1.6.2.	Método de investigación	21

1.6.3.	Fuentes y Técnicas para la recolección de información	21
1.6.4.	Tratamiento de la Información	22
1.6.5.	Resultados e Impactos esperados	22

Capítulo II

Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico

N°.	Descripción	Pág.
2.1.	Análisis de la situación actual	23
2.1.1.	Convenios ambientales internacionales aplicables al sector en estudio.	23
2.1.2.	BAT Best Available Techniques para el tratamiento de los desechos	28
2.1.3.	Aplicación de Plan de Incentivos Puntos Verdes, legislación ecuatoriana.	32
2.1.4.	Estimación de la huella de carbono para todas las empresas de la zona 8.	33
2.1.5.	Unidad procesadora de los desechos del sector, zona 8	36
2.1.6.	Especies en peligro flora aplicado a la zona 8 con fines de reforestación.	40
2.2.	Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas	42
2.3.	Presentación de resultados y diagnóstico	43

Capítulo III

Propuesta, Conclusiones, Recomendaciones

N°.	Descripción	Pág.
3.1.	Objetivo de la propuesta	46
3.2.	Alcance	46
3.3.	Estructura de la propuesta	46
3.3.1.	Métodos para el tratamiento de aguas residuales.	46
3.3.2.	Estrategia de compensación: reforestación.	52
3.3.3.	Requerimientos de abonos orgánicos para la reforestación	54
3.3.4.	Tecnología que elabora pulpa de papel reciclado	58
3.3.5.	Propuesta de planta de selección de papel cartón	58
3.3.6.	Tecnología para usar en la planta de selección de papel reciclado	60
3.3.7.	Requerimiento de energía para operar en unidad de procesamiento	61
3.3.8.	Plan de capacitación para el personal que maneja la UPD.	62
3.3.9.	Cumplimiento de metas ambientales del Ecuador y el desempeño ambiental	64
3.3.10.	Proyecto de instalación de paneles solares para operar la UPD.	65
3.4.	Conclusiones	67
3.5.	Recomendaciones	68

Anexos	70
Bibliografía	90

Índice de Tablas

Nº.	Descripción	Pág.
1.	Clasificación de empresas pertenecientes al subsector C1701.05, a nivel nacional	24
2.	Clasificación de empresas del subsector C1701.05, en la zona 8	25
3.	Clasificación de los desechos generados en el subsector C1701.05.	26
4.	Clasificación de los desechos generados, a nivel nacional y en la zona 8.	27
5.	Estimación de huella de carbono a nivel nacional	34
6.	Estimación de huella de carbono en la zona 8	35
7.	Capacidad de producción estimada en toneladas	36
8.	Consumo de vapor por cada kg de agua	40
9.	Indicadores esperados con el tratamiento de cero vertidos en las aguas residuales	43
10.	Ventajas y desventajas de los métodos para desechar lodos	48
11.	Indicadores esperados con el tratamiento de cero vertidos en las aguas residuales	51
12.	Cronograma de Reforestación	53
13.	Especies forestales	55
14.	Características de Tiger Depack PPS	58
15.	Capacidad de producción estimada en toneladas	60
16.	Ahorro ambiental al producir papel con materia prima reciclada	62
17.	Plan de Capacitación	63
18.	Presupuesto del plan de capacitación	64

Índice de Figuras

Nº.	Descripción	Pág.
1.	Árbol de soluciones	4
2.	Residuos de la industria papelera	14
3.	Residuos en la cadena reciclaje del papel	16
4.	Fase de tratamiento de agua residual industrial	30
5.	Proceso productivo de planta de reciclaje de papel y cartón	37
6.	Ciclo de tratamiento tecnología Vertido Cero	39
7.	Tecnología como Zero Liquid Discharge (ZLD)	44
8.	Tratamiento de aguas residuales en la industria papelera	47
9.	Ciclo de tratamiento tecnología Vertido Cero	50
10.	Equipos para el tratamiento de aguas residuales en la industria papelera	51
11.	Parámetros para la selección de especie forestal	54
12.	Residuos orgánicos	56
13.	Tipos de abonos orgánicos	57
14.	Proceso de producción de papel periódico e impresión	59
15.	proceso tecnología para usar la planta de selección de papel	60
16.	Paneles solares	66

Índice de Anexos

Nº.	Descripción	Pág.
1.	Listado de empresas del subsector CIU C1701.05 en el país	71
2.	Listado de empresas del subsector CIU C1701.05 en la zona 8	73
3.	Acuerdo Ministerial 140.	74
4.	Acuerdo Ministerial 097A. Contaminación de agua (vida acuática)	78
5.	Acuerdo Ministerial 097A. Contaminación de agua para riego	79
6.	Acuerdo Ministerial 097A. Contaminación de agua para uso pecuario	80
7.	Contenidos de los dos módulos que abarcan la capacitación	81



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

“REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA OPERACIÓN DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DESECHOS DEL SUBSECTOR C1701.05 DE LA ZONA 8”

Autor: Maldonado Torres Anthony Alexander

Tutor: Ing. Ind. Obando Montenegro José Enrique, PhD.

Resumen

El objetivo de este estudio fue definir los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8. Se aplicó la metodología deductiva, descriptiva, cuantitativa, de campo, con uso de la observación directa en las industrias productoras de papel periódico y de impresión. Los resultados evidenciaron altos niveles de huella carbono en la industria papelera del sub sector C1701.05, debido al alto consumo de agua, energía eléctrica y pulpa de árboles que, no solo contamina con emisiones atmosféricas, sino también, contamina el agua, el suelo y contribuye con la deforestación de bosques ecuatorianos, razón por la cual, se ha propuesto la implementación del sistema de tratamiento de aguas con tecnología cero vertidos, así como la implementación de una unidad de procesamiento de desechos, para trabajar con base en materias recicladas, para manufactura de papel de impresión y periódico, de modo que, se pueda reducir el consumo de agua en 90%, pulpa de árboles en 80% y energía eléctrica en 60%, a lo que se agregó un plan de capacitación para que el talento humano pueda operar la unidad mencionada y la planta de tratamiento de aguas residuales. En conclusión, se definieron los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8, para cumplir con la regulación ambiental y sanitaria nacional e internacional, plasmada en ODS12 y Código Orgánico del Ambiente, promoviendo la producción sostenible y ecoeficiente en esta industria.

Palabras claves: *Unidad, procesamiento, desechos, requerimientos, técnicos, subsector C1701.05.*

**ANEXO XIV. RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)****FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“TECHNICAL REQUIREMENTS FOR THE OPERATION OF A WASTE
PROCESSING UNIT OF SUBSECTOR C1701.05 OF ZONE 8”**

Author: Maldonado Torres Anthony Alexander

Advisor: Ind. Eng. Obando Montenegro José Enrique, PhD.

Abstract

The objective of this study was to define the technical requirements for the operation of a waste processing unit of subsector C1701.05 in zone 8. The deductive, descriptive, quantitative, field methodology was applied, using direct observation. in the newsprint and printing industries. The results showed high levels of carbon footprint in the paper industry of subsector C1701.05, due to the high consumption of water, electricity and tree pulp that not only contaminates with atmospheric emissions, but also contaminates water, soil and contributes to the deforestation of Ecuadorian forests, which is why the implementation of the water treatment system with zero discharge technology has been proposed, as well as the implementation of a waste processing unit, to work based on recycled materials, for manufacturing printing paper and newsprint, so that water consumption can be reduced by 90%, tree pulp by 80% and electricity by 60%, to which a training plan was added so that talent human being can operate the mentioned unit and the wastewater treatment plant. In conclusion, the technical requirements for the operation of a waste processing unit of subsector C1701.05 in zone 8 were defined to comply with national and international environmental and health regulations, embodied in ODS12 and the Organic Code of the Environment, promoting sustainable and eco-efficient production in this industry.

Keywords: *Unit, processing, waste, requirements, technical, subsector C1701.05*

Introducción

La presente investigación se direcciona a definir los requerimientos técnicos e infraestructura necesarios para que las industrias manufactureras de papel periódico e impresión puedan implementar el procesamiento de sus desechos.

La importancia del estudio radica en proponer la minimización de los impactos ambientales, a través de una operación eficiente de las unidades de procesamiento de residuos en las industrias papeleras, pertenecientes al subsector C1701.05 y que se encuentran en la zona 8, mediante un plan de capacitación anual de los trabajadores, además de contar con tecnología de punta que contribuya a un óptimo tratamiento de las aguas residuales y reutilización de los desechos industriales, según sea el caso.

Por esta razón, la estructura del estudio, para cumplir con el objetivo general de definir los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8, se detalla en los siguientes párrafos:

En el capítulo I, se describe el problema de la contaminación que generan las industrias que producen papel periódico, de escritura e impresión, por incumplimiento de los requisitos técnicos para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales y de los desperdicios sólidos, además, se detalló también la justificación y los objetivos, así como los conceptos más relevantes de las variables, los aspectos legales pertinentes y la metodología del estudio

En el capítulo II, se describe al sector industrial que fabrica el papel periódico y/o de impresión o escritura, a través de una reseña de sus operaciones y procesos, en donde se aplican los métodos cuantitativos para conocer los riesgos ambientales que generan los desperdicios que son expulsados del proceso industrial, información con la cual se realizó el diagnóstico de la situación actual.

El capítulo III presenta la propuesta de investigación, en donde se describen los requerimientos técnicos suficientes para el manejo eficiente de las unidades de procesamiento de desechos, que tienen como propósito principal, la minimización de los impactos ambientales, al reutilizar las aguas residuales y los desperdicios sólidos, para reducir el uso del agua, el consumo de celulosa y de los combustibles fósiles, utilizados en el proceso de fabricación del papel periódico y de impresión.

Capítulo I

Diseño de la Investigación

1.1. Antecedentes de la investigación

La contaminación ambiental es causada en gran medida, debido a la generación de desechos industriales (Aguilar y otros, 2019). Precisamente, la industria del papel es uno de los sectores productivos, que ha ocasionado gran impacto ambiental, ya sea por la sobreexplotación de la materia prima requerida para la elaboración de este producto, como es el caso de la tala de árboles, el uso abundante de agua y energía, así como por la eliminación de desechos contaminantes a los espacios acuáticos, al aire o al suelo, por la expulsión de dióxido de carbono en sus procesos y la presencia de residuos sólidos al final de cada actividad productiva (Donoso, 2022).

Por esta razón, fue seleccionado el subsector C1701.05 de la zona 8, en donde se encuentra la ciudad de Guayaquil, como el área de estudio, debido a que, con este código se encuentran identificadas las industrias que manufacturan papel periódico y otros papeles para imprimir o para escritura, como es el caso de las hojas de papel bond, cuadernos, entre otros, de acuerdo con el CIIU nacional (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012).

De esta manera, el análisis de una unidad de procesamiento de desechos que opere en las industrias clasificadas dentro del subsector C1701.05, ha concitado el interés de los expertos en economía circular, producción más limpia y gestión ambiental, quienes en conjunto con los Ingenieros Industriales, están conscientes que se debe implementar mecanismos adecuados para garantizar la reutilización de las aguas residuales y el tratamiento óptimo de los desechos sólidos que emanen del proceso productivo del papel periódico, para imprimir o escritura, porque caso contrario, la contaminación ambiental se incrementará en este sector (Anchundia & Suárez, 2022), surgiendo la investigación para el cumplimiento de los requerimientos técnicos que garanticen el funcionamiento eficiente de los equipos para el procesamiento de los residuos industriales.

Ante ello, se espera que, con la utilización de métodos de Ingeniería Industrial, en materia de gestión ambiental, como es el caso de la economía circular, la producción más limpia y el análisis del ciclo de vida del producto, se pueda cumplir con los requerimientos técnicos que imponen las autoridades de control, para facilitar la operación de una unidad de procesamiento de desechos en las industrias de la zona 8 que, manufacturan papel periódico, para imprimir o escritura.

1.2. Problema de investigación

1.2.1. Planteamiento del problema.

El principal problema que tienen las empresas pertenecientes a la zona 8 que, se encuentran clasificadas dentro del subsector del CIIU C1701.05, se refiere a la contaminación ambiental que generan estas organizaciones manufactureras, producto del uso de recursos esenciales para la vida, como los árboles, el agua y la energía, a lo que se añade la eliminación de aguas residuales y desechos sólidos contaminados.

La principal causa de la contaminación ambiental generada por las empresas papeleras del subsector en mención, se encuentran asociadas al incumplimiento de los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos, debido a las limitaciones de conocimientos para su manejo, por falta de capacitación al personal responsable de su manipulación, así como por no contar con la tecnología suficiente para su implementación.

Las consecuencias que puede generar este problema, no solo se refieren al incremento de la contaminación ambiental y degradación del ecosistema que le rodea a estos establecimientos económicos, sino que, además, el incumplimiento de estos requerimientos técnicos, puede acarrearles multas a las fábricas de papel periódico, de escritura e impresión, por no cumplir óptimamente con la legislación vigente en materia de gestión ambiental, lo que también puede ocasionarles pérdidas económicas a estas organizaciones.

Por esta razón, sino se cumplen los requerimientos técnicos apropiados, para la implementación de las unidades de procesamientos de desechos en las industrias papeleras de la zona 8, pertenecientes al subsector C1701.05, mediante la implantación de la tecnología adecuada y la capacitación para el personal responsable de su manejo, se incrementará la contaminación ambiental en niveles alarmantes.

En base a ello, es necesario que se pueda cumplir con los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos en estas empresas en estudio, con el afán de cumplir con la legislación vigente y minimizar los impactos ambientales en los ecosistemas donde operan estos establecimientos económicos, de modo que, se pueda capacitar al personal respectivo e implementar la tecnología más apropiada para el tratamiento óptimo de las aguas residuales y desechos sólidos que emanen de los procesos de producción de papel periódico, de escritura e impresión.

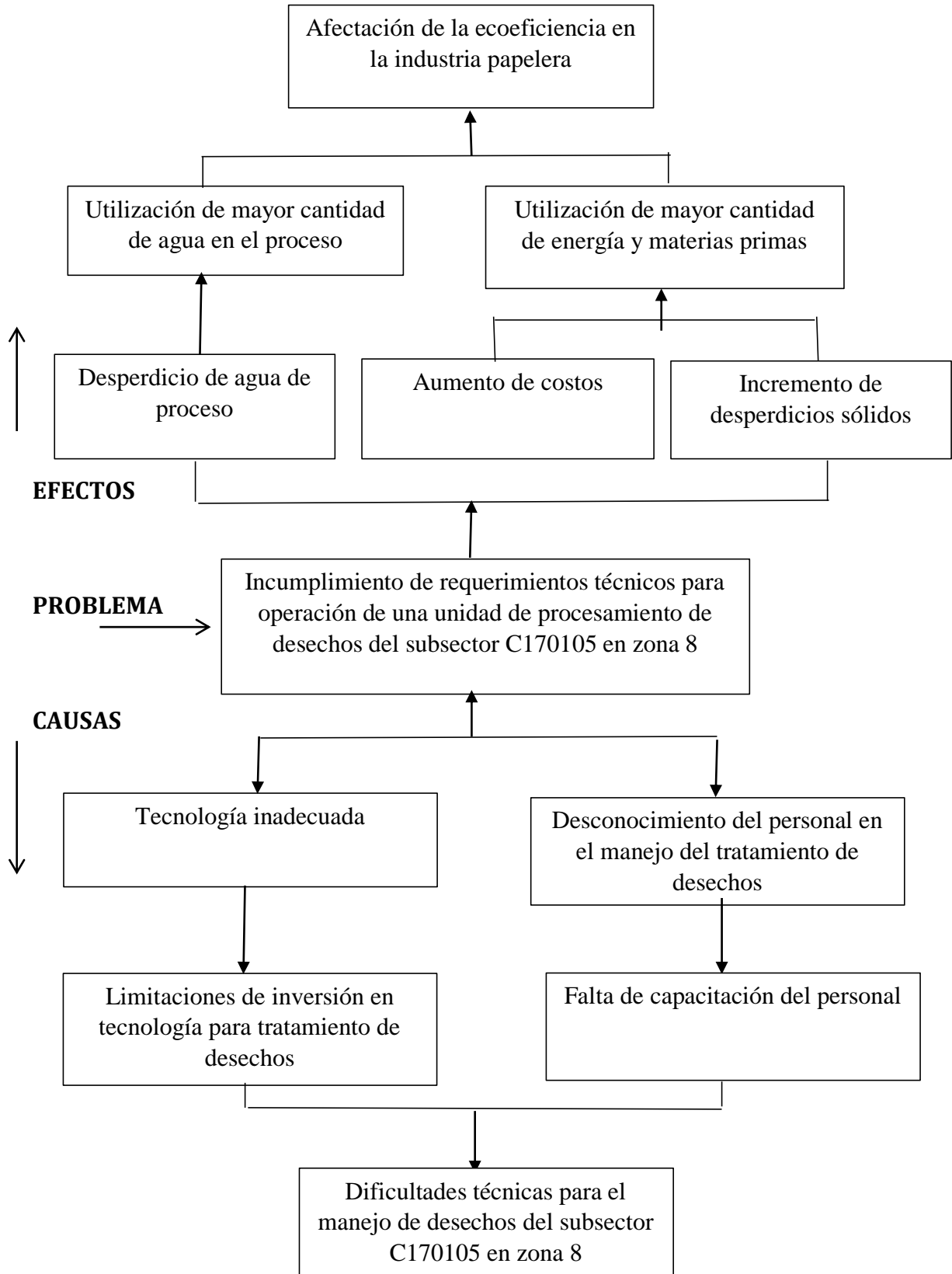


Figura 1. Árbol de soluciones. Elaborado con base en el planteamiento del problema.

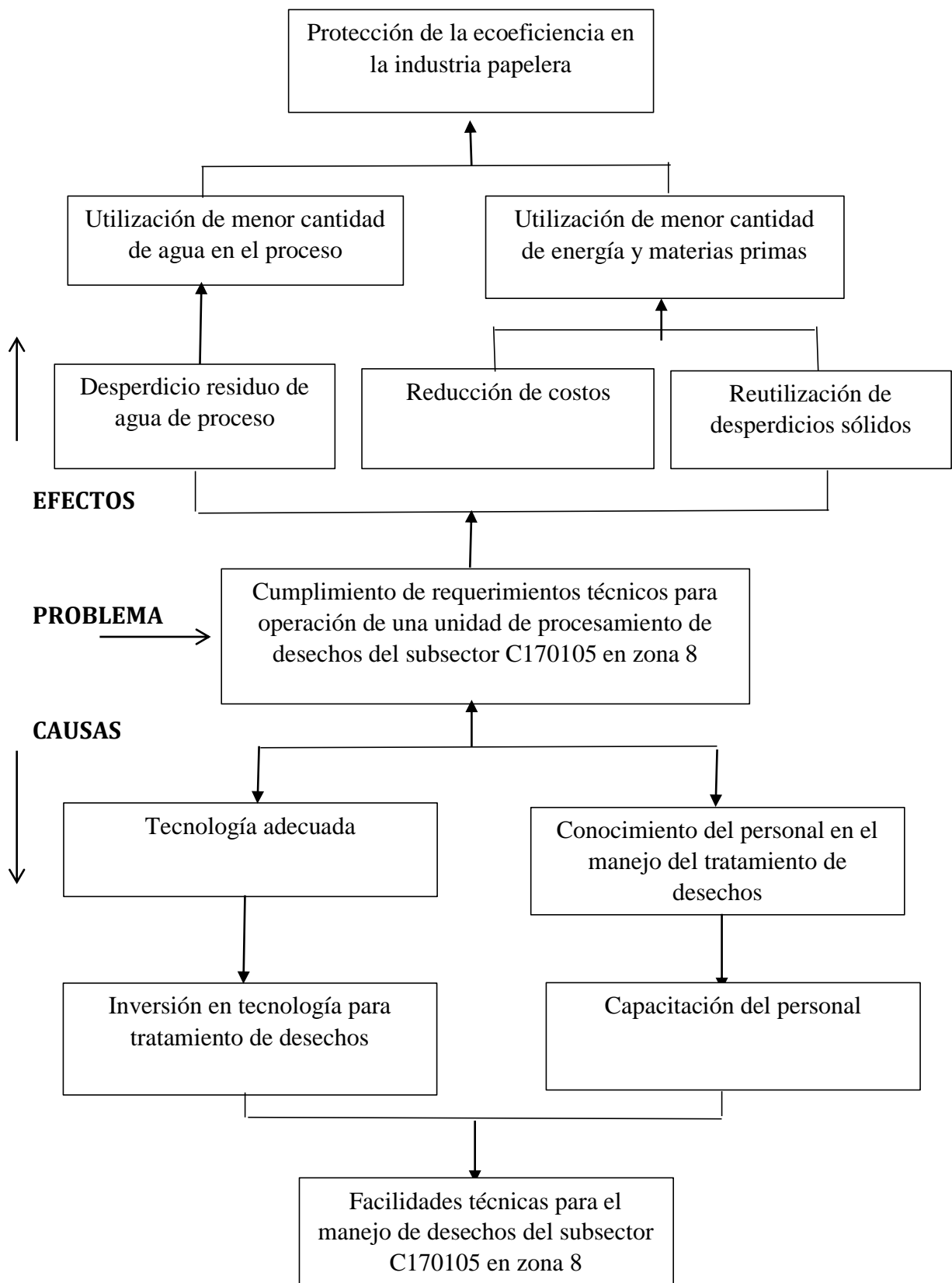


Figura 1. Árbol de soluciones. Elaborado con base en el árbol del problema.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del subsector C1701?05 en la zona 8?

1.2.3. Sistematización del problema

- ¿Se cuenta con la mejor tecnología disponible para la gestión de desechos industriales de las empresas pertenecientes al CIU C1701.05 en la zona 8?
- ¿Se requiere un plan de capacitación para que el personal pueda manejar los equipos y tecnologías utilizadas para la gestión de residuos industriales, garantizando su seguridad y eficiencia en el proceso?
- ¿Se necesita un mecanismo para el cumplimiento de las regulaciones ambientales y sanitarias aplicables, a través de la implementación de medidas técnicas adecuadas?

1.3. Justificación de la investigación

La investigación sobre los requerimientos técnicos necesarios para facilitar la operación de una unidad de procesamiento de desechos en el sector de la industria que fabrica papel periódico, de impresión y escritura, en la Zona 8, es importante porque permite identificar los requerimientos técnicos necesarios para procesar adecuadamente estos desechos y reducir su impacto en el medio ambiente, reconociendo que este tipo de empresas manufactureras, eliminan residuos que contaminan el suelo, agua y aire, por consiguiente, se debe minimizar estos impactos ambientales, con base en el cumplimiento de estos requisitos técnicos para el manejo de los equipos de tratamiento de los desperdicios.

Además, se pretende con esta investigación, cumplir con las normativas y regulaciones existentes, tanto a nivel nacional como internacional que, regulan la gestión de desechos industriales y direccionarse hacia el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenibles, porque, si estas industrias de la Zona 8, no cumplen con estas regulaciones, podrían enfrentar sanciones económicas y legales, lo que puede ser evitado a través de los hallazgos de este estudio.

Por otra parte, la implementación de una unidad de procesamiento de desechos requiere de una inversión significativa de recursos económicos, por lo tanto, es importante identificar los requerimientos técnicos necesarios para asegurar que la unidad de procesamiento sea eficiente en términos de costo-beneficio y pueda generar ingresos a largo plazo.

En resumen, la investigación sobre los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sector industrias de la Zona 8, clasificadas dentro del sub sector C1701.05, es importante para proteger el medio ambiente, cumplir con las regulaciones y normativas, y asegurar la eficiencia económica, además de beneficiar a la propia empresa y a todas las partes interesadas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Definir los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar la mejor tecnología disponible para la gestión de desechos industriales de las empresas pertenecientes al CIU C1701.05 en la zona 8.
- Diseñar el plan de capacitación para que el personal pueda manejar los equipos y tecnologías utilizadas para la gestión de residuos industriales, garantizando su seguridad y eficiencia en el proceso.
- Elaborar la propuesta para el cumplimiento de las regulaciones ambientales y sanitarias aplicables, a través de la implementación de medidas técnicas adecuadas.

1.5. Marco teórico

1.5.1. Marco Referencial

En el último lustro, se han efectuado varias investigaciones sobre el procesamiento de desechos en las empresas manufactureras de papel, en donde no solo se ha detallado los requerimientos técnicos, sino que, además, se ha profundizado en las causas de la contaminación ambiental generada en los procesos desarrollados por este tipo de industrias, considerando como referentes de este estudio, a aquellos que se encuentran referenciados en los siguientes párrafos.

Se tomó una investigación realizada por Ferluc (2019), quien planteó como objetivo realizar una mirada hacia la industria papelera de Argentina y Uruguay, con el propósito de describir su imagen en lo referente a la gestión ambiental. La metodología aplicada fue la revisión bibliográfica. Los resultados obtenidos evidenciaron la evolución de esta industria, que está tratando de aprovechar los desechos, reutilizando las aguas residuales y

aprovechando el reciclaje del desperdicio de papel, para reducir el uso de energía, corteza de los árboles y agua. Se concluyó que, la bio-refinación es la próxima estrategia de las empresas manufactureras de papel, para minimizar la dependencia de los combustibles fósiles.

Asimismo, una investigación realizada en Argentina por Báez (2019), planteó como objetivo determinar el nivel de contaminación ambiental que producen las aguas residuales que son expulsadas al Arroyo del Gato. Se aplicó una investigación cualitativa, con entrevistas a los expertos, además de la observación directa de los procesos de la Cooperativa Unión Papelera Platense. Los resultados expusieron la necesidad de procesar los desechos y mejorar el tratamiento de los mismos, para reducir el impacto ambiental a este cuerpo hídrico receptor. Se concluyó que es esencial el cumplimiento de los requerimientos técnicos para el manejo adecuado de una unidad de procesamiento de estas aguas residuales.

Otra investigación desarrollada por Baggioni et al. (2019), indicó como objetivo la realización de un examen físico químico de los parámetros concernientes al tratamiento de las aguas residuales de una industria manufacturera de papel. La metodología aplicada fue experimental. Los resultados evidenciaron que, la muestra de agua residual tomada en la empresa en estudio no cumplió con los requisitos legales en materia de conductividad, pH, DQO, turbidez, entre otros parámetros de gran relevancia sobre esta materia. Se concluyó que, el uso de los métodos de coagulación, floculación química y electrocoagulación, son eficientes para la medición de los parámetros en mención y se requiere su continuidad, para mejorar la toma de decisiones en la implementación de equipos para el procesamiento de desechos industriales en las fábricas de papel.

Mientras tanto, otra investigación realizada por Benítez (2020), tuvo el objetivo de describir un tratamiento secundario para la estabilización de las aguas residuales de una industria papelera, previo a su eliminación al cuerpo hídrico receptor. La metodología aplicada fue deductiva y experimental. Los resultados obtenidos fueron la obtención de un DBO5 de 372 mg/l, DQO de 554 mg/l, mg SST/l de 215, esperándose la remoción del 83% de DBO5, 71% de DQO y 93% de SST. Se concluyó que, el procesamiento de las aguas residuales permite cumplir con los requisitos legales de la legislación ambiental vigente, a nivel nacional.

Por otra parte, la investigación efectuada por Anchundia y Suárez (2022), planteó el objetivo de evaluar el potencial energético que tienen los lodos del tratamiento primario en la producción de papel, en la empresa PANASA. Para el efecto, se aplicó una investigación

experimental, basada en un análisis físico – químico de lodos que son causado por pretratamiento DAF. Los resultados indicaron que este tipo de examen efectuado a los desechos en mención, permiten su aprovechamiento para la generación de energía y la minimización del consumo de fósiles que producen dióxido de carbono. Se concluyó que este tipo de tratamiento primario y el aprovechamiento de las aguas residuales, cumplen con las metas de sostenibilidad de la industria de papel.

En consecuencia, las investigaciones previas demuestran que se necesita que las industrias papeleras cumplan con los requisitos técnicos para facilitar la operación adecuada de las regulaciones ambientales y sanitarias, a través de la operación eficiente de la unidad de procesamiento de desechos en estas organizaciones, con miras a lograr las metas sostenibles de cada organización.

1.5.2. Marco conceptual

1.5.2.1. Industria papelera.

Desde la creación de la industria papelera, este sector ha necesitado de varios requerimientos para sus actividades productivas, contando con la implementación esencial del consumo de energía tanto eléctrica como térmica, dado a su nivel potencial para la fabricación de varios productos, por lo cual, organismos encargados han establecidos normativas en donde regularizan el uso y el desuso de materiales adicionales.

Se estima que la elaboración del papel fue dada por primera vez en China por el año 100 d.C.; donde los materiales utilizados para la fabricación consistían en paja, hierba, trapos, cáñamo, todo esto era triturado en morteros para separar las fibras vegetales. En el siglo XX se plantearon aquellas máquinas continuas de papel, que, para el año 1.844 a 1.884 establecieron métodos para obtener la pasta de madera con el fin de fibras más resistentes, sin embargo, se requería de abrasión mecánica y químicos (Campos & Castro, 2022).

Para la fabricación del papel u otros derivados, el sector industrial emplea como recurso principal la materia prima que son las fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible, y/o papel reciclado, productos químicos, agua y energía. El proceso de fabricación de papel se puede dar a través de fibras vírgenes (materia prima extraída de la madera) o también con papel reciclado (hojas de papel ya usados) (Balseca, 2020).

Como se ha descrito, el sector papelerero requiere principalmente de la celulosa que ofrece la madera para que los productos puedan ser fabricados, ahora bien, en la actualidad existen otros mecanismos reemplazables a la madera tradicional, como es el uso de semillas,

cascaras, hojas, entre otras, que minimizan la tala discriminada de las áreas forestales, que en algunas ocasiones han violado las especies en peligro de extinción, constituido normativamente como bosques protegidos.

En efecto, la industria papelera comprende de un proceso productivo donde se elabora distintos derivados, a base de la materia prima conocida como la celulosa. Para la fabricación es necesario el uso de fibras vírgenes vegetales o a su vez del uso de papel reciclado; cuando se utiliza la pulpa de la madera, se implementa equipos mecánicos o recursos químicos, que darán origen a las características como color y contextura, esto depende del uso para el cual será fabricado (Buitrón, 2020).

Un dato importante, sobre este sector dedicado a la producción de papel, concierne en mencionar la diversidad de productos que hoy en día se desarrollan para suplir las necesidades de los consumidores, es por ello, que existen cuatro grupos en el cual posee subdivisiones y productos como:

- Papel de escritura e impresión
- Papel de empaque
- Papel sanitario y facial
- Papel especial para cigarrillos (Huaidong & Honggui, 2020)

Considerando que estos productos son los más exportados a nivel mundial, cada vez se incrementa el uso de la materia prima (celulosa) proveniente de la madera vegetal. Es conveniente mencionar que el principal destino comprador desde hace ya varios años son los Estados Unidos, por lo que, a continuación, se describe los países productores del papel y cartón:

- China
- Estados Unidos
- Japón
- Alemania
- Canadá
- Corea del Sur (Huaidong & Honggui, 2020)

Si bien es cierto, estos países han sido fuertemente criticados por aquellos organismos ambientalistas que forman parte de la Defensa de los Recursos Naturales, por causa de algunas de las regiones en evadir la responsabilidad y cumplimiento de las leyes se menciona a China, Indonesia y Rusia con baja supervisión ambiental. Como se conoce, toda actividad

que se desarrolla bajo el mecanismo de la industrialización emite impactos negativos para el ecosistema y de los recursos naturales sobreexplotados.

1.5.2.1.1. Residuos contaminantes que emanan de la industria papelera.

Continuando con el tema de la industrialización de productos, especialmente del papel, el crecimiento forestal se ha visto afectado en los países menos desarrollados, debido a la falta de nuevos mecanismos o de cumplimiento normativos que salvaguardan la flora y fauna de aquellas especies que están en peligro de extinción. La mala práctica industrial y la falta de compromiso hacia los bosques o medio ambiente ha incurrido en la contaminación de los diversos recursos naturales no renovables.

El proceso de fabricación, distribución y consumo implica la sobreexplotación de recursos no renovables, misma que, son nocivos para la naturaleza, dado a que, por cada kilo de papel producido se emiten alrededor de 3.3 kg de dióxido de carbono (Chura & Sanchez, 2020). Y aunque no lo parezca, los impactos medioambientales del papel sobre el planeta por su utilización de forma poco coherente, en realidad, están causando efectos negativos en la naturaleza principalmente en los derivados de las grandes cantidades de celulosa que se necesita para su fabricación (Xiaofeng y otros, 2020).

Por otro lado, la situación podría haber sido bastante diferente, cuando desde hace años atrás se implemente la cultura de sembrar árboles, para que en la actualidad se coseche un crecimiento forestal, que no influye en el desbalance o pérdida de los recursos, se esta forma se mantiene un ecosistema sustentable para aquellas especies asociadas a la fauna no se encuentre en peligro de extinción, como en hoy en día se ha observado.

Además de la emisión del CO₂, la fabricación de papel implica otros daños medioambientales que se presentan a continuación:

- Destrucción de bosques
- Sustitución de ecosistemas naturales
- Emisión de gases contaminantes al medio ambiente (Wang y otros, 2020)

Los daños citados, no solo afecta a las biósferas, sino que, también a la salud de las personas que habitan alrededor de los sectores industriales, debido al dióxido de Carbono, que al respirar en altas concentraciones de este contaminante conduce a problemas como hipercapnia, alta presión sanguínea, dolores de cabeza, problemas respiratorios, entre otras enfermedades. El CO₂ es uno de los causantes del efecto invernadero que en aumento ha

generado el calentamiento global y la acidificación del océano, este último, al disolverse en el agua contribuye a la causa del ácido carbónico.

1.5.2.1.2. Aguas residuales de la industria papelera.

Para mantener su éxito en un sector altamente competitivo a nivel mundial, las empresas vinculadas a la industria papelera trabajan para reducir sus costes. Una solución sostenible y económica, se basa en el tratamiento de las aguas residuales de la industria papelera con el objetivo de recuperar el agua para su posterior reutilización. De esta manera, se consiguen reducir los residuos líquidos y el agua consumida.

Otro elemento principal que considera de gran importancia por parte de las industrias, es el elemento agua primordial para el proceso de fabricación del papel y cartón, ya que, actúa como un enlace entre las fibras. También es usada como disolvente y es necesaria para el transporte de las fibras, la limpieza y las unidades de enfriamiento (Castillo & Balarezo, 2020).

El papel, material tan usado en nuestro día a día, se basa en un entramado de fibras vegetales con un alto contenido de celulosa que fueron tratadas por medio de diferentes procesos basados en la utilización del agua, dispuestas sobre un tamiz y al final secadas. Estas fibras tienen la posibilidad de provenir de diferentes plantas y árboles, sin embargo, la fuente en su mayoría empleada es la de madera de coníferas, por la alta longitud y resistencia de sus fibras.

La industria del papel consume una cantidad significativa de agua y energía y produce aguas residuales con una alta concentración de demanda química de oxígeno (DQO), entre otros contaminantes. Además, se destacan la coagulación como un pretratamiento apropiado de las aguas residuales industriales de pulpa y papel y como una solución rentable para la eliminación de DQO y la reducción de presiones sobre el medio acuático (Meza & Malca, 2021).

Por todo ello, el agua que ha sido utilizada debe ser tratada correctamente, ya que, de lo contrario, el vertido directo de estos efluentes al medio ambiente puede suponer un fuerte impacto ambiental. Dado a que, durante todo el proceso de producción de papel y pasta, se utilizan una gran cantidad de químicos que contaminan el agua, de hecho, se estima que el efluente generado puede contener incluso más de 250 compuestos distintos.

1.5.2.1.3. Desechos industriales en la fabricación de papel.

En los procesos de fabricación de celulosa y papel se produce un importante volumen de residuos sólidos que no son peligrosos. Estos residuos sólidos que se generan en las fábricas están en su mayor parte asociados a los procesos de reciclado del papel, ya que, más del 80% de la materia prima que utiliza la industria papelera es papel usado. Así, es importante destacar que por cada 10 kilos de papel que se fabrican, se utilizan como materia prima 8,5 kilos de papel usado, siendo la industria papelera española líder en reciclaje en la Unión Europea.

Las fábricas paperas generan una importante cantidad de residuos sólidos no peligrosos, en su mayor parte asociados a los procesos de reciclado del papel usado, en las industrias forestales también se generan importantes cantidades de residuos como cortezas, ramas, aclareos, hojas, agujas o aceite de resina, entre otros, que están incluidos como materias primas para la producción de biocombustibles.

Entre los desechos industriales que genera el sector paperero, se mencionan los siguientes:

- Residuos de corteza y madera
- Lodos de lejías verdes
- Lodos de des tintado procedente del reciclado de papel
- Desechos, separados mecánicamente, de pasta elaborada a partir de de residuos de papel y cartón
- Residuos procedentes de la clasificación de papel y cartón destinados al reciclado
- Residuos de lodos calizos
- Desechos de fibra y lodo de fibras, de materiales de carga y de estucado, obtenidos por separación mecánica
- Lodos del tratamiento in situ de efluentes
- Residuos no especificados en otra categoría (Kadwe y otros, 2020)

Los residuos que se generan en las fábricas de papel reciclado constituyen una parte muy significativa del esfuerzo del ciclo de reciclaje del papel, que transforma papel usado en papel reciclado. Estos residuos constituyen en parte el "residuo del reciclado", en cuya minimización se encuentran involucrados los consumidores, recuperadores, fabricantes, instituciones, así como la sociedad en su conjunto, al situar el reciclaje como una política fundamental para alcanzar la sostenibilidad.

1.5.2.2. *Procesamiento de desechos en las industrias papeleras.*

La fábrica de papel es el último eslabón en la cadena del reciclaje y emplea intensivamente tecnología para separar todos aquellos impropios y materiales ajenos a la fabricación de papel reciclado. El proceso de reciclado en la fábrica de papel genera residuos sólidos in situ en relación directa a la eficiencia de la cadena en etapas anteriores (consumidor y recuperador).

Los desechos separados mecánicamente o rechazos con origen en las unidades de pulper, filtros de tambor, y en las distintas etapas de depuración, ciclónicas, de agujeros, de ranuras u otras) se presentan generalmente con una alta humedad media del orden del 50%, así mismo cuentan con un poder calorífico inferior de entre 15 y 22 MJ/Kg (Eco.business, 2020).

En las papeleras se generan residuos sólidos de diversas tipologías, en función de la materia prima utilizada, los procesos específicos de cada fábrica y el producto final a comercializar.



Figura 2. Residuos de la industria papeleras

En el procesamiento de desechos de papeles, se siguen una serie de pasos:

1. Recogida del papel en los contenedores.
2. Traslado a la planta de tratamiento y clasificación. Una vez que el papel y el cartón llega a la planta, se procede a la clasificación según el tipo.
3. Proceso de extracción de las fibras y eliminación de los materiales que no sean papel.

4. Centrifugado y eliminación de las tintas que sobran. Después, se vuelve a lavar de nuevo para eliminar posibles restos de otros materiales.
5. Blanqueo del papel y nuevo uso (Camacho, 2020).

Las labores cotidianas en una planta industrial suelen acostumar a los trabajadores y a directivos, a preocuparse más que el proceso productivo no se detenga, pasando por alto todo las anomalías o detalles negativos que se puedan percibir; y como no afecta a la marcha de la producción, no se le da mayor importancia. Las buenas prácticas que pueden ser consideradas como oportunidades de ahorro sin o con baja inversión en una industria papelera.

1.5.2.2.1. Unidad de procesamiento de desechos en las industrias papeleras.

Con el fin de hacer del planeta sea un lugar más sostenible, y en la línea del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 12 establecido por las Naciones Unidas, son varios los motivos por los que es clave reciclar un material como el papel y el cartón. Entre las metas del objetivo ‘Producción y consumo responsables’, están el lograr la gestión sostenible de los recursos naturales de aquí a 2030 o reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Dependiendo del uso final que se le dará al papel, en su fabricación se utiliza una mezcla de los diferentes tipos de fibras, las que aportarán sus características específicas al producto final. La eficiencia energética es una herramienta útil para reducir el consumo de energía y optimizar el proceso productivo; es decir producir más o igual, pero con menos energía. En consecuencia, los empresarios tienen la oportunidad de aumentar su productividad, y competitividad, desarrollando sus actividades de forma sostenible (Verdesoto J. , 2020).

La industria papelera afronta un importante desafío tecnológico, logístico y administrativo en cuanto a la gestión de sus residuos de proceso, como se muestra en la siguiente figura:

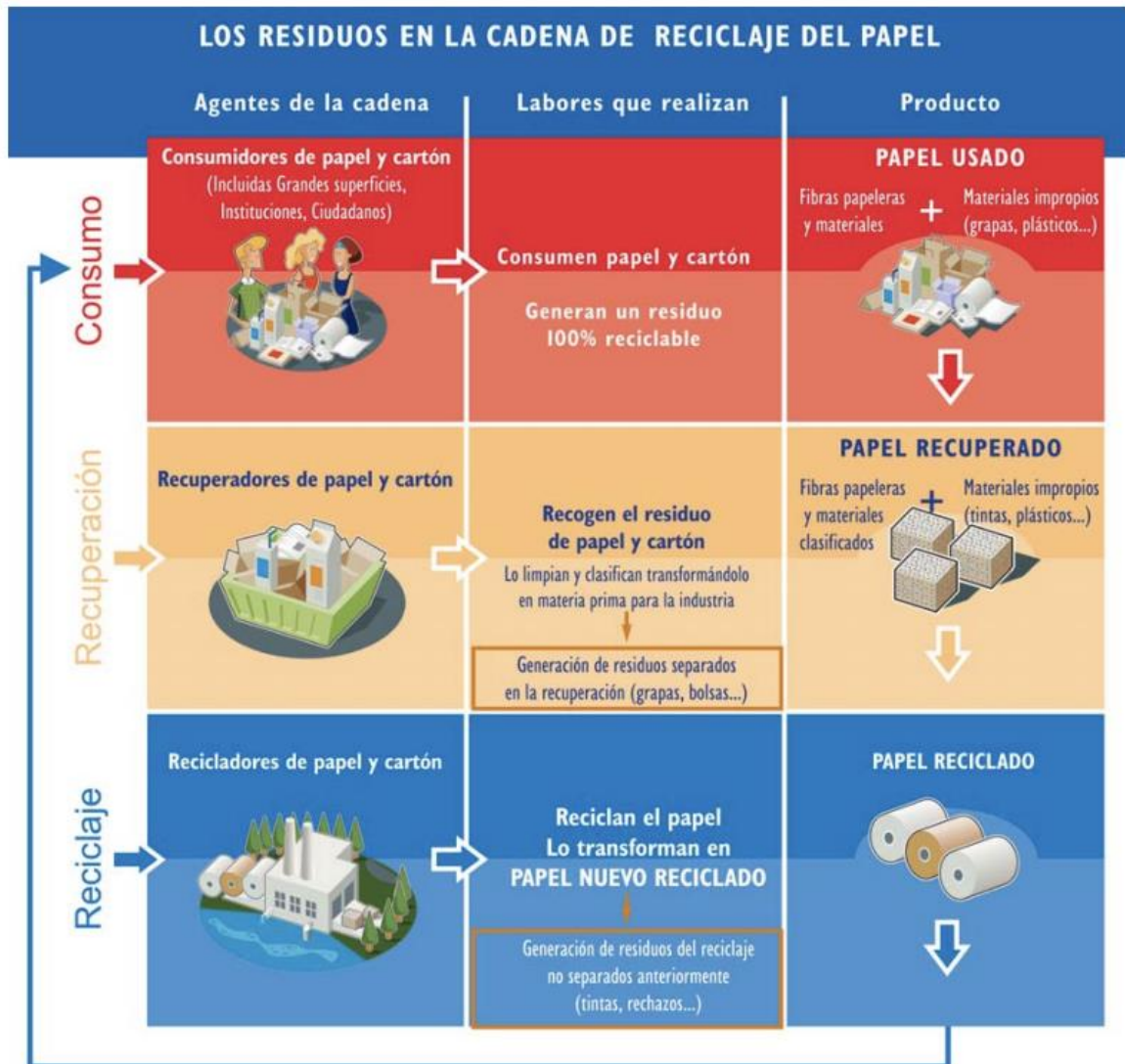


Figura 3. Residuos en la cadena reciclaje del papel

La industria papelera consume energía en sus modalidades de electricidad para mover maquinarias por ejemplo equipos como bombas, motores, y calor (térmico) principalmente en la máquina papelera y calderas para la generación de vapor requerido en planta. Las mejoras en eficiencia energética en este sector industrial permiten reducir significativamente los consumos específicos de energía (cantidad de energía que se consume para producir una unidad de producto terminado).

1.5.2.2.2. Componentes de la unidad de procesamiento de desechos en las industrias papeleras.

Hay que destacar que el papel es un material natural, renovable y reciclable, para cuya fabricación en la actualidad se utilizan madera de especies de crecimiento rápido que se cultivan mayormente en terrenos baldíos, normalmente debido al abandono de cultivos

agrícolas con la exclusiva finalidad de fabricar papel y productos derivados en plantaciones que, de no ser por este motivo, probablemente no existirían. La madera para fabricar papel procede en un 97% de plantaciones locales de eucalipto y pino.

Estos equipos demandan mayor consumo de energía, entre las que se mencionan están:

- Púlper. – El púlper o desintegrador de pasta tiene por finalidad el desintegrar los fardos de pasta o de recorte recuperado para obtener una suspensión de fibras en agua que permita continuar el proceso.
- Máquina papelera. – En estas máquinas, la pasta de papel líquida ha de ser secada a gran velocidad, hasta convertirse en papel con un nivel de humedad dentro de límites. Ello se realiza mediante varios pasos, de los cuales el secado por vacío y el secado por calor son las que más energía consumen
- Caldera generador de vapor y fuente de energía térmica para los procesos principalmente de secado.
- Bombas y motores eléctricos de diversos tamaños para activar la producción continua (Caycho, 2021).

Durante la preclasificación y pos-clarificación, se producen lodos primarios, secundarios y flotantes que el decantador desagua individualmente o juntos. Debido a la elevada sustancia seca, los costes de almacenamiento y eliminación de residuos se reducen, el volumen de agua potable disminuye y las costosas sustancias químicas pueden reutilizarse varias veces, un factor que igualmente tiene un impacto positivo en el balance económico. El lodo desaguado puede tirarse, secarse o incinerarse.

1.5.3. Marco legal

De conformidad con la pirámide de Kelsen, el marco legal de la presente investigación pretende indicar la fundamentación jurídica del tema concerniente al cumplimiento de los requisitos técnicos, para el manejo y operación de un sistema de procesamiento de desechos en las industrias que elaboran papeles periódicos, de escritura e impresión, iniciando con la Carta Magna, prosiguiendo con la Agenda 2030, siguiendo con el COPCI y con el COA, respectivamente.

1.5.3.1. Constitución de la República del Ecuador.

Los artículos de la Carta Magna que fundamentan la presente investigación, sobre la necesidad de aplicar tratamientos adecuados a los residuos que se expulsan en el proceso de

fabricación de diversos tipos de papeles, en fiel cumplimiento de los requisitos técnicos, para el efecto, hacen referencia a los siguientes a saber:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

2. Construir un sistema económico, justo, democrático, productivo, solidario y sostenible basado en la distribución igualitaria de los beneficios del desarrollo, de los medios de producción y en la generación de trabajo digno y estable.

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (Asamblea Nacional, 2008).

La Constitución señala la importancia de mantener un sistema de gestión ambiental que se pueda adecuar a las necesidades de cada empresa, en este caso, la industria papelera requiere la implementación de sistemas de tratamiento de desechos, para la reutilización de las aguas residuales y para el reciclaje de los desechos sólidos, con el propósito de minimizar la cantidad de materia prima de los árboles y agua, que requiere durante la fabricación de las diversas variedades de papeles.

1.5.3.2. Agenda 2030.

De la misma manera que, la Constitución señala los requisitos para el procesamiento de desechos en las industrias papeleras, claro está, de manera general, también, los principios

de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, señala la importancia de gestionar adecuadamente los residuos de este tipo de empresas, para minimizar los impactos ambientales y cumplir con estos objetivos de desarrollo sostenibles (ODS):

ODS 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

ODS 12.- Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible (CEPAL, 2018).

Al respecto, la producción sostenible requiere la minimización del desperdicio de aguas residuales y desechos, que bien pueden reciclarse y/o reutilizarse, para minimizar la cantidad de materias primas que se requieren en este proceso, donde una unidad de tratamiento de estos desperdicios puede ser esencial para garantizar la sostenibilidad de los procesos en la industria papelera.

1.5.3.3. Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones.

El Código de la Producción, como su nombre lo indica, está asociado a las actividades industriales, en donde las autoridades de control deben verificar el cumplimiento de las normativas vigentes en materia productiva, por ello, se ha seleccionado el siguiente artículo de este cuerpo legal, para fundamentar este estudio:

Art. 4.- Fines.- La presente legislación tiene, como principales, los siguientes fines:

a. Transformar la Matriz Productiva, para que esta sea de mayor valor agregado, potenciadora de servicios, basada en el conocimiento y la innovación; así como ambientalmente sostenible y ecoeficiente;

c. Fomentar la producción nacional, comercio y consumo sustentable de bienes y servicios, con responsabilidad social y ambiental, así como su comercialización y uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas (Asamblea Nacional, 2010).

Directamente, el COPCI manifiesta a los productores, que deben cumplir con los principios de gestión ambiental, para garantizar la producción sostenible, donde los impactos ambientales son disminuidos, a través de unidades de procesamientos de desechos que, por su infraestructura, tecnología y manejo eficiente, pueden garantizar la sostenibilidad de los procesos que efectúa la industria del papel periódico, escritura e impresión.

1.5.3.4. Código Orgánico del Ambiente.

Se expone en este sentido, la función del Código Orgánico del Ambiente, el cual también se centra en el control de los procesos productivos y la garantía de la sostenibilidad de los

procesos industriales, reconociendo que es la industria la que genera la mayor cantidad de desechos contaminantes. Por ello, se ha considerado el siguiente artículo del COA:

Art. 3.- Fines. Son fines de este Código:

1. Regular los derechos, garantías y principios relacionados con el ambiente sano y la naturaleza, previstos en la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado;
5. Regular las actividades que generen impacto y daño ambiental, a través de normas y parámetros que promuevan el respeto a la naturaleza, a la diversidad cultural, así como a los derechos de las generaciones presentes y futuras;
7. Prevenir, minimizar, evitar y controlar los impactos ambientales, así como establecer las medidas de reparación y restauración de los espacios naturales degradados.

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales;
7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental;
8. El desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental;
11. La adopción de políticas públicas, medidas administrativas, normativas y jurisdiccionales que garanticen el ejercicio de este derecho; y,
12. La implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar sus causas (Asamblea Nacional, 2017).

Finalmente, se establece con claridad, la necesidad de que las industrias que fabrican papel periódico, de impresión y escritura, puedan minimizar el daño al ambiente, mediante la inclusión de unidades de procesamiento de desperdicios, sean de aguas residuales y/o desechos sólidos, para minimizar los impactos ambientales y regirse bajo los principios de sostenibilidad productiva.

1.6. Aspectos Metodológicos de la investigación

1.6.1. Tipo de estudio

La presente investigación es un tipo de estudio cuantitativo, que además tiene alcance descriptivo y por la fuente, es de campo, como se detalla seguido:

- **Descriptivo:** debido a que, es necesario establecer las características del procesamiento de desechos provenientes de las operaciones industriales de la manufactura de papeles periódicos y/o de impresión, para establecer los requerimientos técnicos apropiados para tal efecto.
- **Cuantitativo:** debido a que, se expresan los resultados del estudio, en cantidades porcentuales y numéricas, referentes a los parámetros de los desechos de las operaciones industriales de la fabricación de papel periódico y/o de impresión, así como a los requerimientos técnicos necesarios para minimizar los impactos ambientales.
- **De campo:** porque ha sido necesario acudir a las industrias que manufacturan papel periódico y/o de impresión, que se encuentran ubicadas en la zona 8, para establecer el grado de cumplimiento de los requerimientos técnicos de las unidades de procesamiento de desechos.

1.6.2. Método de investigación

El método de investigación aplicado en la presente investigación, se sustenta en la matriz de riesgos ambientales, la cual contribuye a conocer los principales riesgos a los que se expone el ecosistema de la zona 8, debido a los residuos que se generan en la producción de papel periódico y/o de impresión, para de este modo, determinar los requerimientos técnicos que contribuyen a la operación eficiente de las unidades de procesamiento de desechos en estas empresas y a la minimización de los impactos ambientales.

Se reconoce, además, la siguiente fórmula para el cálculo del riesgo ambiental:

- $\text{Riesgo ambiental} = \text{Consecuencia} \times \text{Probabilidad} \times \text{Exposición}$

1.6.3. Fuentes y Técnicas para la recolección de información

La técnica para la recolección de información consiste en la observación directa en las industrias fabricantes de papel periódico y/o de impresión, así como las encuestas al personal que forma parte de estas empresas, para conocer su nivel de conocimiento y capacitación en el manejo de las unidades de procesamiento de desechos, así como investigar la tecnología que utilizan, con el afán de mejorar estos aspectos y minimizar los impactos ambientales que genera esta industria.

1.6.4. Tratamiento de la Información

El enfoque cuantitativo requiere que la información recopilada en la investigación sea tabulada y procesada numéricamente, a través de programas informáticos estadísticos, para establecer los parámetros de los residuos industriales de las empresas papeleras y medir el riesgo ambiental.

1.6.5. Resultados e Impactos esperados

Con el desarrollo de la investigación de campo, se esperan los siguientes resultados en el estudio:

- Identificada la mejor tecnología disponible para la gestión de desechos industriales de las empresas pertenecientes al CIU C1701.05 en la zona 8.
- Diseñado el plan de capacitación para que el personal pueda manejar los equipos y tecnologías utilizadas para la gestión de residuos industriales, garantizando su seguridad y eficiencia en el proceso.
- Elaborada la propuesta para el cumplimiento de las regulaciones ambientales y sanitarias aplicables, a través de la implementación de medidas técnicas adecuadas.

Capítulo II

Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico

2.1. Análisis de la situación actual

2.1.1. Convenios ambientales internacionales aplicables al sector en estudio.

La industria papelera es uno de los sectores donde se produce gran cantidad de contaminación ambiental, generada por diversas razones, pero las principales se concentran en grandes cantidades de agua y energía que se requieren para la producción de papel, a lo que se añade la tala de árboles, otra de las materias primas que esta industria, necesita en grandes niveles.

En base a ello, estas industrias deben sujetarse a la legislación nacional e internacional, así como a las normativas de protección ambiental que tratan de minimizar la polución de contaminantes que pueden emanar de los procesos industriales de las empresas que manufacturan papel.

Al respecto, las empresas papeleras situadas en el subsector CIIU C1701.05 que, realizan actividades productivas en la zona 8 de este país, deben cumplir todos los requisitos asociados a los convenios internacionales suscritos por el Ecuador, en el seno de las Naciones Unidas y en los diferentes tratados firmados con los demás miembros de la ONU, los cuales tienen como propósito principal la protección del ambiente. En el **anexo 1** se puede observar las empresas del subsector en referencia a nivel nacional, mientras que, en el **anexo 2** se aprecia las compañías del subsector en mención, en la zona 8

De esta manera, se citan a continuación, varios de los convenios y tratados internacionales suscritos por el Ecuador:

- Acuerdo de Cooperación en Manejo Forestal, Rehabilitación de los Bosques y Ecosistemas, entre Ecuador y Corea (Conferencia de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible-Rio+20, 2012).
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Organización de Naciones Unidas, 1975).
- Convenio Internacional de las Maderas Tropicales y su protocolo Nagoya (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2006).
- Protocolo de Kioto para reducción de gases de efecto de invernadero (ONU, 1994).
- Acuerdo París, para mantener la temperatura global debajo de 2°C, con disminución continua de emisiones de carbono (ONU, 2015).

- Convenio de Basilea (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992) para el Control de los Movimientos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, detallando que los desechos del papel para su reutilización no deben estar mezclados, decir que se debe separar los orgánicos, metales y desechos peligro, estos involucran a:

B1190: Desechos de papel para fotografía que contengan haluros de plata y plata metálica (no es reciclable).

B3020: Desechos de papel, cartón y productos del papel. Los materiales siguientes, siempre que no estén mezclados con desechos peligrosos: Desechos y desperdicios de papel o cartón de:

- Papel o cartón no blanqueado o papel o cartón ondulado.
- Otros papeles o cartones, hechos principalmente de pasta química blanqueada, no coloreada en la masa.
- Papel o cartón hecho principalmente de pasta mecánica (por ejemplo, periódicos, revistas y materiales impresos similares).
- Otros, con inclusión, pero sin limitarse a: 1) cartón laminado, 2) desperdicios sin triar (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012).

Se desprende de las normas en mención que, las industrias papeleras deben tener los sistemas de tratamiento y reducción del desperdicio, para cumplir con los requisitos legales exigidos por los organismos internacionales y los cuales han sido aceptados formalmente por las autoridades nacionales, en los convenios y tratados internacionales.

Con respecto a la cantidad de empresas manufactureras de papel de impresión y periódico, clasificadas por su tamaño, se ha colocado en la tabla siguiente, el resumen a nivel nacional:

Tabla 1. *Clasificación de empresas pertenecientes al subsector C1701.05, a nivel nacional*

Empresas	Nacional	Porcentaje
Grandes	20	19,42%
PYMES	41	39,81%
Micro	42	40,78%
Total	103	100,00%

Fuente: Superintendencia de Compañías (2023).

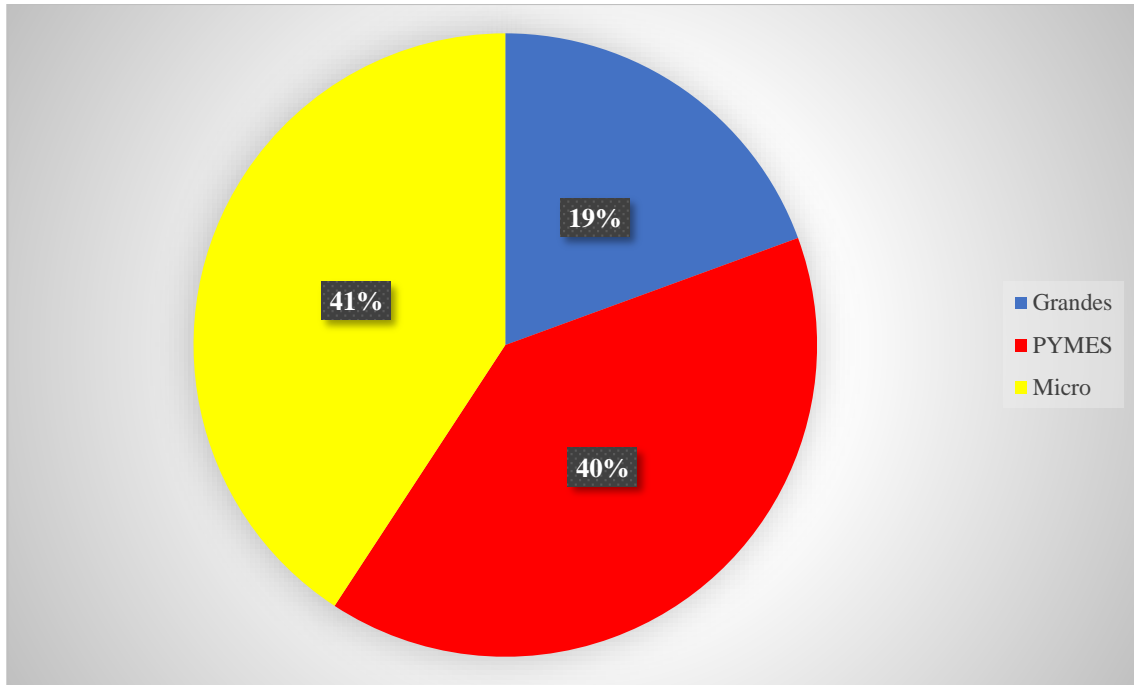


Figura 4. Clasificación de empresas pertenecientes al subsector C1701.05, a nivel nacional. Superintendencia de Compañías (2023).

Se observa que, la mayor cantidad de fábricas manufactureras del subsector C1701.05, en el plano nacional, son microempresas (41%), siguiéndole en orden de importancia las PYMES con 40% y finalizando, la gran empresa con el 19%, a pesar que, esta última es la que mayor cantidad de desperdicios genera.

Con relación a la cantidad de empresas manufactureras del subsector C1701.05, clasificadas por su tamaño en la zona 8, se ha presentado en la tabla siguiente, la siguiente información:

Tabla 2. Clasificación de empresas del subsector C1701.05, en la zona 8

Empresas	Nacional	Porcentaje
Grandes	9	8,74%
PYMES	14	13,59%
Micro	20	19,42%
Total	43	41,75%

Fuente: Superintendencia de Compañías (2023).

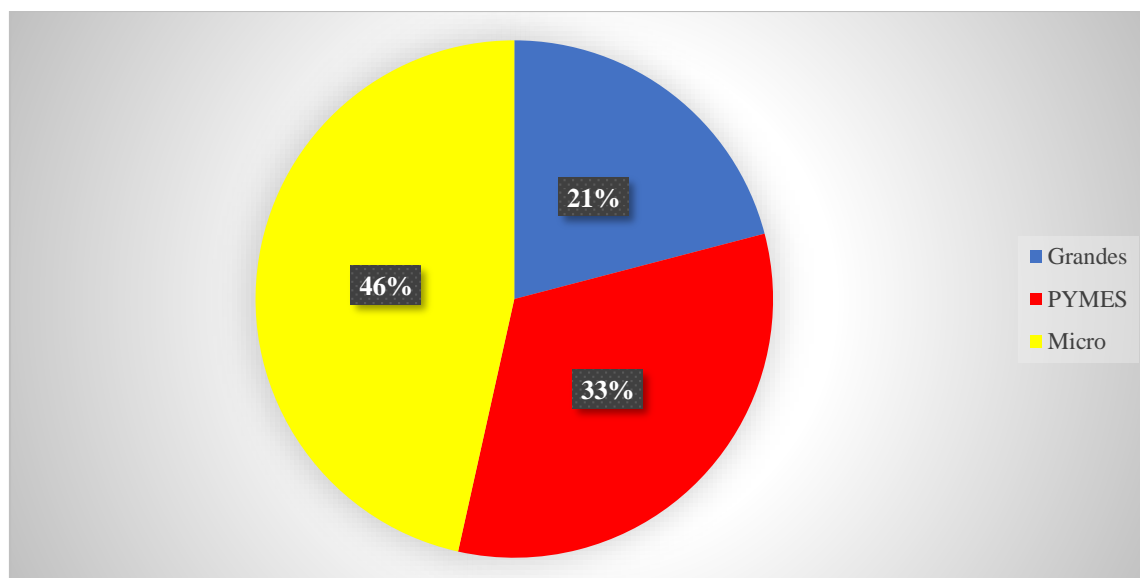


Figura 5. Clasificación de empresas pertenecientes al subsector C1701.05, en la zona 8. Superintendencia de Compañías (2023).

Se puede apreciar que, la mayor cantidad de compañías manufactureras del subsector C1701.05, en la zona 8, son microempresas (46%), siguiéndole en relevancia las PYMES con 33% y la gran empresa con el 21%, a pesar que, como ya se manifestó anteriormente, esta última genera la mayor cantidad de desperdicios.

En cuanto a los desperdicios, estos han sido calculados en la siguiente tabla a saber, en donde se clasifica a los mismos, considerando la producción de desechos en una empresa grande, mediana y pequeña, para luego, establecer la cantidad de desperdicios totales derivados del sector subsector C1701.05, a nivel nacional y en la zona 8.

Tabla 3. Clasificación de los desechos generados en el subsector C1701.05.

Descripción	Toneladas métricas
1 empresa grande	
Lodos de trampas Molino 1	189,48
Desechos industriales de Molinos	7.356,55
Desperdicios Plásticos	14,87
Lodos con Metal	109,12
Lodos de trampas Molino 2	549,56
Lodos del Clarificador	4.360,25
Subtotal	12.579,83
1 PYME	
Desechos no peligrosos	323,30
Orgánicos	163,90
Otros desechos no peligrosos	159,40
Desechos peligrosos	44,00

Lodos de tratamiento de planta de aguas residuales industriales que contienen sustancias peligrosas	28,30
Aceites minerales usados o gastados	15,7
Desechos especiales	21,90
Envases vacíos agroquímicos con triple lavado	21,90
Subtotal	389,20
1 microempresa	
Desechos no peligrosos	110,00
Orgánicos	55,70
Otros desechos no peligrosos	54,30
Desechos peligrosos	18,50
Lodos de tratamiento de planta de aguas residuales industriales que contienen sustancias peligrosas	13,40
Aceites minerales usados o gastados	5,1
Desechos especiales	6,80
Envases vacíos agroquímicos con triple lavado	6,80
Subtotal	135,30

Fuente: Ministerio del Ambiente (2023).

Con esta información, se ha procedido a calcular el desperdicio total generado por las empresas del subsector C1701.05, en la zona 8 y a nivel nacional, como se aprecia en la tabla seguida:

Tabla 4. Clasificación de los desechos generados, a nivel nacional y en la zona 8.

Tipo de empresa	Desperdicio	Cantidad de empresas	Total en TM
Nacional			
Grande	12.579,83	20	251.596,60
PYME	389,20	41	15.957,20
Micro	135,30	42	5.682,60
		Subtotal	273.236,40
Zona 8			
Grande	12.579,83	9	113.218,47
PYME	389,20	14	5.448,80
Micro	135,30	20	2.706,00
		Subtotal	121.373,27

Fuente: Ministerio del Ambiente (2023).

De esta manera, el cálculo efectuado ha arrojado como resultado, 273.236,40 toneladas métricas de desperdicio generado por las empresas del subsector C1701.05, a nivel nacional y 121.373,27 TM en la zona 8.

2.1.2. BAT Best Available Techniches Mejor Tecnología disponible para el tratamiento de los desechos

La industria papelera debe contribuir con la producción sostenible, adoptando medidas para garantizar la minimización de la contaminación, en este caso, es necesario abordar el tema del tratamiento de los desechos, tanto sólidos como líquidos, entre los que se citan los lodos y el agua residual, que son expulsado como consecuencia del proceso productivo para la elaboración de papel periódico, de escritura e impresión.

Cabe destacar que la capacidad de una unidad procesadora de desechos es de 4 TM/hora, es decir, 96 TM/día, porque las empresas papeleras trabajan 24 horas diarias y 28.800 TM/año, considerando 300 días laborables, descontando el mantenimiento de estos equipos. Esto significa que, si una empresa grande genera 12.579,83, basta con una unidad procesadora de desechos, en cambio, para las PYMES y microempresas papeleras, se puede conseguir una UPD de menor capacidad, siendo la siguiente, la distribución de planta:

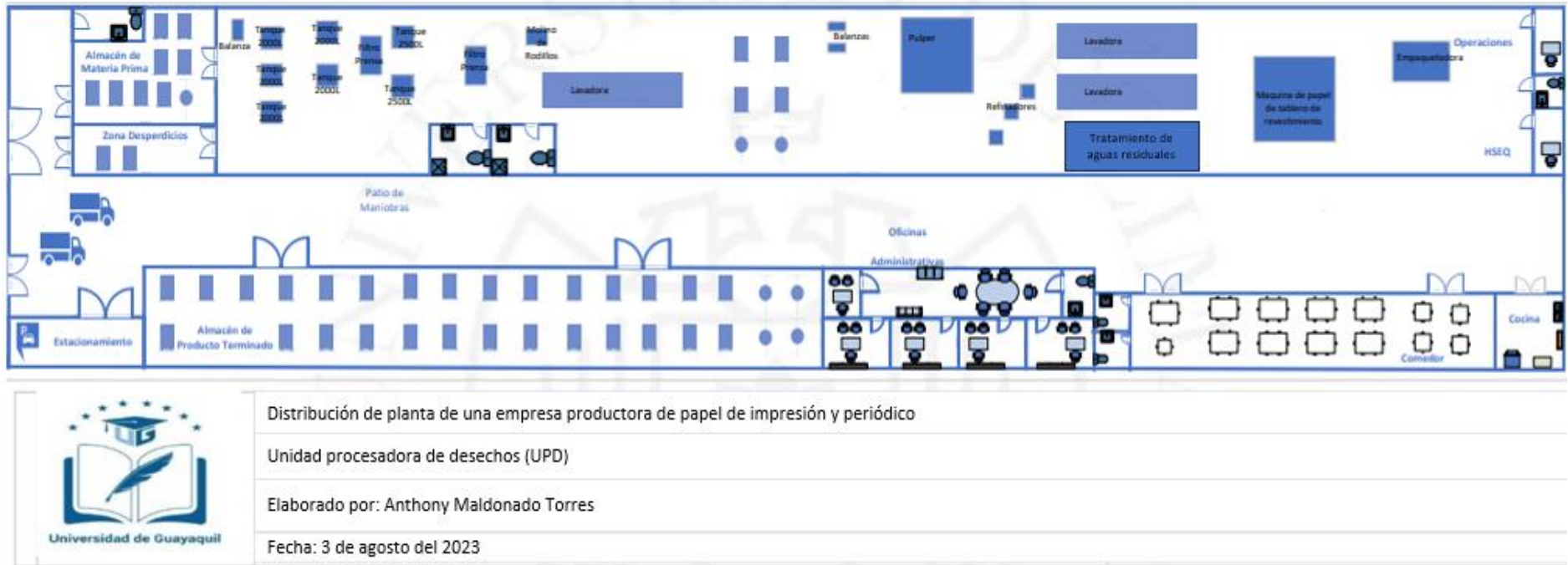


Figura 6. Diagrama de planta. Información tomada de Zeon Engineering (2023), elaborado por el autor.

Nota: Escala 1:500

En términos generales se citan dos tipos de tratamiento generales que pueden ser adoptados en la industria papelera:

- Tratamiento de agua sin reutilización. También conocido comúnmente como ciclo abierto, se refiere al hecho de expulsar las aguas residuales directamente al vertedero, una vez que han sido tratados los lodos y el agua residual, de modo que, se minimice el impacto al ambiente.
- Tratamiento de agua con reutilización. También conocido en el ámbito de la gestión ambiental, como tratamiento de ciclo cerrado, el cual tiene mucho aporte a la colectividad, porque además de minimizar la contaminación del agua y de los desechos sólidos, también contribuye con la reutilización del agua, para disminuir la cantidad del líquido vital necesaria para el proceso de elaboración de papel periódico y de impresión (García A. , 2022).

Aunque ha sido imposible recuperar toda el agua utilizada en el proceso productivo de los papeles, sin embargo, en Europa y en algunos países latinoamericanos, el método de ciclo cerrado, ha tenido éxito para reducir los grandes volúmenes de agua que, requiere la fabricación de este producto.

Una esquematización del proceso para el tratamiento de aguas residuales, se presenta en el siguiente gráfico:

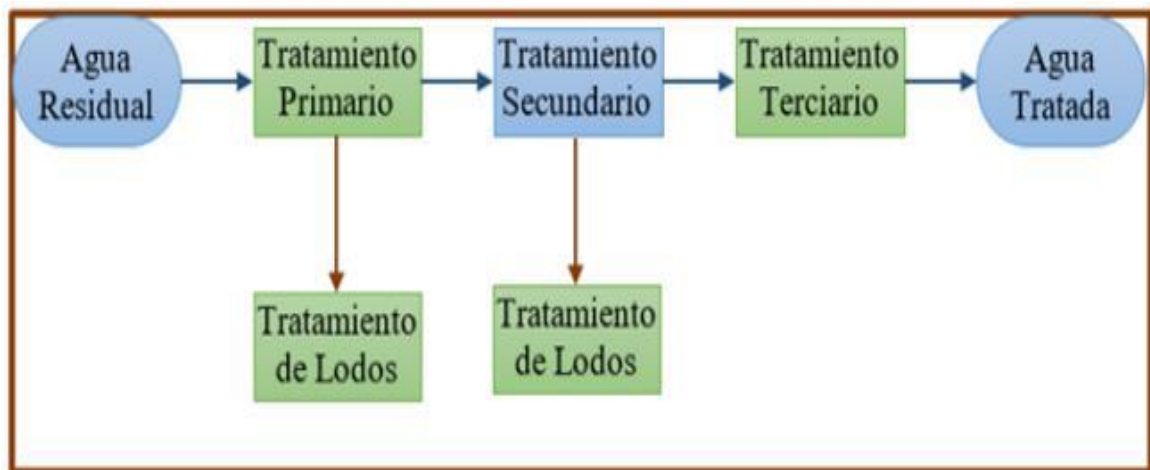


Figura 7. Fase de tratamiento de agua residual industrial, Información tomada de Verdesoto (2020).

Sobre el tratamiento de lodos que no pueden utilizarse en el proceso productivo del papel, algunas investigaciones como las de Verdesoto (2020), han enfatizado en la necesidad de reutilizar estos desperdicios, porque no son tóxicos y bien pueden servir como materia prima para la realización de relleno sanitario, compostaje e inclusive, para ser utilizado en actividades agrícolas.

Por este motivo, se destaca en este contexto que, existen muchas ventajas y desventajas para la reutilización de lodos provenientes de los residuos expulsados en el proceso de las papeleras, cuyas ventajas se mencionan a continuación:

- Constituye la tecnología de menores costos para el compostaje.
- Minimizar la cantidad de masa y volumen del compost.
- Tiene mayor velocidad de descomposición.
- Por las altas temperaturas del compost con lodos de las actividades manufactureras papeleras, es más higiénico en el combate de microorganismos patógenos.
- Mayores nutrientes y retención de agua, para la agricultura.
- Contenido elevado de materia orgánica.
- El suelo se nutre y eleva su calidad.
- Minimización del volumen de lodos en rellenos sanitarios.
- Menores costos de capital en rellenos sanitarios.
- Apto para revegetalizar los terrenos donde se lo coloca en rellenos sanitarios (Melgarejo, 2019).

Inclusive, es necesario que, el Ministerio del Ambiente pueda recuperar los terrenos que están siendo ocupados por los traficantes de tierras y volver a cultivar plantas, con el fin de reforestación, para mejorar la calidad del aire en el ecosistema local de la zona 8, en este caso.

De la misma manera, se exponen las desventajas del uso de lodos residuales en actividades ajenas a la manufactura de papel.

- Si no existe un balance apropiado de nutrientes, se puede dificultar el compostaje.
- Bajo contenido de materia orgánica y humedad.
- Pueden generarse malos olores si se deja almacenado estos lodos.
- Incrementa los costos de energía
- Deficiencias del nitrógeno que puede dificultar la agricultura.
- Alta salinidad.
- Se requiere una gran cantidad de áreas para su almacén temporal.
- No es estable y pueden emanar del mismo, olores y gas (Melgarejo, 2019).

Si bien es cierto, estas desventajas pueden hacer que la alta gerencia desista del uso de lodos residuales provenientes de la producción de papel, sin embargo, sus ventajas los superan y se estima que, bien pueden servir para el fortalecimiento de las actividades agrícolas y de relleno sanitario.

2.1.3. Aplicación de Plan de Incentivos Puntos Verdes, legislación ecuatoriana.

De conformidad con los tratados y acuerdos suscritos por el Ecuador, como país miembro de la ONU, el gobierno nacional se vio en la necesidad de promover algunos incentivos para las empresas que se comprometan con cumplir la legislación y normativas, en materia de protección ambiental.

Ante ello, el gobierno nacional planteó el Acuerdo Ministerial 97, el cual fue suscrito en el Registro Oficial 387, en donde se encuentra plasmado el marco institucional para el otorgamiento de incentivos a las empresas que pongan en marcha la legislación nacional e internacional vigente en materia ambiental, los cuales pueden ser monetarios o reconocimientos que propendan a la potenciación de la competitividad de las organizaciones que prueben el cumplimiento cabal de las normas y leyes de protección de los recursos naturales.

Al respecto, del Acuerdo Ministerial 140 (Ministerio del Ambiente, 2015), se extrajeron los siguientes artículos a saber, que se exponen en el **anexo 3**, en donde se explican sobre el objeto general de esta normativa, así como los beneficios e incentivos ambientales que pueden obtener las empresas que cumplan con el mismo, sobre todo, en el ámbito de mantener las políticas de protección ambiental.

Además, se aborda el tema de la producción más limpia o PML como estrategia para obtener estos incentivos, en donde se enlaza esta normativa con la presente investigación, que pretende mejorar la sostenibilidad de la producción de papel de impresión y de escritura en la zona 8, a través del fortalecimiento del tratamiento de aguas residuales en los procesos productivos de estas organizaciones manufactureras.

Como se puede observar, las empresas productoras de papel pueden ser beneficiarias de incentivos económicos y/o reconocimientos, por la demostración del cumplimiento con la legislación vigente en protección del ambiente. Por una parte, la obtención de la Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde, constituye un hito para las organizaciones que acrediten su obtención, en el ámbito de la competitividad empresarial.

Por otra parte, los incentivos económicos que ganen las empresas que acrediten buenas prácticas manufactureras en la industria del papel, pueden traducirse en reducción de cargas impositivas, por ello, la importancia de demostrar la implementación de sistemas de tratamiento que garanticen la Producción Más Limpia, el reciclaje de papel y la reutilización del agua residual, reconociendo que estas actividades pueden redundar en beneficio de la fábrica, la colectividad y su entorno.

2.1.4. Estimación de la huella de carbono para todas las empresas de la zona 8.

Las empresas ubicadas en el subsector C1701.05, generan dióxido de carbono como consecuencia de las operaciones que realizan para la producción de los diferentes tipos de papel. Por este motivo, es necesario que, se cuente con mecanismos adecuados para evaluar la huella de carbono que expulsan estas organizaciones manufactureras, al expulsar en forma de emisiones que contaminan el ambiente.

Ante ello, se aclara que, las emisiones de dióxido de carbono pueden afectar el medio ambiente, generando inclusive los gases de efecto invernadero que, han sido la principal causa del cambio climático a nivel nacional y mundial, ocasionando la preocupación de las autoridades que se encargan de la protección ambiental, no solo haciendo mención al Ministerio del Ambiente, sino también al PNUMA de Naciones Unidas.

Por este motivo, Canciano et al. (2021) puso de manifiesto una ecuación para calcular la huella de carbono en las empresas, indicando que la misma consiste en el producto de la actividad que realiza la organización productiva y el factor de emisión, como se expone seguido:

- Huella de carbono = Dato de actividad x factor de emisión.

En esta fórmula, es importante destacar los factores de emisión que, en este caso, son los siguientes:

- Combustible para calentamiento de agua = 0,000203Tn CO₂/m³
- Electricidad = 0.00043TnCO₂/Kwh
- Combustible = 0.00252 TnCO₂ (Ministerio de Transición Ecológica de España, 2023)

Es necesario manifestar en este contexto que, los datos más relevantes del ejercicio están asociados a los siguientes datos a saber:

- 84.691.538 Kw h/Tn de energía
- 275.482 m³h/Tn de agua
- Combustible 379.731 Gal./Tn.

$$\text{Agua HC} = 275.482 \frac{m^3}{Tn} \times 0,000203 \frac{tn CO_2}{m^3} = 55,92Tn CO_2$$

Con relación a la contaminación generada por el vapor de agua, se han obtenido 55,92 toneladas de CO₂ en el sector C1701.05.

Prosigue de la misma manera, el cálculo de la contaminación causada por el uso de energía eléctrica:

$$\text{Energía HC} = 84.691.538 \frac{\text{Kwh}}{\text{Tn}} \times 0.00043 \frac{\text{tn CO}_2}{\frac{\text{Kwh}}{\text{Tn}}} = 36.417,36 \text{ Tn CO}_2$$

Respecto a la contaminación ocasionada por la utilización de la energía, se pudo calcular 36.417,36 toneladas de CO₂ en el sector C1701.05.

También se hace referencia al uso de combustible derivado del petróleo, cuyo cálculo se presenta seguido:

$$\text{Combustible HC} = 379.731 \frac{\text{Gal.}}{\text{Tn}} \times 0,00252 \frac{\text{tn CO}_2}{\frac{\text{Gal.}}{\text{Tn}}} = 956,92 \text{ Tn CO}_2$$

Es decir que, la contaminación que ocasiona el empleo de combustible derivado del petróleo asciende a 956,92 toneladas de CO₂ en el sector C1701.05.

- Cantidad de toneladas de CO₂: $55,92 \text{ Tn CO}_2 + 36.417,36 \text{ Tn CO}_2 + 956,92 \text{ Tn CO}_2 = 37.430,21 \text{ Tn CO}_2$

De esta manera, las empresas grandes generan alrededor de 37.430,21 toneladas de CO₂ diarias, mientras que, para el caso de las PYMES y las micros, se debe obtener un valor proporcional.

De esta manera, se ha estimado la huella de carbono en la siguiente tabla, que considera los datos estimados en el país:

Tabla 5. *Estimación de huella de carbono a nivel nacional*

Estimación de Tn CO₂ Sector C17
Nacional
<ul style="list-style-type: none"> • Hay un total de 20 empresas grandes: $37.430,21 \text{ Tn CO}_2 \times 20 \text{ empresas} = 748.604,13 \text{ Tn CO}_2$ • 41 PYMES en la cual se estima que por cada 4 empresas se genera la misma cantidad de CO₂ que una empresa grande: $37.430,21 \text{ Tn CO}_2 \times 11 \text{ empresas} = 411.732,27 \text{ Tn CO}_2$ • 42 empresas micro, donde cada 8 empresas, representará que se genera la cantidad de CO₂ de una empresa grande. $37.430,21 \text{ Tn CO}_2 \times 5 \text{ empresas} = 187.151,03 \text{ Tn CO}_2$

Fuente: Información tomada de la investigación de Navarrete (2022). Elaborado por el autor.

Se observa en el cálculo de la tabla que, considerando las empresas papeleras en el ámbito nacional, estas sumaron un total de 1.347.487,43 toneladas de CO₂, generados al ambiente externo, que también puede ser considerado en megatoneladas de CO₂, la cifra de 1,35.

Además, se ha estimado la huella de carbono de las empresas en cuestión, calculada para la zona 8:

Tabla 6. *Estimación de huella de carbono en la zona 8*

Estimación de Tn CO₂ Sector C17	
Nacional	Zona 8
<ul style="list-style-type: none"> • Hay un total de 9 empresas grandes: 37.430,21 Tn CO₂ x 9 empresas = 336.871,86 Tn CO₂ • 14 empresas PYMES, en la cual se hace la misma estimación que al nivel nacional: 37.430,21 Tn CO₂ x 4 empresas = 149.720,83 TnCO₂ • 20 empresas Micro, se realiza la misma estimación que al nivel nacional: 37.430,21 Tn CO₂ x 3 empresas = 112.290,62 Tn CO₂ 	

Fuente: Información tomada de la investigación de Navarrete (2022). Elaborado por el autor.

Mientras que, en la zona 8, la suma de la huella de carbono fue igual a 598.883,30 toneladas de CO₂.

Se destacar además que, en el año 2020, las empresas del sector papelerero en el Ecuador, ocuparon el puesto 16 por la producción de CO₂, las cuales disminuyeron en 16,82% con relación a los últimos cinco años.

Es necesario manifestar en este sentido que, el sector energético es el que mayores emisiones de CO₂ expulsa al entorno, con 46,63%, luego prosigue 25,35% el uso de suelo y la agricultura con 18,17%, finalmente la industria con 5,67% y los residuos con 4,19% (FARO, 2022).

Se destaca que, el sector productor de papel es uno de los ramos industriales más contaminantes, porque utiliza maderas de los árboles, agua en cantidades notables, combustibles derivados del petróleo y energía, por ello, es necesario conocer el impacto que han tenido las estrategias en este sector productivo, para la reducción de los residuos sólidos y líquidos expulsados al ambiente.

2.1.5. Unidad procesadora de los desechos del sector, zona 8, operada ambientalmente: paneles solares y energía eólica.

El sector industrial papelerero, se ubica en mayor medida en la provincia del Guayas, en donde se encuentran grandes industrias como Papelera Nacional, Papelesa, entre las más relevantes, especialmente en la zona 8, conformada por Guayaquil, Samborondón y Durán que, son las de mayor industrialización.

También la zona 8 abarca algunos micros y pequeñas industrias dedicadas a la producción de papel periódico y de impresión, las cuales también se encuentran inmersas en el problema especificado.

Se estima que, las empresas productoras de papel en la zona 8, deben contar con bodegas para el almacenamiento de papel reciclado, proveniente de la actividad que desempeñan las empresas que expenden estos productos de desechos, previamente reciclados, con el propósito de reutilizarlos en los procesos productivos, porque no solo se debe realizar el tratamiento de las aguas residuales, sino que, además, es importante utilizar materia prima reciclada que, evite el empleo de los árboles como recursos materiales para la fabricación de papel, en procura de impedir su tala discriminada.

A continuación, se expone la capacidad de utilización de materia prima reciclada en las industrias papeleras de la zona 8:

Tabla 7. Capacidad de producción estimada en toneladas

Tiempo	Años				
	2023	2024	2025	2026	2027
Mes	250	275	357,5	464,75	604,175
Anual	3.000	3.300	4.290	5.577	7.250,1
Día	9,62	10,6	13,8	17,9	23,2

Fuente: Información tomada de la investigación de Navarrete (2022). Elaborado por el autor.

Según la estimación de datos, será necesario contar con 250 toneladas mensuales de papel reciclado, para iniciar esta propuesta, en el año 2023, en curso, para continuar con incrementos anuales del 10%.

Mientras tanto, el proceso de producción para garantizar la reutilización del papel periódico y de impresión, se detalla en el siguiente flujograma:

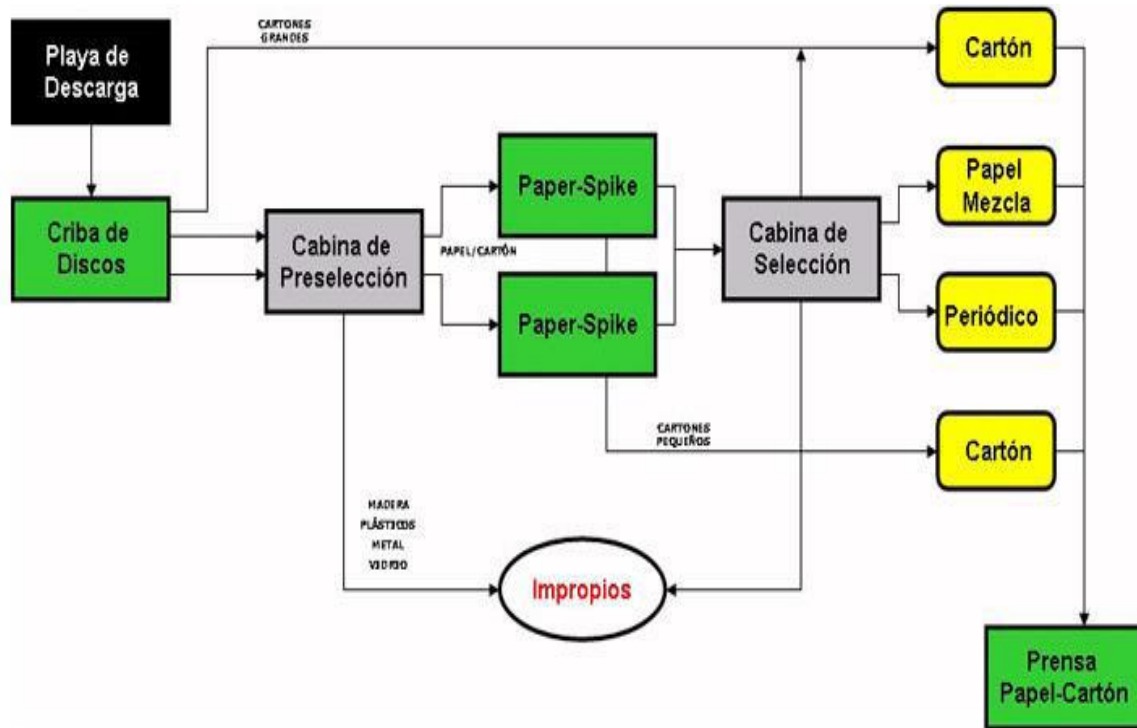


Figura 8. Proceso productivo de planta de reciclaje de papel y cartón. Información tomada de la investigación de Navarrete (2022).

Sin embargo, además del reciclaje de papel y su reutilización en el proceso productivo de elaboración de las variedades de papel en mención, también se requiere abordar el tratamiento del agua reciclado, sobre todo, mediante el empleo de un proceso con ciclo cerrado, es decir, donde se propenda al máximo, la reutilización del líquido vital, para evitar su consumo en esta industria, más que el necesario.

Se conoce por la literatura teórica, que el ciclo cerrado, en lo que, respecta al tratamiento de agua, consiste en un método de producción sostenible, donde se promueve el vertido cero, o sea que, la misma pueda ser tratada a partir de la tecnología apropiada y volver a formar parte del proceso productivo, garantizando de esta manera que, no se siga requiriendo agua en la elaboración del papel, de forma que, se pueda minimizar su consumo (Navarrete, 2022).

Las empresas internacionales que han utilizado el sistema de tratamiento del agua con vertido cero, han enfatizado en la necesidad de reducir el consumo del agua en el proceso, porque el tratamiento de las aguas residuales no debe ser para la expulsión del líquido vital, una materia prima necesaria y que se ocupa en grandes cantidades en esta industria, sino que, por el contrario, es necesario reducir el consumo de agua, al reutilizarla después de su tratamiento y separación de sustancias contaminantes, para garantizar la protección de este recurso, a favor de la comunidad circundante (García S. , 2019).

Claro está que, se debe controlar los parámetros del agua residual, porque este líquido se suele mezclar con papel, tintura y hasta con grasas derivadas de los hidrocarburos, por lo que, es necesario garantizar su limpieza máxima, a través de un sistema de tratamiento que pueda asegurar la separación de contaminantes en este sentido.

Además, se debe considerar que, el agua que forma parte del proceso de producción de papel no circula sola, sino que, con ella se movilizan también las sustancias químicas aplicadas en su manufactura, como es el caso del cloro y el peróxido de hidrógeno, los cuales también deben separarse, como acción del sistema de tratamiento de aguas residuales escogido para tal efecto (García A. , 2022).

Además, según Canciano et al. (2021), es necesario realizar el siguiente procedimiento para generar un tratamiento con vertido cero:

- Homogeneizar, o sea, neutralizar el pH, para generar la acumulación de sólidos separadas del agua de proceso, en especial, aquellas partículas de mayor tamaño.
- Efectuar el tratamiento de oxidación avanzada, en donde por lo general, se suele emplear la ozonización, con el propósito de forjar la descomposición de moléculas orgánicas grandes.
- Emplear el tratamiento biológico anaerobio que tiene la propiedad de reducir la materia orgánica disuelta en el agua, proceso que debe servir para el aprovechamiento del biogás.
- Filtración de efluentes, por medio de un filtro de arena, para posteriormente utilizar membranas de ultrafiltración.
- Luego, es necesario realizar ósmosis inversa, o en otras palabras empujar el agua bajo presión, para la separación con las partículas de lodos o materiales, pero evitando que pasen las sales inorgánicas disueltas, bajo la utilización de una membrana semipermeable.

A continuación, se cita en un esquema, el proceso para el tratamiento de las aguas residuales en la industria papelera.

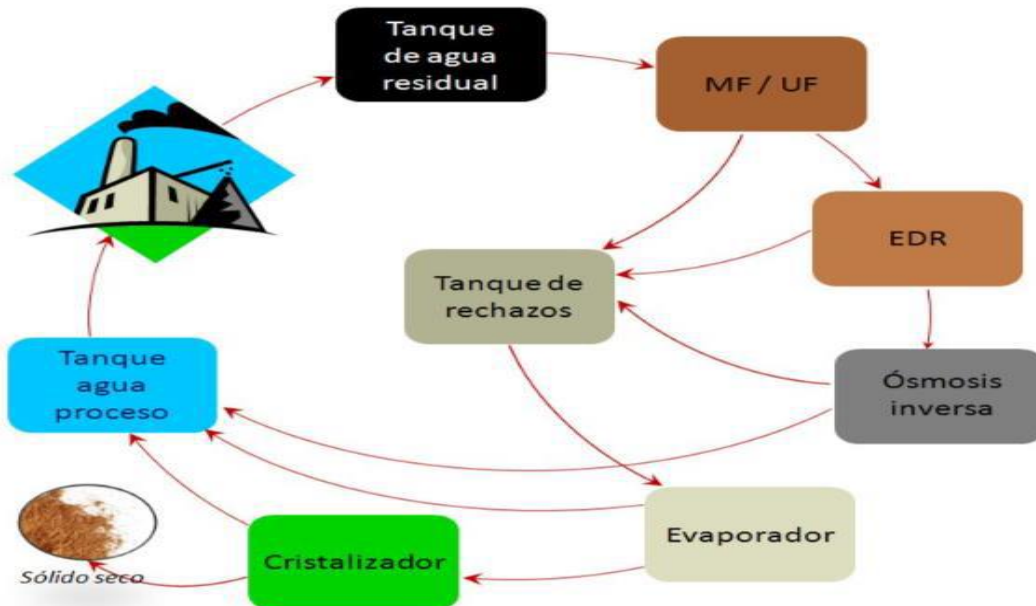


Figura 9. Ciclo de tratamiento tecnología Vertido Cero, Información tomada de investigación de Navarrete (2022).

Como parte del proceso de tratamiento de aguas residuales en las empresas manufactureras de papeles periódicos y de impresión, se cita que en los mismos se incluyen la cristalización, evaporación y osmosis inversa, en donde las membranas contribuyen a la evaporación y cristalización de los desechos que se encuentran en el agua, mientras que la ozonización trata de separar los elementos químicos pesados, de modo que, se pueda contar con un líquido vital apto para el consumo humano, en donde el desecho será un sólidos seco que se maneja a través de gestores ambientales, mientras que, el agua puede seguir recirculando.

A continuación, se indica en fotos, el proceso de descarga de aguas residuales, bajo el método de cero descargas, valga la redundancia, es decir, procurando la mayor reutilización del agua residual tratada.



Figura 10. Tecnología como Zero Liquid Discharge (ZLD, Tomado de Zean Engineering

Sobre este tipo de tratamiento, es necesario acotar que, la tecnología de cero descargas no solo ofrece la separación de las sustancias contaminantes del agua de procesos, sino que, además, minimiza la cantidad de energía eléctrica emanada desde los equipos del sistema de tratamiento antedicho.

Algunos autores como Navarrete (2022), refiere que el equipo para poner en marcha el sistema de tratamiento de aguas residuales de cero descargas, debe ser de acero inoxidable 316 L, o también se lo puede adquirir fabricado con material de acero resistente a la corrosión dúplex 2205, 2507.

Otras características de este sistema de tratamiento de las aguas de procesos, consiste en la cantidad de vertido que emanan del mismo, en donde se encuentra desde 100 litros por hora a 15.000 litros por hora, según los medios energéticos utilizados, entre los que se mencionan al agua caliente, vapor saturado o aceite térmico.

Al respecto, se pone de manifiesto la tabla de consumo de vapor por cada Kg. de agua de proceso.

Tabla 8. *Consumo de vapor por cada kg de agua*

Consumo para evaporación de 1 kg de agua	Kg. de vapor
Simple efecto	1,1
Doble efecto	0,58
Triple efecto	0,4
Cuádruple efecto	0,3
Quíntuple efecto	0,27

Información tomada de Zean Engineering (2023), elaborado por el autor.

Según el análisis efectuado por la empresa Zean Engineering (2023), se requiere para consumo de evaporación de 1 kilogramo de agua, 1,1 kilos de vapor de simple efecto, alcanzando hasta 0,27 Kg. de vapor en el caso del quíntuplo efecto, como se puede observar en la tabla.

2.1.6. Especies en peligro flora aplicado a la zona 8 (todas las empresas) con fines de reforestación.

La flora y fauna existente en la zona 8, ha sufrido diversos impactos debido a la actividad forestal, agrícola e industrial. Sin embargo, previo a identificar estos aspectos negativos que han deteriorado el ecosistema en donde crecen, se reproducen y habitan las especies florales y animales, es necesario mencionar cuáles son las principales especies que se encuentran en

las ciudades de Guayaquil, Durán y Samborondón, pertenecientes a la provincia del Guayas, específicamente en los sectores donde se ubican las empresas productoras de papel.

El artículo de Cornejo (2019) puso de manifiesto algunas de las especies nativas de la zona 8, entre las que menciona a la gallareta, garrapatero, gallinazos rey y de cabeza negra, gavilán dorsigris, tangara azul, pinzón sabanero, tilingo, garza real, blanca, espátula, nocturna e ibis blanco, tortolita crocante y martín pescador, entre las aves; tigrillo, mono aullador, ardilla, murciélago frutero, venado, saíno, puma, cusumbo, cuchucho, guatusa, entre los mamíferos; cocodrilo, boa, iguana, salamanquesa, variedades de ranas y sapos, entre los reptiles y batracios; bagre, róbalo, mojarra, lisa, guanchiche, roncador, barbudo, cangrejo, jaiba, mejillones, entre los peces y especies acuáticas.

Entre las especies vegetales, el I. Municipio de Guayaquil (2020) citó como especies nativas de la zona 8, al mangle blanco y negro, al muyuyo, pechiche, roble, guayacán, guachapelí, Fernán Sánchez, balsa, bototillo, colorado, caña fístula, amarillo, algarrobo, laurel, cactus candelabro, saiba, flor de octubre, cascol, porotillo, membrillo, samán, florón, ceibo, orquídea, platanillo, guasmo y palo santo, entre las variedades de mayor renombre.

Precisamente, las actividades industriales conspiran con el mantenimiento de ecosistemas saludables, porque expulsan sustancias contaminantes que pueden poner en peligro la vida y la salud de las especies animales y vegetales que tienen su hábitat en los cuerpos de agua, mangles, bosques y demás espacios de la zona 8.

Se tiene que manifestar que, si bien es cierto, las heces arrojadas por los habitantes que viven en los márgenes del estero salado, son la principal causa de la contaminación de los cuerpos de agua de la localidad guayaquileña, sin embargo, es necesario considerar que, los mismos, no forman parte del problema en cuestión, porque el análisis actual del problema, se basa en la contaminación ocasionada por los desechos industriales.

Sobre este particular, Hernández (2021) indica que, se pudo conocer que uno de los elementos que se expulsan en conjunto con los residuos industriales, es el cadmio, el cual se encuentra por encima de los parámetros permisibles de (0,5 mg/kg), según la norma ecuatoriana del Acuerdo Ministerial 028, encontrándose como hallazgos, en el Estero Salado ($4,32 \pm 3,94$ mg/kg), Golfo de Guayaquil ($2,82 \pm 1,65$ mg/kg, máx.: 13,91) y la Reserva Ecológica Manglares Churute ($7,39 \pm 5,35$ mg/kg, máx.: 15,97). Para el efecto, se incluye en los **anexos 4, 5 y 6** correspondientes, la contaminación del recurso agua, según el Acuerdo Ministerial 097A.

Prosiguiendo, Castillo (2021) estimó que también se superó el límite máximo permisible de plomo, que según el Acuerdo Ministerial 028 es de 19 mg/kg, hasta 30,2 mg/kg, sin

embargo, en el Estero El Macho se encontró una media de 57,44 mg/kg; máx: 72,30 mg/kg y en el Estero Salado, una media de 55,45 mg/kg y un máximo 523,8 mg/kg, debido al uso combustibles derivados del petróleo, tal como se observa en los **anexos 4, 5 y 6** del Acuerdo Ministerial 097A. Además, los aceites y grasas de hidrocarburos se situaron en concentraciones de 0,80-1,40 mg/L en el Estero Salado, por encima del límite máximo permisible de 0,3 mg/L, situación que está generando un daño al ecosistema marino y atenta contra la vida de algunas especies como las garzas y los peces, por ejemplo.

También Pernía et al. (2019) se refirió al problema de la contaminación de los cuerpos de agua con mercurio, encontrándose en el Golfo de Guayaquil (06-1 mg/kg) y el canal de Jambelí (0,94 – 1,04 mg/kg), en los esteros Huylá (6,57-7,61 mg/kg), Bajo Alto (3,46-4,83 mg/kg) y El Coco (4,40 mg/kg), condición que afecta la biota maría, una de las más afectadas por los residuos de las actividades industriales, entre las que se encuentra la industria papelera, tal como se observa en los **anexos 4, 5 y 6** del Acuerdo Ministerial 097A.

A ello se añade la contaminación con residuos sólidos en los manglares, en las laderas de los cuerpos de agua y en el suelo, donde no es extraño encontrar desechos de papeles y plásticos que se han convertido en basura y que afectan en gran medida el ecosistema, a lo que, se añade un incremento en la tala de árbol, uso de agua, combustible y energía, en las actividades de la industria papelera, es decir que, se puede generar mayor contaminación, afectando a las especies marinas, a las plantas, al incrementarse la deforestación y a las especies animales que viven en estos hábitat, como las garzas que se contaminan al buscar peces en el estero, las diversas especies de aves, que pierden su lugar donde dormir y habitar, porque se talan los árboles.

2.2. Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas

Una vez que se ha realizado el análisis de la situación actual de las empresas manufactureras dedicadas a la producción de papel periódico y de impresión, se ha realizado el análisis comparativo para estimar la necesidad de proponer alternativas de solución que, minimicen la contaminación ambiental que se produce en estas compañías, para cumplir con los principios de sostenibilidad ambiental de la Agenda 2030.

Sobre lo mencionado, se han tomado los siguientes parámetros de aguas residuales, encontrados en un artículo científico, en donde se mencionaron los siguientes parámetros de las aguas que se expulsan de los procesos de las industrias papeleras en las localidades de la zona 8:

Tabla 9. *Indicadores esperados con el tratamiento de cero vertidos en las aguas residuales*

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Normativa
pH	6-7	6-7	6-7
DQO	1.707 mg/l	350 mg/l	500 mg/l
DBO	980,2 mg/l	200 mg/l	250 mg/l
Sólidos totales	6.350 mg/l	1.400 mg/l	1.600 mg/l
Sólidos suspendidos	4.591 mg/l	220 mg/l	220 mg/l

Datos tomados del Ministerio del Ambiente (2015), Acuerdo Ministerial 97A.

Los datos expuestos en la tabla, corresponden a los límites máximos permisibles en la normativa del Acuerdo Ministerial 97A, en donde se presenta el análisis comparativo entre el agua residual que pasa por un proceso de tratamiento de cero vertidos y uno que no ha atravesado este tipo de tratamiento, propiamente dicho.

Con relación a la huella de carbono, esta es muy elevada, porque en todas las empresas que producen papel, en la zona 8, se obtuvo un total de 598.883,30 toneladas de CO₂ que, deben reducirse para minimizar la contaminación ambiental y proteger la salud de los trabajadores de estas empresas y de las comunidades que habitan en los alrededores de estas organizaciones manufactureras.

Más aún, cuando el análisis efectuado ha manifestado que, las operaciones de estas empresas constituyen una amenaza para la vida de la flora y fauna de los sectores donde funcionan estas fábricas papeleras.

2.3. Presentación de resultados y diagnóstico

Con base en esta información recopilada, se ha procedido a aplicar el diagrama causa – efecto, previo al diagnóstico de la situación actual de las empresas que se encuentran en el sub sector industrial C1701.05 en la zona 8.

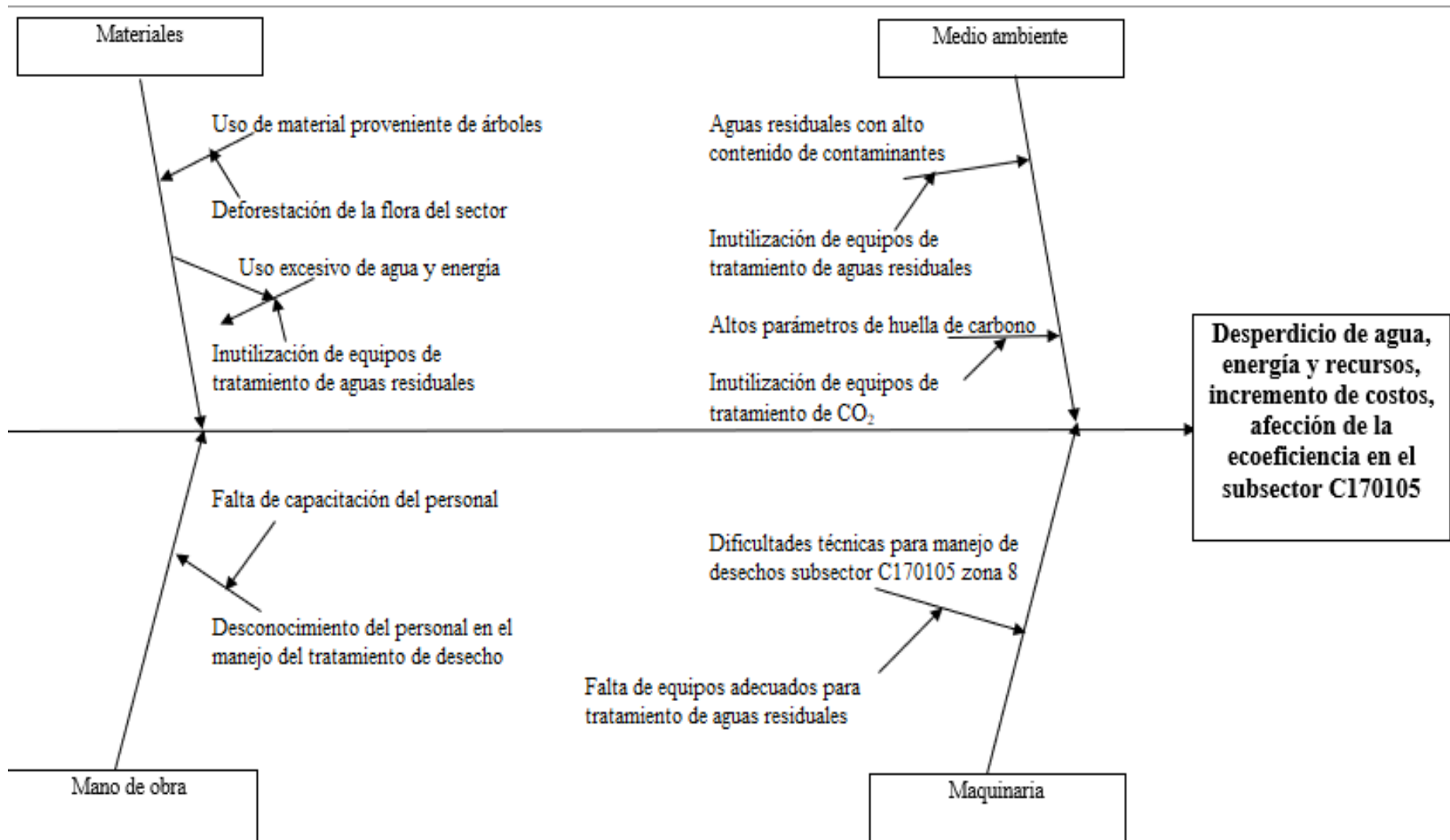


Figura 11. Diagrama causa – efecto.

Con base en el diagrama causa – efecto, se ha podido conocer que el efecto principal de no contar con una adecuada unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8, es el incremento de la contaminación ambiental, el debilitamiento de la ecoeficiencia y el desperdicio de los recursos.

Diagnóstico

Finalmente, reconociendo que las empresas del sub sector C1701.05 en la zona 8, tienen un alto consumo de agua, entonces, el desperdicio por la inutilización de una adecuada unidad de procesamiento de desechos, asciende al siguiente costo:

- Costo de desperdicio de agua: cantidad de $m^3/h/Tn$ de agua x costo de m^3 de agua x 0,6 de desperdicio
- Costo de desperdicio de agua: $275.482 m^3/h/Tn$ de agua x $\$0,16$ x 0,6
- Costo de desperdicio de agua: $\$44.077,12$ x 0,6
- Costo de desperdicio de agua: $\$26.446,27$

Esto significa que, si las empresas del sub sector C1701.05 en la zona 8, utilizaran una adecuada unidad de procesamiento para el tratamiento de aguas residuales, podrían ahorrar $\$26.446,27$ anuales.

Capítulo III

Propuesta, Conclusiones, Recomendaciones

3.1. Objetivo de la propuesta

Elaborar la propuesta para el cumplimiento de las regulaciones ambientales y sanitarias aplicables, a través de la implementación de medidas técnicas adecuadas, para la definición de los requerimientos técnicos, para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8.

3.2. Alcance

El alcance del presente trabajo investigativo se encuentra asociado al sistema de gestión ambiental de las empresas pertenecientes al CIU C1701.05 en la zona 8, en donde se hace referencia a la disminución del consumo de pulpa de árboles, agua y energía eléctrica, mediante la implementación de sistemas de tratamiento del agua residual y la utilización de materia reciclado en el proceso productivo de manufactura de papel periódico y de impresión.

3.3. Estructura de la propuesta

Como se puso de manifiesto, la propuesta se estructura en tres secciones, la primera referida a la implementación del tratamiento de aguas residuales, así como al procesamiento de material reciclado, incluyendo la reforestación de las áreas que sean taladas por parte de las empresas de este sector industrial, como parte de las propuestas de mayor raigambre en las soluciones planteadas.

3.3.1. Métodos para el tratamiento de aguas residuales.

La sostenibilidad, como principio destacado entre los ODS de la Agenda 2030, resalta la importancia del consumo responsable de las materias primas y la energía. En las industrias papeleras, estos materiales hacen referencia, al consumo de agua, energía y árboles, con los cuales se fabrican los diversos tipos de papeles, de manera que, es necesario minimizar el uso de estos recursos, para garantizar el respeto de los derechos de la naturaleza y de las demás partes interesadas.

Uno de los problemas de mayor severidad en la industria papelera, se encuentra asociado a los grandes consumos de agua que se requieren en la producción de los bienes que fabrica este sector industrial. Si se reconoce que el agua es un recurso no renovable y que corre el

riesgo de extinción, si es que no se lo protege adecuadamente, entonces, surge la necesidad de disminuir el consumo del líquido vital en estas empresas fabriles. Para ello, es necesario que, se pueda reutilizar el agua de procesos, de modo que, al utilizar tecnología que permita la extracción y sedimentación de los químicos inmersos en este recurso, se pueda proveer de agua apta para ser utilizada nuevamente en el proceso productivo y economizar su uso, valga la redundancia.

Precisamente, uno de los métodos de mayor importancia, para lograr la reducción del consumo de agua en la industria papelera, consiste precisamente en la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales que, pueda separar los químicos que forman parte del proceso y que se encuentran en las aguas de proceso, para que el líquido vital pueda recircular, en ausencia de estos aditivos, para encontrarse apta para ser empleada de nuevo en el proceso productivo, evitando la necesidad de este recurso vital, reduciendo ostensiblemente su consumo.

Ante ello, es necesario esquematizar este proceso, para identificar el tratamiento de lodos en el agua residual, conforme a las expectativas de las empresas papeleras y las partes interesadas, como se presenta en el siguiente esquema:

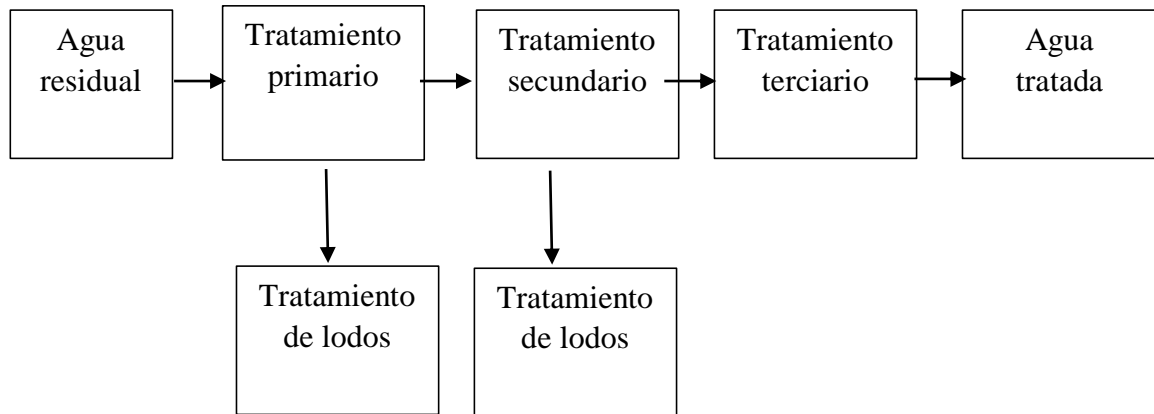


Figura 12. Tratamiento de aguas residuales en la industria papelera. Datos tomados de la web site de la Universidad del País Vasco (2023).

Con base a la ilustración, se entiende que, el agua residual debe realizar una serie de procesos que permita que pueda ser utilizada por las manufacturas papeleras, puesto que, el agua es uno de los recursos que se requiere en gran medida para producir el papel, por esto, se considera una de las alternativas que permitan la conservación de este recurso natural, sin embargo, pueden existir obstáculos al llevar a cabo dicho proceso.

Por consiguiente, se ha elaborado la siguiente tabla, la cual, muestra las ventajas y desventajas de tratar las aguas residuales:

Tabla 10 *Ventajas y desventajas de los métodos para desechar lodos*

Ventajas	Desventajas
Compostaje	
<ul style="list-style-type: none"> • Es la tecnología más prometedora para tratar lodos papeleros debido a los bajos costos del tratamiento. • Reduce grandes porcentajes de masa y volumen, esto hace el compost más adecuado para el uso en el suelo. • Velocidad de descomposición. • Alcanza y mantiene altas temperaturas para una higienización de los agentes patógenos. • Calidad del compost para el uso agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> • El balance inadecuado de nutrientes es un factor que puede dificultar el compostaje. • Bajo contenido de materia orgánica y humedad. • Se generan malos olores si se ejecuta inadecuadamente el tratamiento. • Alto costo de energía para una correcta aireación.
Incineración con Aprovechamiento Energético	
<ul style="list-style-type: none"> • Alto porcentaje de lodo reducido. • Recuperación del contenido energético del lodo a través de la incineración. • Poca área requerida para tratar los lodos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. • Alta inversión de capital en el tratamiento. • Alta humedad y bajo poder calorífico.
Agricultura	
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora del contenido de nutrientes, la capacidad de retención de agua y la porosidad del suelo. • Alto contenido de materia orgánica de los lodos. • Mejora de la calidad del suelo. • Se reduce el volumen de lodos colocado en los rellenos y para la incineración. • Baja inversión de capital al tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos niveles de salinidad y deficiencias del nitrógeno. • Área requerida
Relleno Sanitario	
<ul style="list-style-type: none"> • Poca inversión de capital en el tratamiento. • Reducción del volumen de lodos dispuestos. • Puede ser usado en un futuro para revegetalizar el terreno donde son dispuestos los lodos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de estabilidad (emisiones de olores y gas). • Capacidad disponible de rellenos son limitados. • Grandes requerimientos de área

Información tomada de la investigación de (Navarrete, 2022).

Para lograr la separación de los aditivos químicos de las aguas residuales que circulan en el proceso productivo de elaboración del papel de impresión o periódico, es necesario utilizar sistemas de tratamiento que puedan efectuar esta tarea, a través de diferentes subprocesos que culminan en el logro de la recirculación del agua y en la disminución sustancial de la misma, en el proceso productivo.

Otro de los procesos que se emplean para la recuperación del agua residual, está conformado por el ciclo cerrado, el cual se caracteriza por amenorar la cantidad de residuos sólidos, para lo cual, emplea el uso de tecnologías que permitan efectuar el tratamiento, disminuyendo así el consumo excesivo del recurso natural para la elaboración del papel en las industrias, sin embargo, para efectivizar la puesta en práctica de este proceso tras la obtención de papel, se deben buscar estrategias, como el reemplazo de ciertos químicos que disminuyan la producción de contaminantes.

Ante el uso del método cerrado para tratar el agua, conlleva a grandes beneficios para el medio ambiente, quien se ha visto afectado en los últimos años por las manufacturas que se dedican a la elaboración de papel, de este modo, el agua residual que se somete al tratamiento por medio de tecnologías permite la recuperación de la misma, pero, en mayor cantidad, resultado ideal su implementación para la conservación de los recursos ambientales de una forma sostenible.

Con esto, se resalta el seguimiento que se deben proyectar para lograr implementar dicho proceso en las industrias:

1. Mantener uniformidad del agua ajustando el pH, para dar paso a emplear el proceso de decantación, de manera que, los componentes con mayor densidad se mantengan en la base.
2. Poner en marcha el tratamiento para la ozonización y oxidación del agua residual, de modo que se pueda separar los aditivos químicos del líquido vital.
3. Utilizar tratamientos de separación del agua y los residuos, de tipo anaerobio, para que se pueda descomponer la materia orgánica que se encuentra contenida junto con el agua de procesos, además, de dar paso a la creación del biogás, para que tenga lugar la reducción de energía eléctrica en este sector productivo.
4. Pueden utilizarse membranas de ultrafiltración, para mejorar la separación de los químicos del agua, empleando filtros de arena, por ejemplo.
5. Uso del proceso de osmosis inversa, para que las sales inorgánicas disueltas en el agua de procesos puedan ser atrapadas por las membranas semipermeables del equipo para el tratamiento de las aguas residuales.

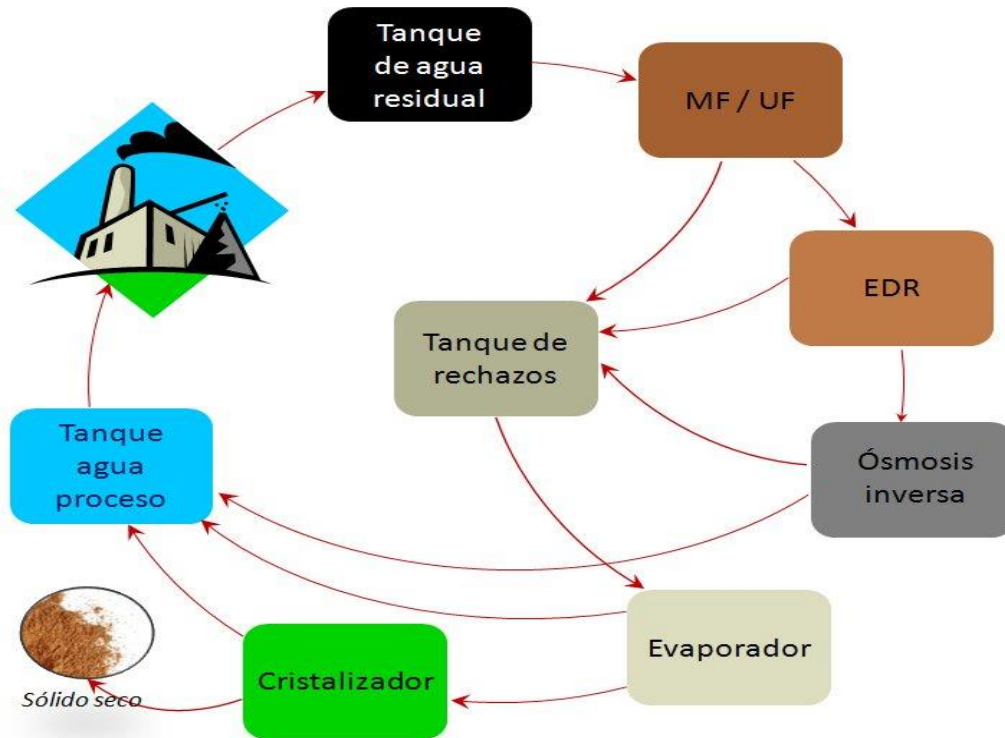


Figura 13. Ciclo de tratamiento tecnología Vertido Cero. Información tomada de la investigación de (Navarrete, 2022).

Bajo la utilización de los equipos de tratamiento de aguas residuales, se espera reutilizar la mayor cantidad del líquido vital, de modo que, se reduzca ostensiblemente su consumo en este sector productivo, a lo que se añade, la reducción en la utilización de pulpa de árboles, mediante el reciclaje.

Acerca de los procesos que se efectúan para el tratamiento de las aguas residuales en el proceso productivo de manufactura de papel periódico y de impresión, algunas de estas tareas se refieren a la homogenización, oxidación, filtración de efluentes y osmosis, mediante las cuales, los químicos que se encuentran con los efluentes expulsados en estas actividades productivas, generando que se pueda lograr la meta de cero vertidos, bajo la tecnología Zero Liquid Discharge (ZLD).

En el siguiente esquema se presenta el detalle de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en la industria papelera:



Figura 14. Equipos para el tratamiento de aguas residuales en la industria papelera. (Navarrete, 2022).

Uno de los datos de mayor importancia que, corresponden a los procesos para la recuperación del agua que se utiliza en la manufactura de papel periódico y de impresión, consiste precisamente, en la posibilidad de reutilización del 90% al 95% del agua de procesos, debido a que un porcentaje se diluye con los químicos, significando que, existe la probabilidad de conseguir un vertido cero.

Por consiguiente, con el tratamiento de las aguas residuales, bajo el método de cero vertidos, se pueden obtener los siguientes parámetros:

Tabla 11. Indicadores esperados con el tratamiento de cero vertidos en las aguas residuales obtenidas en la industria papelera

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Normativa
pH	6-7	6-7	6-7
DQO	1.707 mg/l	350 mg/l	500 mg/l
DBO	980,2 mg/l	200 mg/l	250 mg/l
Sólidos totales	6.350 mg/l	1.400 mg/l	1.600 mg/l
Sólidos suspendidos	4.591 mg/l	220 mg/l	220 mg/l

Datos tomados del Ministerio del Ambiente (2015), Acuerdo Ministerial 97.

De esta manera, además de minimizar el consumo de agua en la producción de papel, el sistema de tratamiento de aguas de cero vertidos, logra disminuir la contaminación del agua de procesos y mantener sus parámetros, bajo los límites permisibles plasmados en el Acuerdo Ministerial 97, el cual además de encontrarse vigente en el Ecuador, impide que las empresas papeleras adquieran multas y se sujeten a los principios de sostenibilidad ambiental.

3.3.2. Estrategia de compensación: reforestación.

La industria papelera es uno de los sectores que, además de contribuir con la tala de árboles, de cuya pulpa se obtiene una de las materias primas principales para la producción de papel, también genera emisiones contaminadas al aire, con altos contenidos de CO₂, razón por la cual, es imperativo la reforestación, como una medida que pueda aliviar los impactos ambientales negativos que ocasiona esta actividad productiva.

La relación entre la producción de este producto y la tala de árboles, indica según los organismos internacionales de control ambiental que, por cada tonelada de papel que se fabrica en esta industria, por lo menos, se deben talar 13 árboles, siendo este un parámetro que pone en evidencia la severidad de este fenómeno, sobre todo, porque el crecimiento demográfico y la innovación industrial, ha contribuido al crecimiento de la producción de este bien.

La propuesta consiste en que, además del uso del papel reciclado que, se trata de una de las alternativas para la reducción del consumo de pulpa de árboles, también, las empresas dedicadas a la producción de este bien, elaboren planes para conseguir la reforestación de las zonas de donde se proveen de la materia prima para la fabricación de la variada gama de artículos que producen.

Como se conoce, los bosques son el pulmón del mundo, por ello, mientras mejor conservados se encuentren, entonces, también existirán mayores probabilidades de respirar aire puro, debido a que, los árboles absorben el CO₂ de la naturaleza y lo transforman en oxígeno.

Para el efecto, es necesario que, la industria papelera fije en sus planes, metas para la reforestar las áreas donde se ha realizado la tala de árboles, de modo que, se compense la destrucción de las mismas, para continuar manteniendo el bosque, bajo los principios de desarrollo sostenible.

En este caso, en los planes de reforestación de las zonas afectadas por la tala de árboles, también las industrias papeleras, deben llevar un control de la cantidad de árboles talados, versus la cantidad de árboles sembrados, para asegurar que la remediación se cumpla de manera conveniente, considerando esta situación como una inversión, antes que como un gasto.

Bajo estas aseveraciones, se ha construido el siguiente plan de reforestación sugerido para las industrias papeleras:

Tabla 12 *Cronograma de Reforestación*

CRONOGRAMA DE PLANTACIÓN												
ACTIVIDADES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	May	Junio	Julio	Agost	Septiem	Octub	Novi	Dicie
ESTABLECIMIENTO												
Preparación del terreno	XX	XX										
Plantación			XX	XX	XX							
Mantenimiento/Limpieza/coronas						XX	XX	XX				
Preparación del terreno									XX			
Plantación										XX	XX	

Nota: Tomado del Plan de reforestación de la provincia de Imbabura (Prefectura de Imbabura, 2023).

El plan de reforestación en la industria papelera, debe considerar los ODS de la Agenda 2030, entre los que se cita al ODS 12 que se refiere a la producción y consumo responsable, al ODS 13 de la acción por el clima, al ODS 15 de la vida de ecosistemas terrestres, entre los más importantes, los cuales destacan el respeto a los derechos de la naturaleza, a través de la protección de los bosques, de la minimización de la tala de árboles, mediante el reciclaje de papel y su reutilización en la industria que fabrica este tipo de bienes, así como la remediación, basada en volver a forestar las zonas taladas de los bosques.

3.3.3. Requerimientos de abonos orgánicos para la reforestación

Si bien es cierto, dentro del marco jurídico principal que rige en el territorio ecuatoriano, se contempla en el articulado número 14, el derecho de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice el Sumak Kawsay y la sostenibilidad. No obstante, la reforestación es una forma de prevenir, conservar los ecosistemas y su biodiversidad, de manera que, se mantenga el patrimonio genético forestal del país ecuatoriano.

Por ello, a partir de la propuesta de cumplir con las regulaciones tanto ambientales y sanitarias, por medio de la aplicación de medidas, se ha considerado incluir los abonos para la reforestación y de la selección de las semillas de las especies para reemplazar a la vegetación talada por las industrias, de manera que, el entorno no se vea afectado por esta acción.

Entre las soluciones se puede plantear en primera instancia, la selección de semilla de especies forestales que comparte las características edafo-climáticas del lugar o región, haciéndose mención los parámetros para su elección, considerando lo siguiente:

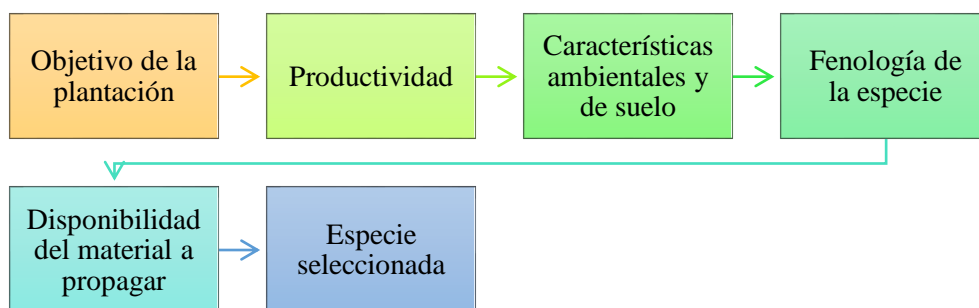


Figura 15. Parámetros para la selección de especie forestal. Elaboración propia

Entonces considerando los parámetros anteriores, el responsable del programa de reforestación debe seleccionar las semillas de las especies forestales. En el presente estudio se ha analizado la importancia de las variedades, mostrándose las siguientes:

Tabla 13. *Especies forestales*

No.	Nombre común	Nombre científico	Objetivos							Sistemas			
			Recursos eco sistémicos	Recuperación hidrológica	Control de la erosión y disminución de sedimentos	Mejoramiento de actividades agropecuarias	Mejoramiento de pastizales	Protección de ecosistemas acuáticos y terrestres	Protección de taludes, vías	Agroforestería	silvopastoriles	Agrosilvo pastoriles	Protección de Bloques
1	Acacia	Acacia melanoxyton							X	X	X	X	X
2	Guachapelí	Abizzia guachapele	X	X	X			X	X	X	X	X	X
3	Guaba	Inga sp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Guayaba	Psidium guajaba	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Samán	Samanea saman	X		X		X	X	X	X			X
6	Pechiche	Swietenia macrophylla	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
7	Caoba	Vitex gigantea	X	X	X	X					X	X	X
8	Guayacán	Guaiacum officinale	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
9	Guasmo	Guazuma ulmifolia	X	X	X	X		X		X	X	X	X
10	Ceibo	Erythrina crista-galli	X	X	X	X		X	X		X	X	X

Fuente: *Elaboración propia.*

En efecto, los bienes ambientales provienen de la propia naturaleza, los mismos que, son utilizados por los seres humanos para la producción de varios productos aprovechables que pueden ser consumido, como por ejemplo las sustancias medicinales o frutos, así como también pueden ser empleados como forrajes, maderas, entre otros derivados. Por lo tanto, las especies que fueron seleccionadas pueden ser reemplazadas con los árboles talados, de esta manera se cumplen con los objetivos importantes de mejorar las actividades agropecuarias, control de erosión de suelo y sedimentos, protección de ecosistemas, además de satisfacer a los sistemas de agro-forestaría, silvo-pastoriles, agrosilvo pastoriles, entre otras que aportan a la naturaleza.

Entre los abonos orgánicos que pueden ser implementados en cualquier tipo de cultivo, inclusive en las plantaciones forestales, se asocian a los residuos orgánicos de origen animal o vegetal que suelen ser desperdicios de las agroindustrias, pecuarias, mercados y domésticos.



Figura 16. Residuos orgánicos. Elaboración propia

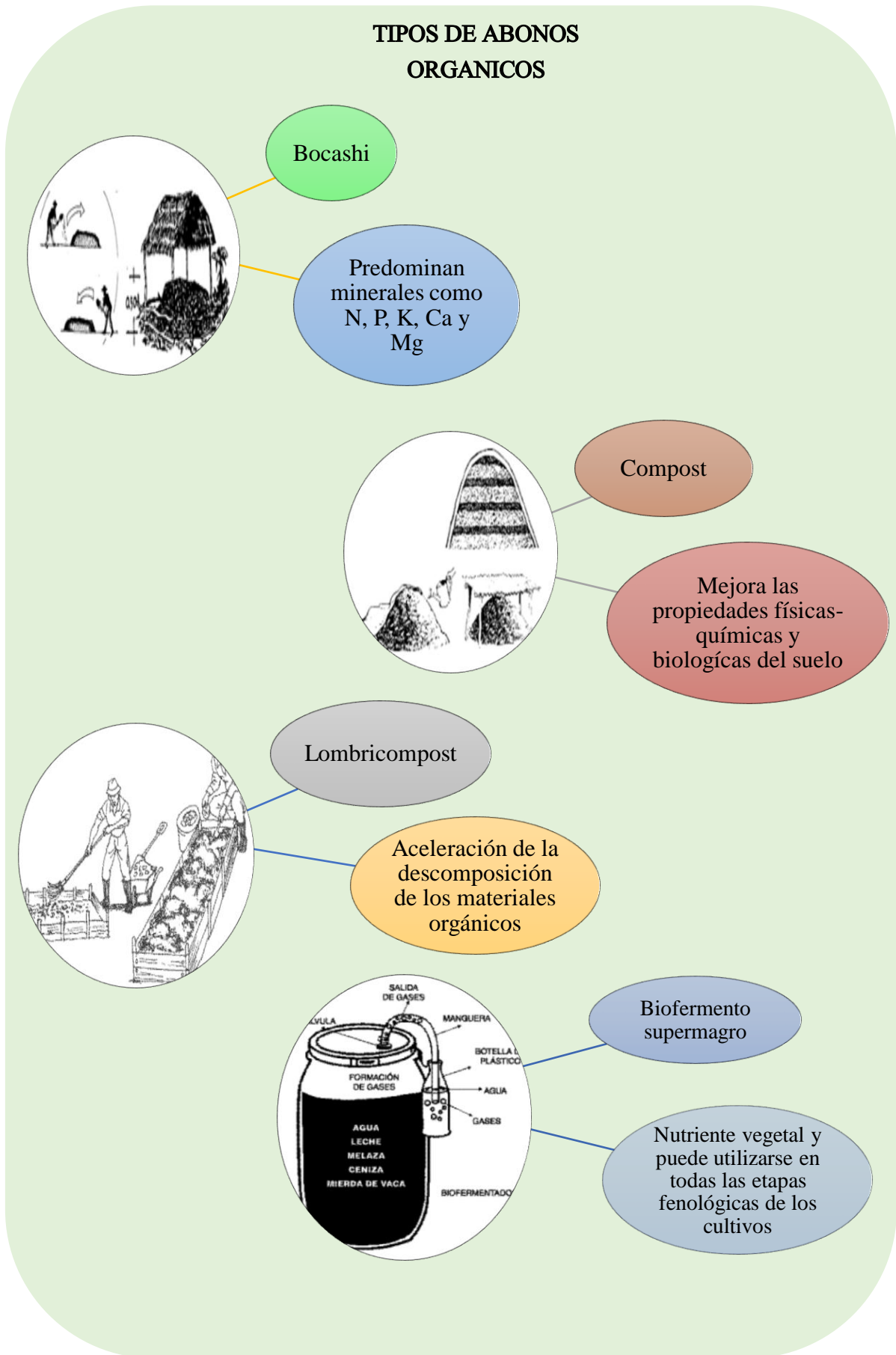


Figura 17. Tipos de abonos orgánicos. Elaboración propia

3.3.4. Tecnología que elabora pulpa de papel reciclado

En cuanto a la tecnología que será implementada para la producción de pulpa de papel, consiste en la vinculación de la maquinaria italiana, que contribuye en la reutilización del papel, permitiendo la reducción mínima del material principal, recuperando en su totalidad la pasta de la materia prima.

Por otro lado, esta herramienta fue creada con el objetivo de rescatar hasta el 70% del peso del material utilizado, minimizando los desechos a un 30% de su peso inicial, de esta manera se beneficia la industria con la reducción de los costos y de la recuperación de materia prima, además al ser una máquina que solo requiere de conexiones de agua y electricidad, cuya capacidad de producción es de 24 horas con procesamiento de 3 a 7 Tn/H.

A continuación, se mencionan las principales características de la tecnología para la manufactura de papel con materiales reciclados:

Tabla 14. Características de Tiger Depack PPS

Ficha Técnica	
Potencia instalada	106,5 Kw
Consumo eléctrico	70 Kw/H
Peso	12 Tn
Superficie	21 m ²



Información tomada de Tiger Depack PPS. Elaborado por autor

Bajo esta propuesta, se aspira a la minimización del consumo de pulpa de árboles, al reemplazar esta materia prima, con el papel reciclado, de modo que, se aplique los principios de sostenibilidad enmarcados en los ODS de Naciones Unidas y en la legislación ambiental ecuatoriana, lo que, además, permitirá a las empresas papeleras, a disminuir notablemente sus costos en la producción de este tipo de bienes y generar una manufactura responsable del producto.

3.3.5. Propuesta de planta de selección de papel cartón

Dentro de la propuesta para la planta de selección de papel cartón, se ha considerado a las provincias del Guayas y Pichincha, dado a que, son dos regiones con mayor generación de toneladas de residuos. Tanto así que, El Mercurio (2023), se obtiene alrededor de 13 mil toneladas de residuos, en donde 780 Tn son recicladas, pero no son dirigidos a los centros de acopio. Por su parte, se estima que anualmente se consigue más de 15 mil toneladas de

cartón, papel, pasticos, entre otros materiales, por lo que, en el territorio ecuatoriano existe 112 puntos de reciclaje en las 18 provincias.

Si bien es cierto, para recopilar los residuos es necesario que se establezca una conexión con las recicladoras pymes, las mismas que, se encargan de recolectar todos los tipos de desechos reciclables. Al presentar una demanda alta, se estima que la capacidad de producción en el reciclaje de papel y cartón sea de 250 Tn al mes, dando pacas de 500 kg, proyectando que al año se incremente al 10%, ya que, se propone implementar tres plantas en los cantones de Durán, Guayaquil y Quito como regiones estratégicas por la cantidad de habitantes acentuados.

Además, se destaca que, los proveedores del papel reciclado ya se encuentran en el mercado actual, porque existen en la localidad, algunas empresas recicladoras que se dedican a la recolección del papel reciclado y que bien pueden comercializarlo a las fábricas papeleras, para paliar las necesidades de materias primas para la elaboración de los bienes que manufacturan las mismas. A ello se añade que, las empresas recicladoras puedan almacenar hasta 250 toneladas de papel reciclado mensualmente, lo cual puede abastecer las necesidades de las industrias papeleras.

De esta manera, el proceso productivo para la producción de papel de impresión y periódico, con base en materia prima reciclada, es el siguiente:

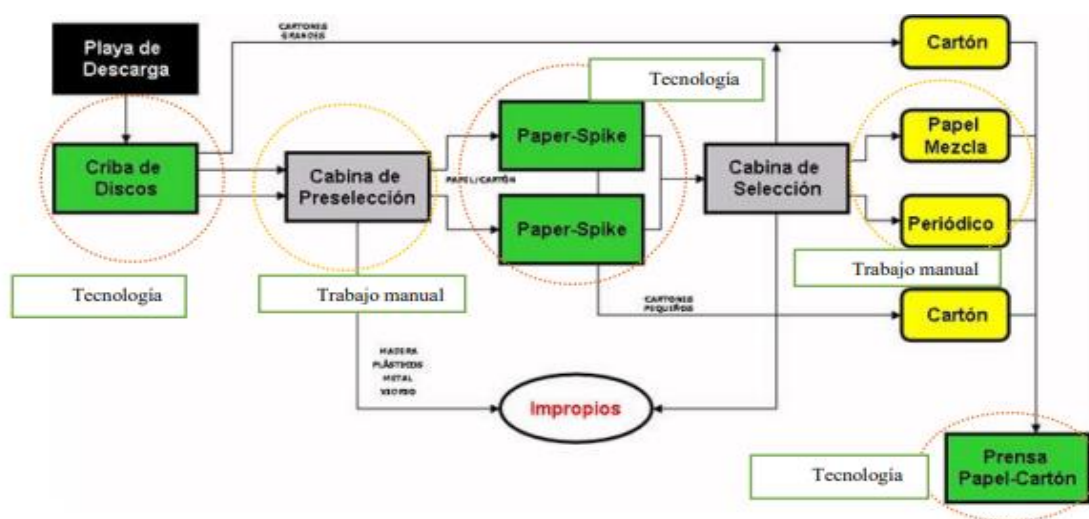


Figura 18. Proceso de producción de papel periódico e impresión, con materia prima reciclada. Elaboración propia

En el esquema se observan los diferentes tipos de materias primas recicladas que, requerirá la planta de producción de las industrias papeleras, para las operaciones con el uso de materiales reciclados, cuya tecnología no aplica la parte inherente al procesado de la pulpa de árboles, para convertirla en papel periódico o de impresión.

Asimismo, es necesario indicar la capacidad de producción estimada de la planta procesadora de papel que, utiliza material reciclado:

Tabla 15 Capacidad de producción estimada en toneladas

Tiempo	Años				
	1	2	3	4	5
Mensual	250,00	275,00	357,50	464,75	604,18
Anual	3.000,00	3.300,00	4.290,00	5.577,00	7.250,10
Diario	9,62	10,60	13,80	17,90	23,20

Elaborado por autor

Se observa que, las proyecciones del uso de la capacidad de producción, en toneladas, se van incrementando, desde 10% al 20% y al 30%, según se vayan encontrando los proveedores para la producción de papel, con base en el uso de materias primas recicladas, para conseguir la disminución del consumo de energía, pulpa de árboles y agua.

3.3.6. Tecnología para usar en la planta de selección de papel reciclado

Para este proceso es necesario contar con el separador de papel cartón, este consiste en un sistema automático que clasifica los cartones con la finalidad de reducir el tiempo. A continuación se presenta el proceso que conlleva:

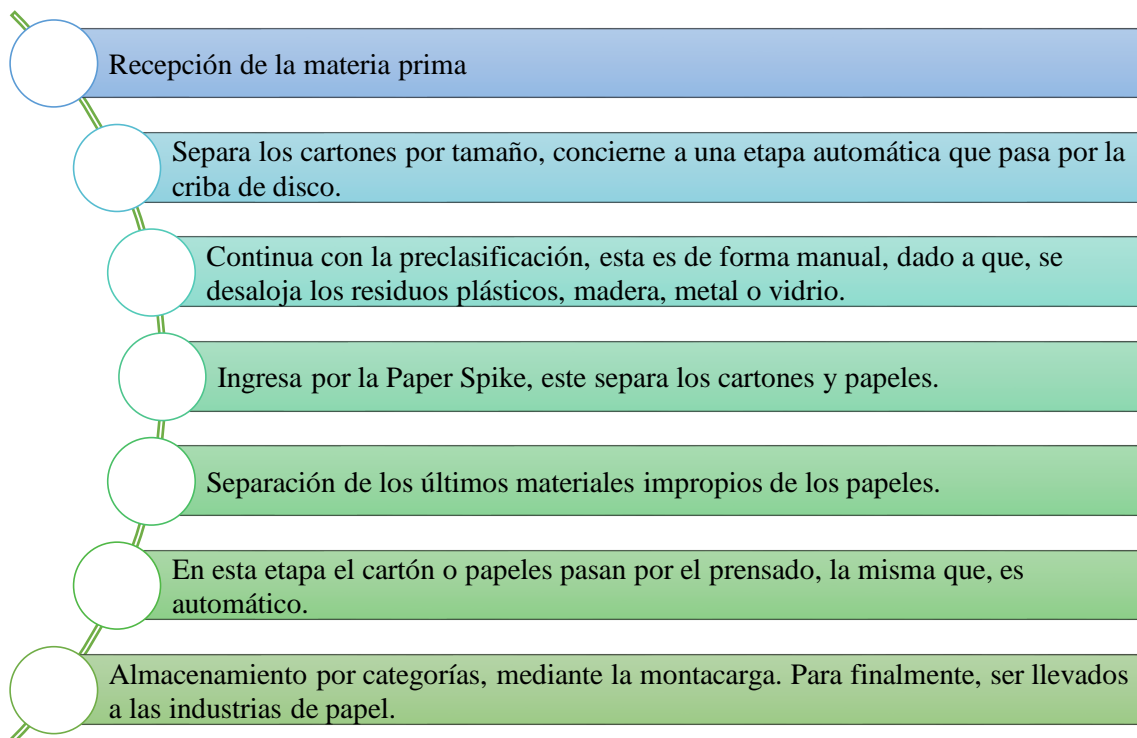


Figura 19 proceso tecnología para usar la planta de selección de papel. *Elaboración propia*

Se aclara que, entre los beneficios que genera el uso de materia prima reciclada en la producción de papel periódico y de impresión, además de la reducción en el consumo de agua, energía eléctrica y pulpa de árboles, reduciendo la tala de árboles y manteniendo la cantidad y calidad de los bosques, se debe añadir la generación de fuentes de trabajo en las empresas que proveen de materiales reciclados a las industrias papeleras y de las propias fábricas de papel que, pueden implementar sus propios lugares de almacenamiento y clasificación de papel reciclado, fomentando el empleo en la localidad.

3.3.7. Requerimiento de energía para operar en unidad de procesamiento de desechos

Del análisis realizado en la segunda unidad, se ha podido detectar que, el inicio de la producción papelerera tiene lugar con la tala de árboles, porque de la misma se extrae la materia prima principal, de calidad virgen, para contar con los recursos requeridos para la fabricación de la diversa gama de productos que elaboran estas industrias ubicadas en la zona 8.

Por ello, una de las soluciones previstas en este estudio, es la reducción de la tala de árbol, mediante la disminución del uso de la materia prima virgen proveniente de los árboles, reemplazándola por la utilización de material reciclado, como es el caso del papel que ya sido utilizado y en vez de desecharlo, se lo vuelve a ocupar en tareas productivas en las plantas de las industrias papeleras.

Los equipos para la producción de papel reciclado son iguales a los utilizados para procesar materia prima virgen, de manera que, solo se requiere el tratamiento para el agua, para reutilizar el líquido vital y minimizar su consumo, debido a que, al utilizar papel reciclado como materia prima, está impactando ello en la disminución de la tala de árboles.

Además, al reutilizar el agua, por concepto de tratamiento de estas y separación de las sustancias contaminantes y volver a utilizar el papel reciclado en la producción de papel de impresión y periódico, también se logra reducir energía, al no tener que cortar los árboles y realizar el primer proceso de extracción de la pulpa.

Sin embargo, los nuevos equipos también permiten el ahorro de energía eléctrica, uno de los elementos que es empleado para el corte de los troncos de los árboles y para la conversión de la pulpa en papel, proceso que al reducirse logra minimizar el consumo de electricidad.

Los resultados esperados con la propuesta de aplicación de reciclaje y reutilización de papel reciclado, así como el tratamiento y reutilización del agua de procesos en la producción de papel de impresión y periódico, se plasman en la siguiente tabla:

Tabla 16 Ahorro ambiental al producir papel con materia prima reciclada, considerando un paquete de 500 hojas de papel bond

Materia prima	Consumo normal	Ahorro en %	Ahorro en consumo
Agua	79,4 litros	61%	48,43 litros
Energía	16,3 Kw-hora	61%	9,94 Kw-hora
Madera	7,5 kg	100%	7,5 kg

Datos tomados de la web site de la Universidad del País Vasco (2023).

Los resultados demuestran un ahorro sustancial en el consumo de agua energía y energía eléctrica, en niveles de 61%, cuando ocurre la reutilización del agua de procesos, bajo sistemas de tratamiento eficaces, así como el uso de materia prima reciclada, para la producción de papel de impresión y periódico, evitando además, la tala de árboles, al no necesitar materia prima virgen, situación que se encuentra asociado al cumplimiento de los ODS de la Agenda 2030 de Naciones Unidas y a los principios de sostenibilidad y preservación de los recursos naturales.

3.3.8. Plan de capacitación para el personal que maneja la UPD.

Objetivo del plan de capacitación

Los conocimientos del personal que opera la unidad de procesamiento de desechos en la industria papelera, para el mejoramiento de la eficiencia de estos equipos.

Política del plan de capacitación

La capacitación Potenciar del personal, es una de las estrategias para mejorar continuamente la eficiencia en el manejo de la unidad de procesamiento de desechos que se desea implementar en la industria papelera.

Cantidad de trabajadores considerados en el plan de capacitación

La cantidad de trabajadores considerados en el plan de capacitación es de 300 empleados en promedio en las empresas grandes, 100 empleados en promedio en las PYMES y 25 empleados en promedio, en las empresas micro, pertenecientes al subsector C1701.05.

Actividades del plan de capacitación

Para el diseño del plan de capacitación, se plantea la elaboración del siguiente cronograma de actividades:

Tabla 17. Plan de Capacitación

Descripción de actividades	1er grupo: Enero							2do grupo: Febrero								
	10	11	14	15	16	17	18	21	5	6	7	8	9	12	13	14
Planeación de la capacitación	■	■							■	■						
- Definición de objetivos de la difusión	■								■							
- Selección de fechas y horarios	■								■							
- Selección de materiales informativos	■								■							
- Selección del lugar de la capacitación	■								■							
- Designación de instructor responsable		■								■						
Ejecución de la capacitación			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■
- Tratamiento de papel reciclado			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■
- Característica de la unidad			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■
- Tecnología para la reutilización del papel reciclado			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■
- Mantenimiento de la tecnología en mención			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■
- Ventajas del uso de la tecnología en mención			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■
- Tratamiento de aguas residuales						■	■	■						■	■	■
- Característica de la unidad						■	■	■						■	■	■
- Tecnología para la reutilización del agua de procesos						■	■	■						■	■	■
- Mantenimiento de la tecnología en mención						■	■	■						■	■	■
- Ventajas del uso de la tecnología en mención						■	■	■						■	■	■
Evaluación de la capacitación								■								■
- Evaluación objetiva								■								■
- Evaluación práctica								■								■

Fuente: Elaboración propia. Ver anexo 7.

La capacitación es la clave para la pulir las habilidades del personal de planta, para que pueda operar eficientemente la unidad de procesamiento de desechos, tanto en la planta procesadora de papel que manufactura el producto con materia prima reciclada, así como en los equipos para el tratamiento de las aguas residuales.

Se estima el siguiente presupuesto para la capacitación del talento humano de la planta de producción de papel periódico e impresión:

Tabla 18. *Presupuesto del plan de capacitación*

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Computadora	1	\$900,00	\$900,00
Proyector de diapositivas	1	\$1.500,00	\$1.500,00
Suministros de oficina (hojas, carpetas, lápices, plumas)	1	\$60,00	\$60,00
Suministros didácticos: pen drive, marcadores de tiza líquida, otros	1	\$40,00	\$40,00
Instructor	1	\$500,00	\$500,00
Instalaciones	-	-	-
Acceso a Servicio Internet	-	-	-
		Total	\$3.000,00

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se espera que cada empresa papelera invierta en promedio, \$3.000,00 por cada una de las capacitaciones que proporcione a su personal, para mejorar sus destrezas en la operación de la UPD, además que, se sugiere entre una a dos capacitaciones anuales, dependiendo del tamaño de la empresa y de las obligaciones que deba cumplir, según los requisitos legales y reglamentarios vigentes en el país.

3.3.9. Cumplimiento de metas ambientales del Ecuador y el desempeño ambiental del sector.

La propuesta para la implementación de un nuevo proceso en la planta de producción, el cual se fundamente en el uso de papel reciclado en la producción de papel de impresión y periódico, además de la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, para la reutilización del agua, además de reducir el consumo de agua, energía eléctrica y pulpa de árboles, generaría un impacto positivo al medio ambiente y reduciría los costos de las compañías ubicadas en el sub sector C1701.05 en la zona 8.

En efecto, al minimizar el uso de energía eléctrica y agua, se está minimizando impactos ambientales, debiendo la planta propuesta, reducir también la huella de carbono, con base en la implementación de equipos que funcionen con base en la Producción Más Limpia

(PML) y que, sea fácilmente adaptable a los requerimientos del programa Ecuador Carbono Cero, en donde no solo se tiene el apoyo gubernamental, sino también de las Naciones Unidas y ONG's.

Con ello, se espera que las empresas ubicadas en el sub sector C1701.05 en la zona 8, puedan acatar todas las disposiciones y legales reglamentarias que, emanan de los cuerpos jurídicos y normativas, nacionales e internacionales que, protegen los ecosistemas, de manera que, esta propuesta sea adaptable al Registro de Emisiones y Transferencias de Comunicaciones, así como a las disposiciones del Código Orgánico del Ambiente y a los acuerdos sobre la protección de la naturaleza, establecida en los convenios de Estocolmo, Rotterdam y Basilea.

3.3.10. Proyecto de instalación de paneles solares para operar la UPD.

El subsector correspondiente a la fabricación de papel periódico y de impresión, codificado con la identificación del CIU C1701.05, puede mejorar su desempeño mediante la utilización de paneles solares que, reduzcan el consumo de energía eléctrica y disminuyan también, la propagación de CO₂ en el ambiente, debido a que, actualmente, las fábricas papeleras son las que mayor cantidad de huellas de carbón dejan en el ambiente y si no trabajan con papel reciclado, como es la propuesta de este estudio, tienen que talar árboles para contar con materia prima suficiente para operar, minimizando la cantidad de árboles en el bosque y restando su capacidad para la absorción de CO₂.

En este contexto, es necesario encontrar soluciones sostenibles, representando la energía proveniente de los paneles solares, una alternativa de producción más limpia que, bien puede minimizar la huella de carbono que emana de la industria papelera, en el actual tiempo, a lo que se añade, el trabajo bajo los principios de protección de la naturaleza, como lo aseveran los objetivos de desarrollo sostenible.

Los paneles solares suelen utilizar la energía proveniente del sol, para a través de paneles fotovoltaicos, transforman la luz solar en energía limpia que, puede ser aprovechada para mover grandes máquinas y proveer de energía a las plantas industriales, evitando la emanación de CO₂, lo cual inclusive, es beneficioso para el entorno que rodea a estas industrias fabricadoras de papel de impresión y periódico, que deben rendir cuentas a la comunidad, a sabiendas que el CO₂ es causante de diversas enfermedades pulmonares y aquellas que afectan al sistema respiratorio, además de ser causante del cambio climático que atraviesa el mundo, actualmente, motivo por el cual, la finalidad de cumplir con los

ODS de Naciones Unidas, está vinculada a mejorar las condiciones del clima, la salud de la comunidad y la vida en el planeta en general (ONU, 2022).

Conceptualmente, la energía solar tiene la capacidad de transformarse en energía, porque cuando la luz solar es capturada en un panel fotovoltaico, en ese instante preciso, se desprende un electrón que, bien puede transformarse en energía eléctrica continua, a la que debe unirse un mecanismo o centro de transformación, para que pueda convertir la energía continua en alterna, para abastecer a las máquinas de una industria determinada, como en este caso, la industria del papel, como se expone en la siguiente figura, donde se presenta un techo con paneles solares, una de las opciones más frecuentes que utiliza la industria para la transformación de la corriente continua en (ONU, 2022)



Figura 20. Paneles solares. Elaboración propia

Si bien la propuesta de paneles solares, trabaja con energía limpia, la transformación de energía eléctrica continua a alterna, requiere ciertos equipos que pueden generar emanaciones de CO₂, sin embargo, el mismo se reduce de 200 a 400 g/Kwh a una cifra equivalente entre 15 a 25 g/Kwh, es decir, la reducción a la décima o vigésima parte de lo que actualmente, se propaga por hora en la industria papelera, por causa de las operaciones con la energía convencional que, suele utilizar energía eléctrica y combustible derivado del petróleo, para garantizar el funcionamiento de ciertos equipos esenciales en la producción de papel periódico o de impresión (ONU, 2022).

Por último, el costo de la energía solar ha sido cifrada por la literatura teórica, en \$3,00 a \$5,00 por vatio, a pesar que, puede reducirse hasta en un 50%, en caso surjan nuevos modelos que están siendo estudiados actualmente en Estados Unidos, China y Europa, para lograr que, este tipo de energía sea más asequible en la industria y se logre la meta de promover su instalación como energía limpia, para reducir la huella de carbono, de industrias como las de papel que, utilizan altos niveles de agua y energía eléctrica, como parte de su proceso productivo.

3.4. Conclusiones

La investigación sobre los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos en el sub sector C1701.05 en la zona 8, emitió las siguientes conclusiones:

Primero, se concluyó que, la información de artículos, paper, investigaciones científicas abaladas en lo nacional e internacional, así como por la búsqueda de información de web sites de las instituciones gubernamentales y de las empresas privadas del sub sector C1701.05, pudo fundamentar adecuadamente el presente tema de estudio, como se puede apreciar en todo el numeral 1.5 del capítulo que, va desde la página 7 a la 22.

Respecto al primer objetivo específico de identificar la mejor tecnología disponible para la gestión de desechos industriales de las empresas pertenecientes al CIIU C1701.05 en la zona 8, Respecto al primer objetivo específico de identificar la mejor tecnología disponible para la gestión de desechos industriales de las empresas pertenecientes al CIIU C1701.05 en la zona 8, se identificó altos niveles de huella carbono en la industria papelería del sub sector C1701.05, debido al alto consumo de agua, energía eléctrica y pulpa de árboles que, no solo contamina con emisiones atmosféricas, sino también, contamina el agua, el suelo y contribuye con la deforestación de los bosques ecuatorianos, razón por la cual, se ha propuesto la implementación de un sistema de tratamiento de aguas con tecnología zero vertidos, así como la implementación de una unidad de procesamiento de desechos, para trabajar con base en materias recicladas, para la manufactura de papel de impresión y periódico, de modo que, se pueda reducir el consumo de agua en 90%, pulpa de árboles en 80% y energía eléctrica en 60%. El cumplimiento de este objetivo, se puede apreciar en los sub numerales 2.1.2 páginas 28 a la 21, 3.3.1 páginas 47 a la 52, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 y 3.3.7, páginas 59 a la 63.

Relacionado al segundo objetivo específico de diseñar el plan de capacitación para que el personal pueda manejar los equipos y tecnologías utilizadas para la gestión de residuos

industriales, garantizando su seguridad y eficiencia en el proceso, se concluyó que, para que los operadores de las plantas de las industrias pertenecientes al sub sector C1701.05, puedan operar, tanto el sistema de tratamiento de aguas con tecnología zero vertidos, así como la unidad de procesamiento de desechos que, facilite trabajar con base en materias recicladas, es necesario diseñar el plan de capacitación del talento humano, para lograr los objetivos plasmados en la gestión de residuos industriales, garantizando la seguridad y eficiencia en el proceso productivo y adecuándolo a los preceptos de la producción más limpia y la sostenibilidad industrial. El cumplimiento de este objetivo, se puede apreciar en el sub numeral 3.3.8 páginas 63 a la 65.

Sobre el tercer objetivo específico de elaborar la propuesta para el cumplimiento de las regulaciones ambientales y sanitarias aplicables, a través de la implementación de medidas técnicas adecuadas, se concluyó que, la propuesta de implementación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05, cumple con las regulaciones ambientales y sanitarias aplicables para las industrias papeleras, tanto en el plano nacional como internacional, sujetándose al OSE 12 de producción y consumo sostenible y responsable, así como al Código Orgánico Ambiental vigente. El cumplimiento de este objetivo, se puede apreciar en el sub numeral 3.3.9, páginas 65 y 66.

Con relación al objetivo general, para concluir, se definieron los requerimientos técnicos para la operación de una unidad de procesamiento de desechos del sub sector C1701.05 en la zona 8, para cumplir con la regulación ambiental y sanitaria nacional e internacional y promover la producción sostenible y ecoeficiente en esta industria.

3.5. Recomendaciones

Se recomienda a las entidades de control gubernamental que, mantengan registros sobre los indicadores de sostenibilidad ambiental, no solo en las industrias papeleras, sino también en otros sectores productivos.

Aunado a ello, se sugiere a las industrias del sub sector C1701.05 en la zona 8 que, mantengan publicaciones anuales sobre la sostenibilidad de la gestión de residuos y de protección ambiental, donde se plasme el compromiso de sus directivos y del personal que labora en estas empresas manufactureras, para cumplir los objetivos de desarrollo sostenibles.

También, es recomendable que, el Ministerio del Ambiente promueva la aplicación de los principios de sostenibilidad en la industria papeleras y en los demás sectores productivos

asentados en el Ecuador, mediante campañas de difusión en los medios de comunicación masiva y en la plataforma de Internet.

Además, se sugiere a los profesionales expertos en materia de ecoeficiencia industrial que, se interesen por incrementar la cantidad de publicaciones científicas concordantes con el tema de la implementación de unidades de procesamiento de desechos en el sub sector C1701.05, para cumplir con los requisitos técnicos y legales que demanda su introducción en esta industria.

ANEXOS

Anexo N° 1

Listado de empresas del subsector CIIU C1701.05 en el país

Ítem	Gran Empresas	Cantón
1	Ecuapel S.A.	Babahoyo
2	Grupasa S. A.	Durán
3	PROCARSA	Durán
4	Papelesa S. A.	Guayaquil
5	Papelera Nacional	San Carlos
6	Incopel C. A.	Guayaquil
7	Cartopel S. A.	Guayaquil
8	PROTISA	Quito
9	CRANSA	Quito
10	SONAPAL S. A.	Guayaquil
11	Eccopapers	Durán
12	Bellapapel S. A.	El Triunfo
13	La Reforma	Loja
14	INPAEC S. A.	Quito
15	INPAPEL S. A.	Guayaquil
16	Cartoastro	Cuenca
17	CRIC S. A.	Quito
18	Interfolder	Guayaquil
19	Krohne	Cuenca
20	DISILSA	Quito
Ítem	PYMES	Canton
1	SERPRA	Quito
2	VSM Cía. Ltda.	Quito
3	Corrucart S. A.	Guayaquil
4	Empaques del Sur S. A.	Guayaquil
5	Ecuempaques	Quito
6	Papel Pablos	Tulcán
7	CONVERSA.	Durán
8	Carvajal	Quito
9	Grupo Surpapel	Guayaquil
10	Propapel	Guayaquil
11	Plasensa	Quito
12	Revel	Quito
13	Zibupor	Quito
14	Favalle Cía. Ltda.	Quito
15	Eccopapers	Durán
16	PROTISA	Guayaquil
17	Industrias Omega	Durán
18	Mater Packing	Cuenca
19	Comsucre S. A.	Guayaquil
20	Transpal S. A.	Guayaquil
21	Representaciones ALBESA	Loja
22	Propandina	Guayaquil
23	Solemcar	Durán
24	Papelmar S. A.	Guayaquil
25	INCASA	Guayaquil

26	ABSORPELSA	Guayaquil
27	Supapel Corp S. A.	Quito
28	COMPAPPEL	Loja
29	Produpelma	Cuenca
30	Reciplast	Quito
31	Elisver	Quito
32	García	Quito
33	DOLL	Cuenca
34	GRIPPO	Quito
35	Yaruqui	Quito
36	Lou	Quito
37	Chonerita	Chone
38	Representaciones JR	Quito
39	Paper Sum	Quito
40	ASPAPPEL	Machala
41	DOPLIM	Cuenca

Fuente: Superintendencia de Compañías (2023).

Anexo N° 2

Listado de empresas del subsector CIU C1701.05 en la zona 8

Ítem	Gran Empresa	Zona 8
1	Grupasa S. A.	Durán
2	PROCARSA	Durán
3	Papelesa S. A.	Guayaquil
4	Incopel C. A.	Guayaquil
5	Cartopel S. A.	Guayaquil
6	SONAPAL S. A.	Guayaquil
7	Eccopapers	Durán
8	INPAPEL S. A.	Guayaquil
9	Interfolder	Guayaquil
Ítem	PYMES	Zona 8
1	Corrucart S. A.	Guayaquil
2	Empaques del Sur S. A.	Guayaquil
3	CONVERSA.	Durán
4	Grupo Surpapel	Guayaquil
5	Propapel	Guayaquil
6	Eccopapers	Durán
7	PROTISA	Guayaquil
8	Industrias Omega	Durán
9	Comsucre S. A.	Guayaquil
10	Transpal S. A.	Guayaquil
11	Propandina	Guayaquil
12	Solemcar	Durán
13	Papelmar S. A.	Guayaquil
14	ABSORPELSA	Guayaquil

Fuente: Superintendencia de Compañías (2023).

Anexo N° 3

Acuerdo Ministerial 140.

Art. 1.- Objeto General. - El otorgamiento de incentivos económicos y honoríficos en materia ambiental a personas naturales y jurídicas del sector público y privado que operen dentro del territorio nacional, tendrán como objeto fomentar el uso de los bienes y servicios ambientales de manera sostenible, así como el desarrollo de los medios que permiten su alcance, como la innovación, transferencia de tecnologías, y en general cambio de patrones de producción y consumo.

Art. 2.- Beneficios. - Los incentivos ambientales, implican importantes beneficios para los postulantes, como:

Económicos: Deducciones a impuestos, créditos con consideraciones ambientales, entre otros; además la disminución en el consumo de recursos.

Honoríficos: Facultad de utilizar el logo Punto Verde como un medio de publicidad y marketing, aumentar el valor agregado y preferencia comercial de sus productos y servicios, lo cual posibilita el acceso a nuevos mercados.

Art. 5.- Objetivo. - Incentivar a los sectores estratégico, productivo, servicios y de la construcción del Ecuador a implementar estrategias preventivas de eficiencia de recursos, buenas prácticas ambientales, producción más limpia y disminución de la contaminación como herramientas para el mejoramiento del desempeño ambiental y posicionamiento competitivo en el mercado nacional, regional e internacional.

Art. 6.- Ámbito de aplicación. - El proceso para el otorgamiento de la Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde, se puede aplicar a actividades, procesos y/o proyectos en los sectores estratégico, productivo, de servicios y de la construcción, evaluando los siguientes aspectos:

1. Eficacia de estrategias ambientales preventivas implementadas en las actividades propuestas.
2. Acciones puestas en práctica con el objetivo de asegurar el aprovechamiento racional de bienes ambientales, de materiales y de energía; prácticas que permiten la reducción o eliminación en el uso de los materiales tóxicos, y en la generación de emisiones, descargas y residuos.
3. Grado de reducción y/o eliminación de los impactos en todo el ciclo de vida del producto, cadena productiva, etapas de servicios y de la construcción según la actividad propuesta.
4. Mejora continua, transferencia de tecnología y capacitación del personal en producción más limpia, construcciones sostenibles, y otras.

Art. 12.- Principios de la Certificación. - La Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde, será otorgada bajo los siguientes principios:

1. Transparencia. - El proceso de certificación de casos de producción más limpia para los sectores estratégico, productivo, de servicios y de la construcción será desarrollado con total claridad frente a los actores involucrados, sin permitir que las presiones comerciales, financieras u otras comprometan su juicio de decisión.
2. Enfoque Preventivo. - La Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde promueve la aplicación de medidas preventivas en los procesos de producción, servicios, recursos no renovables, sustancias C.R.E.T.I.B., y otros.
3. Mejora Continua. - La Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde incentiva a que los sectores estratégicos, productivo, de servicios y de la construcción apliquen un mejoramiento continuo de sus procesos certificados, logrando una mejora integral de la competitividad.
4. Participación Igualitaria. - Todas las entidades pertenecientes a los sectores estratégico, productivo, servicios y de la construcción del Ecuador pueden participar en el proceso de obtención de la Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde, siempre y cuando cumplan con lo establecido en este cuerpo normativo.
5. Confidencialidad. - La información proporcionada a la Autoridad Ambiental Nacional y a los Organismos evaluadores de la conformidad, por los postulantes en el proceso de Certificación, será exclusivamente utilizada para fines de evaluación, así como para la conformación de indicadores globales de optimización de recursos.
6. Imparcialidad. - El proceso de certificación se llevará de manera imparcial siempre y cuando el postulante cumpla con todos los requisitos exigidos para la obtención de la Certificación Punto Verde.

Art. 15.- Validación de la Certificación. - Posterior a la expedición de la Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde, el postulante podrá realizar después de dos años la validación de la certificación, donde se destaquen los avances obtenidos y la persistencia del proceso de mejoramiento continuo. En caso de no solicitar la validación de la Certificación en el término establecido, ésta caducará, perdiendo su validez automáticamente. La caducidad de la Certificación implica que la entidad no podrá seguir haciendo uso del logo Punto Verde y procederá a retirarlo de todo empaque o publicidad. Será decisión del postulante solicitar la validación de los mismos proyectos certificados o a su vez presentar nuevos proyectos.

Título II Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde (CEA) al Sector Productivo o Servicios

Art. 28.- Objetivo. - Incentivar al sector productivo o de servicios del Ecuador a implementar la estrategia preventiva de Producción Más Limpia como una herramienta para el mejoramiento del desempeño ambiental y posicionamiento competitivo de las empresas en el mercado.

Art. 29.- Alcance. - Está dirigido a las pequeñas, medianas y grandes empresas del sector productivo o de servicios que cuenten con permiso ambiental vigente y cuyo proyecto o proyectos de Producción Más Limpia se encuentren operativos al menos durante 6 meses.

Art. 30.- Postulación. - Podrán postular al mismo tiempo o en diferentes períodos uno o varios casos de Producción más Limpia, de forma individual o simultánea.

Art. 31.- Ejes Temáticos de casos PML. - Los ejes temáticos son:

1. Materias Primas, Insumos y Materiales Auxiliares. -Incluye aquellos programas enfocados en ecodiseño, reducción en el consumo de materias primas e insumos, optimización de procesos, sustitución o reducción de materiales y/o sustancias químicas, combustibles, entre otras opciones aplicadas a las entradas y salidas de los procesos desarrollados, exceptuando el agua.

2. Residuos. - Incluye los programas enfocados a la reducción en la generación de residuos, optimización de procesos, reciclaje y manejo integral de residuos sólidos; así como también el aprovechamiento de ciertos residuos en el mismo proceso u otra cadena de producción o servicios.

3. Agua. - Incluye aquellos programas enfocados a la reducción del consumo de agua, reutilización y/o reciclaje de agua, reducción de efluentes y de la carga contaminante de los efluentes más allá del cumplimiento legal.

4. Energía. - Incluye todos aquellos programas enfocados en eficiencia energética, uso de energía renovable (fuentes de energía no convencionales como energía eólica, solar, de la biomasa, entre otras), y reducción o sustitución en el uso de combustibles fósiles.

5. Aire. - Incluye todos aquellos programas enfocados a la reducción de las emisiones gaseosas contaminantes sin que éstas signifiquen cumplimiento legal, que serán demostradas con pruebas certificadas.

6. Otros. - Cualquier otro programa enfocado a la reducción de impactos ambientales negativos hacia el ambiente que no se hayan mencionado en los ejes temáticos anteriores, demostrando un cumplimiento más allá de lo establecido en la norma legal.

Art. 32.- Criterios de Evaluación. - Para la evaluación se considerará los siguientes criterios:

1. Cumplimiento de la Normativa Vigente. - Se debe cumplir con el 100% de los aspectos que aplica a este criterio; en caso de incumplimiento de las obligaciones adquiridas con la AAN se otorgará un tiempo perentorio acordado entre las partes, antes de la emisión de la certificación.
2. Uso eficiente de las materias primas, insumos y materiales auxiliares.
3. Manejo eficiente de residuos sólidos, desechos peligrosos y especiales.
4. Manejo, optimización y tratamientos adecuados del agua.
5. Eficiencia Energética y reducción en la emisión de gases efecto invernadero.
6. Inversión en talento humano y modelo de gestión social con enfoque ambiental.
7. Innovaciones.
8. Manejo eficiente de alimentos. Los aspectos de evaluación de estos criterios se encuentran detallados en el Anexo 2 del sector productivo y Anexo 3 del sector servicios del presente instrumento; únicamente para el sector servicios aplican todos los criterios, para el sector productivo se toma en cuenta los criterios desde el 1 al 7 (Ministerio del Ambiente, 2015).

Anexo N° 4

Acuerdo Ministerial 097A. Contaminación de agua donde se desarrolla vida acuática

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS				
PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ^{III}	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoníaco Total ^{III}	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuro	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ^{III}		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	8,5 – 9	8,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitrito	NO ₂	mg/l	0,2	
Nitrato	NO ₃	mg/l	13	200

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 A (2015).

Anexo N° 5

Acuerdo Ministerial 097A. Contaminación de agua para riego

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película/Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁺⁺	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/ l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Niquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 A (2015).

Anexo N° 6

Acuerdo Ministerial 097A. Contaminación de agua para uso pecuario

TABLA 5: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO PECUARIO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	VALOR MAXIMO
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,2
Boro	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Ci nco	Zn	mg/l	25,0
Cobalto	Co	mg/l	1,0
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,01
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Sólidos disueltos totale s	SDT	mg/l	3000

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 A (2015).

Anexo N° 7

Contenidos de los dos módulos que abarca la capacitación

1) Tratamiento de papel reciclado

Tecnología que elabora pulpa de papel reciclado.

En cuanto a la tecnología que será implementada para la producción de pulpa de papel, consiste en la vinculación de la maquinaria italiana, que contribuye en la reutilización del papel, permitiendo la reducción mínima del material principal, recuperando en su totalidad la pasta de la materia prima.

Por otro lado, esta herramienta fue creada con el objetivo de rescatar hasta el 70% del peso del material utilizado, minimizando los desechos a un 30% de su peso inicial, de esta manera se beneficia la industria con la reducción de los costos y de la recuperación de materia prima, además al ser una máquina que solo requiere de conexiones de agua y electricidad, cuya capacidad de producción es de 24 horas con procesamiento de 3 a 7 Tn/H.

A continuación, se mencionan las principales características de la tecnología para la manufactura de papel con materiales reciclados:

Características de Tiger Depack PPS

Ficha Técnica	
Potencia instalada	106,5 Kw
Consumo eléctrico	70 Kw/H
Peso	12 Tn
Superficie	21 m ²



Información tomada de Tiger Depack PPS. Elaborado por autor

Bajo esta propuesta, se aspira a la minimización del consumo de pulpa de árboles, al reemplazar esta materia prima, con el papel reciclado, de modo que, se aplique los principios de sostenibilidad enmarcados en los ODS de Naciones Unidas y en la legislación ambiental ecuatoriana, lo que, además, permitirá a las empresas papeleras, a disminuir notablemente sus costos en la producción de este tipo de bienes y generar una manufactura responsable del producto.

Planta de selección de papel cartón

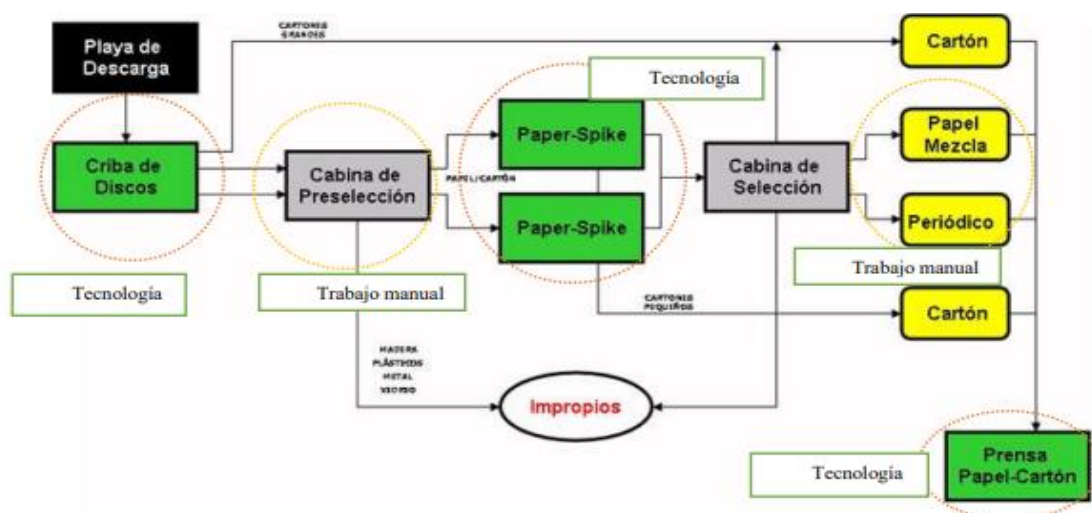
Dentro de la propuesta para la planta de selección de papel cartón, se ha considerado a las provincias del Guayas y Pichincha, dado a que, son dos regiones con mayor generación de toneladas de residuos. Tanto así que, El Mercurio (2023), se obtiene alrededor de 13 mil

toneladas de residuos, en donde 780 Tn son recicladas, pero no son dirigidos a los centros de acopio. Por su parte, se estima que anualmente se consigue más de 15 mil toneladas de cartón, papel, pasticos, entre otros materiales, por lo que, en el territorio ecuatoriano existe 112 puntos de reciclaje en las 18 provincias.

Si bien es cierto, para recopilar los residuos es necesario que se establezca una conexión con las recicladoras pymes, las mismas que, se encargan de recolectar todos los tipos de desechos reciclables. Al presentar una demanda alta, se estima que la capacidad de producción en el reciclaje de papel y cartón sea de 250 Tn al mes, dando pacas de 500 kg, proyectando que al año se incremente al 10%, ya que, se propone implementar tres plantas en los cantones de Durán, Guayaquil y Quito como regiones estratégicas por la cantidad de habitantes acentuados.

Además, se destaca que, los proveedores del papel reciclado ya se encuentran en el mercado actual, porque existen en la localidad, algunas empresas recicladoras que se dedican a la recolección del papel reciclado y que bien pueden comercializarlo a las fábricas papeleras, para paliar las necesidades de materias primas para la elaboración de los bienes que manufacturan las mismas. A ello se añade que, las empresas recicladoras puedan almacenar hasta 250 toneladas de papel reciclado mensualmente, lo cual puede abastecer las necesidades de las industrias papeleras.

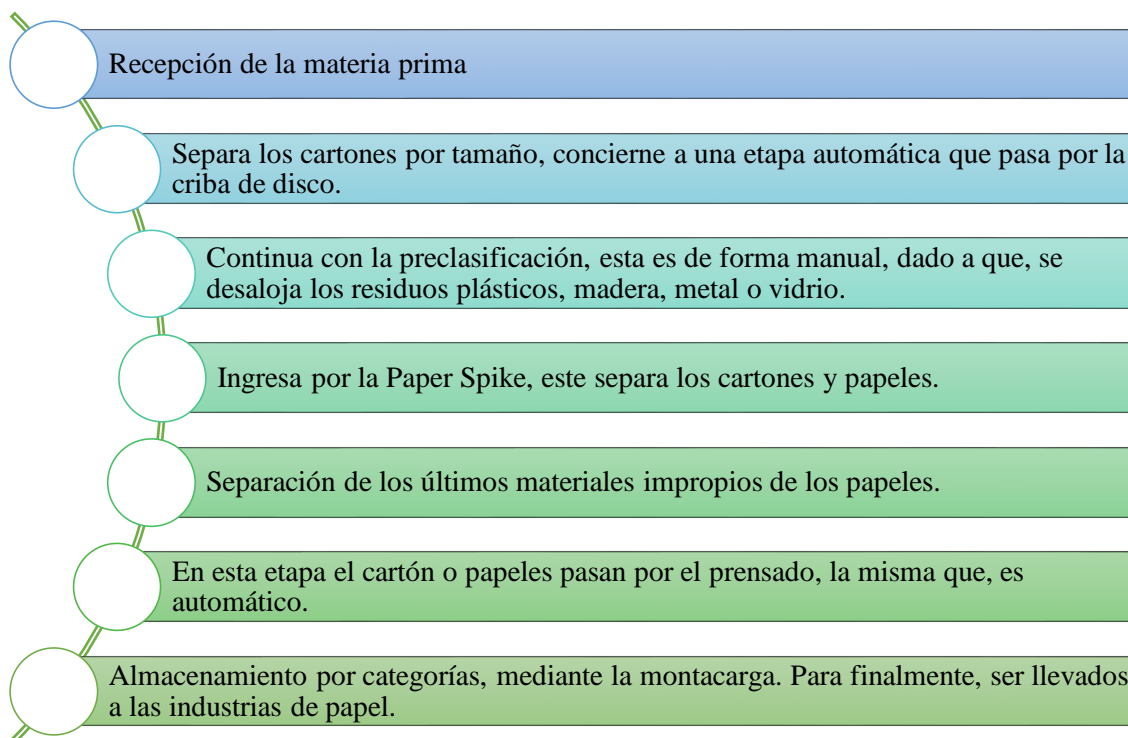
De esta manera, el proceso productivo para la producción de papel de impresión y periódico, con base en materia prima reciclada, es el siguiente:



Proceso de producción de papel periódico e impresión, con materia prima reciclada. Elaboración propia

Proceso para la selección de papel reciclado

Para este proceso es necesario contar con el separador de papel cartón, este consiste en un sistema automático que clasifica los cartones con la finalidad de reducir el tiempo. A continuación, se presenta el proceso que conlleva:



Proceso de la tecnología para usar la planta de selección de papel. Elaboración propia

Se aclara que, entre los beneficios que genera el uso de materia prima reciclada en la producción de papel periódico y de impresión, además de la reducción en el consumo de agua, energía eléctrica y pulpa de árboles, reduciendo la tala de árboles y manteniendo la cantidad y calidad de los bosques, se debe añadir la generación de fuentes de trabajo en las empresas que proveen de materiales reciclados a las industrias papeleras y de las propias fábricas de papel que, pueden implementar sus propios lugares de almacenamiento y clasificación de papel reciclado, fomentando el empleo en la localidad.

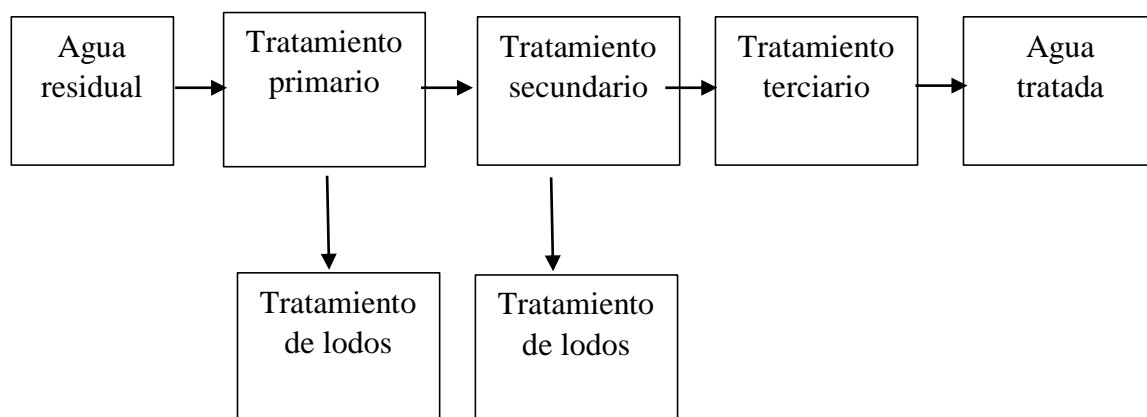
2) Tratamiento de aguas residuales

La sostenibilidad, como principio destacado entre los ODS de la Agenda 2030, resalta la importancia del consumo responsable de las materias primas y la energía. En las industrias papeleras, estos materiales hacen referencia, al consumo de agua, energía y árboles, con los cuales se fabrican los diversos tipos de papeles, de manera que, es necesario minimizar el uso de estos recursos, para garantizar el respeto de los derechos de la naturaleza y de las demás partes interesadas.

Uno de los problemas de mayor severidad en la industria papelera, se encuentra asociado a los grandes consumos de agua que se requieren en la producción de los bienes que fabrica este sector industrial. Si se reconoce que el agua es un recurso no renovable y que corre el riesgo de extinción, si es que no se lo protege adecuadamente, entonces, surge la necesidad de disminuir el consumo del líquido vital en estas empresas fabriles. Para ello, es necesario que, se pueda reutilizar el agua de procesos, de modo que, al utilizar tecnología que permita la extracción y sedimentación de los químicos inmersos en este recurso, se pueda proveer de agua apta para ser utilizada nuevamente en el proceso productivo y economizar su uso, valga la redundancia.

Precisamente, uno de los métodos de mayor importancia, para lograr la reducción del consumo de agua en la industria papelera, consiste precisamente en la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales que, pueda separar los químicos que forman parte del proceso y que se encuentran en las aguas de proceso, para que el líquido vital pueda recircular, en ausencia de estos aditivos, para encontrarse apta para ser empleada de nuevo en el proceso productivo, evitando la necesidad de este recurso vital, reduciendo ostensiblemente su consumo.

Ante ello, es necesario esquematizar este proceso, para identificar el tratamiento de lodos en el agua residual, conforme a las expectativas de las empresas papeleras y las partes interesadas, como se presenta en el siguiente esquema:



Tratamiento de aguas residuales en la industria papelera. Datos tomados de la web site de la Universidad del País Vasco (2023).

Con base a la ilustración, se entiende que, el agua residual debe realizar una serie de procesos que permita que pueda ser utilizada por las manufacturas papeleras, puesto que, el agua es uno de los recursos que se requiere en gran medida para producir el papel, por esto, se considera una de las alternativas que permitan la conservación de este recurso natural, sin embargo, pueden existir obstáculos al llevar a cabo dicho proceso.

Por consiguiente, se ha elaborado la siguiente tabla, la cual, muestra las ventajas y desventajas de tratar las aguas residuales:

Ventajas y desventajas de los métodos para desechar lodos

Ventajas	Desventajas
Compostaje	
<ul style="list-style-type: none"> • Es la tecnología más prometedora para tratar lodos papeleros debido a los bajos costos del tratamiento. • Reduce grandes porcentajes de masa y volumen, esto hace el compost más adecuado para el uso en el suelo. • Velocidad de descomposición. • Alcanza y mantiene altas temperaturas para una higienización de los agentes patógenos. • Calidad del compost para el uso agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> • El balance inadecuado de nutrientes es un factor que puede dificultar el compostaje. • Bajo contenido de materia orgánica y humedad. • Se generan malos olores si se ejecuta inadecuadamente el tratamiento. • Alto costo de energía para una correcta aireación.
Incineración con Aprovechamiento Energético	
<ul style="list-style-type: none"> • Alto porcentaje de lodo reducido. • Recuperación del contenido energético del lodo a través de la incineración. • Poca área requerida para tratar los lodos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. • Alta inversión de capital en el tratamiento. • Alta humedad y bajo poder calorífico.
Agricultura	
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora del contenido de nutrientes, la capacidad de retención de agua y la porosidad del suelo. • Alto contenido de materia orgánica de los lodos. • Mejora de la calidad del suelo. • Se reduce el volumen de lodos colocado en los rellenos y para la incineración. • Baja inversión de capital al tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos niveles de salinidad y deficiencias del nitrógeno. • Área requerida
Relleno Sanitario	
<ul style="list-style-type: none"> • Poca inversión de capital en el tratamiento. • Reducción del volumen de lodos dispuestos. • Puede ser usado en un futuro para revegetalizar el terreno donde son dispuestos los lodos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de estabilidad (emisiones de olores y gas). • Capacidad disponible de rellenos son limitados. • Grandes requerimientos de área

Información tomada de la investigación de (Navarrete, 2022).

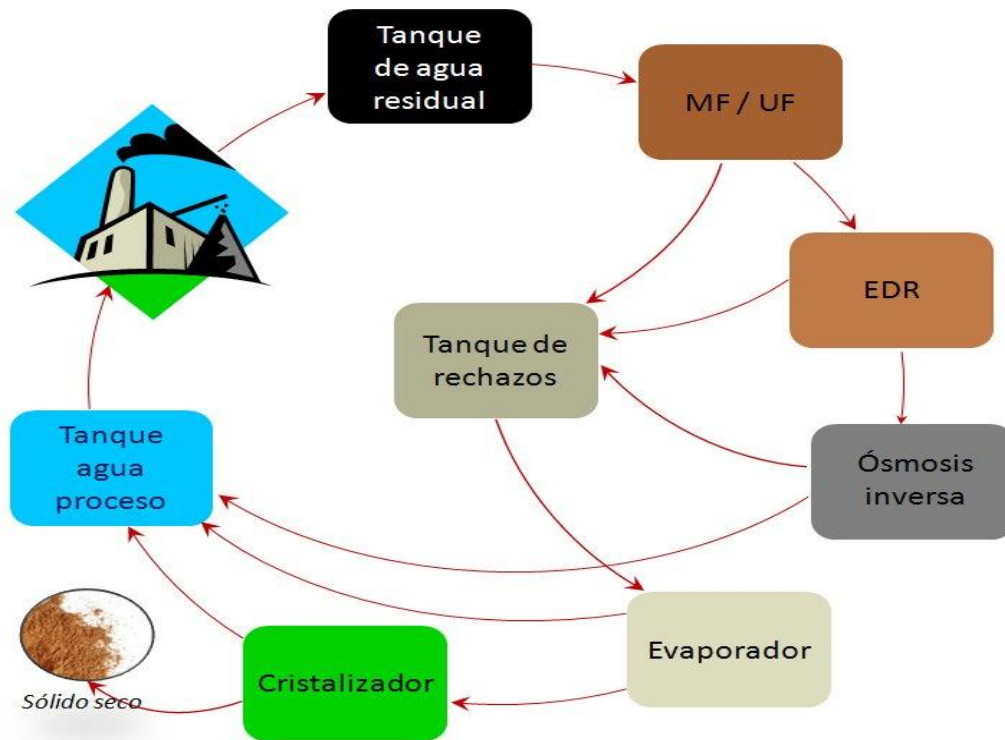
Para lograr la separación de los aditivos químicos de las aguas residuales que circulan en el proceso productivo de elaboración del papel de impresión o periódico, es necesario utilizar sistemas de tratamiento que puedan efectuar esta tarea, a través de diferentes subprocesos que culminan en el logro de la recirculación del agua y en la disminución sustancial de la misma, en el proceso productivo.

Otro de los procesos que se emplean para la recuperación del agua residual, está conformado por el ciclo cerrado, el cual se caracteriza por amenorar la cantidad de residuos sólidos, para lo cual, emplea el uso de tecnologías que permitan efectuar el tratamiento, disminuyendo así el consumo excesivo del recurso natural para la elaboración del papel en las industrias, sin embargo, para efectivizar la puesta en práctica de este proceso tras la obtención de papel, se deben buscar estrategias, como el reemplazo de ciertos químicos que disminuyan la producción de contaminantes.

Ante el uso del método cerrado para tratar el agua, conlleva a grandes beneficios para el medio ambiente, quien se ha visto afectado en los últimos años por las manufacturas que se dedican a la elaboración de papel, de este modo, el agua residual que se somete al tratamiento por medio de tecnologías permite la recuperación de la misma, pero, en mayor cantidad, resultado ideal su implementación para la conservación de los recursos ambientales de una forma sostenible.

Con esto, se resalta el seguimiento que se deben proyectar para lograr implementar dicho proceso en las industrias:

6. Mantener uniformidad del agua ajustando el pH, para dar paso a emplear el proceso de decantación, de manera que, los componentes con mayor densidad se mantengan en la base.
7. Poner en marcha el tratamiento para la ozonización y oxidación del agua residual, de modo que se pueda separar los aditivos químicos del líquido vital.
8. Utilizar tratamientos de separación del agua y los residuos, de tipo anaerobio, para que se pueda descomponer la materia orgánica que se encuentra contenida junto con el agua de procesos, además, de dar paso a la creación del biogás, para que tenga lugar la reducción de energía eléctrica en este sector productivo.
9. Pueden utilizarse membranas de ultrafiltración, para mejorar la separación de los químicos del agua, empleando filtros de arena, por ejemplo.
10. Uso del proceso de osmosis inversa, para que las sales inorgánicas disueltas en el agua de procesos puedan ser atrapadas por las membranas semipermeables del equipo para el tratamiento de las aguas residuales.



Ciclo de tratamiento tecnología Vertido Cero. Información tomada de la investigación de (Navarrete, 2022).

Bajo la utilización de los equipos de tratamiento de aguas residuales, se espera reutilizar la mayor cantidad del líquido vital, de modo que, se reduzca ostensiblemente su consumo en este sector productivo, a lo que se añade, la reducción en la utilización de pulpa de árboles, mediante el reciclaje.

Acerca de los procesos que se efectúan para el tratamiento de las aguas residuales en el proceso productivo de manufactura de papel periódico y de impresión, algunas de estas tareas se refieren a la homogenización, oxidación, filtración de efluentes y osmosis, mediante las cuales, los químicos que se encuentran con los efluentes expulsados en estas actividades productivas, generando que se pueda lograr la meta de cero vertidos, bajo la tecnología Zero Liquid Discharge (ZLD).

En el siguiente esquema se presenta el detalle de los equipos para el tratamiento de las aguas residuales en la industria papelera:



Equipos para el tratamiento de aguas residuales en la industria papelera. (Navarrete, 2022).

Uno de los datos de mayor importancia que, corresponden a los procesos para la recuperación del agua que se utiliza en la manufactura de papel periódico y de impresión, consiste precisamente, en la posibilidad de reutilización del 90% al 95% del agua de procesos, debido a que un porcentaje se diluye con los químicos, significando que, existe la probabilidad de conseguir un vertido cero.

Por consiguiente, con el tratamiento de las aguas residuales, bajo el método de cero vertidos, se pueden obtener los siguientes parámetros:

Indicadores esperados con el tratamiento de cero vertidos en las aguas residuales obtenidas en la industria papelera

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Normativa
pH	6-7	6-7	6-7
DQO	1.707 mg/l	350 mg/l	500 mg/l
DBO	980,2 mg/l	200 mg/l	250 mg/l
Sólidos totales	6.350 mg/l	1.400 mg/l	1.600 mg/l
Sólidos suspendidos	4.591 mg/l	220 mg/l	220 mg/l

Datos tomados del Ministerio del Ambiente (2015), Acuerdo Ministerial 97.

De esta manera, además de minimizar el consumo de agua en la producción de papel, el sistema de tratamiento de aguas de cero vertidos, logra disminuir la contaminación del agua de procesos y mantener sus parámetros, bajo los límites permisibles plasmados en el Acuerdo Ministerial 97, el cual además de encontrarse vigente en el Ecuador, impide que las empresas papeleras adquieran multas y se sujeten a los principios de sostenibilidad ambiental.

Bibliografía

- Aguilar, R., Valiente, Y., Oliver, D., Franco, C., Díaz, F., Méndez, F., & Luna, C. (2019). Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental. *Sciéndo*, 21(4), 401-407. <https://doi.org/https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044>
- Anchundia, N., & Suárez, A. (2022). *Evaluación del potencial energético de lodos del tratamiento primario DAF (Disolved Air Flotation) de PANASA Ecuador*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. <https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/65403>
- Anchundia, N., & Suárez, A. (2022). *Evaluación del potencial energético de lodos del tratamiento primario DAF (Disolved Air Flotation) de PANASA Ecuador*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. <https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/65403>
- Asamblea Nacional. (2008). *Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas*. Quito, Ecuador: Editorial Jurídica Ecuatoriana. Registro Oficial 249. <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-para-la-Construcci%C3%B3n-y-Obras-P%C3%ABlicas.pdf>. https://doi.org/https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. Quito: Registro Oficial Suplemento 351. <https://doi.org/https://www.aduana.gob.ec/gacnorm/data/CODIGO-ORGANICO-DE-LA-PRODUCCION-COMERCIO-E-INVERSIONES.pdf>
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito: Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017. https://doi.org/https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Báez, S. (2019). *La Cooperativa Unión Papelera Platense : Entre la producción y la contaminación. Un estudio del conflicto ambiental en torno al vertido de efluentes en el Arroyo del Gato*. Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=tesis&d=Jht> <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=tesis&d=Jte1559>

- Balseca, R. (2020). *Creación de una empresa comunitaria para producir papel a base del bagazo*. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <https://doi.org/http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12319/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-506.pdf>
- Benítez, O. (2020). *Tratamiento secundario por medio de lagunas de estabilización en una industria papelera*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. <https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56667>
- Biagioni, T., Seijas, C., Tocci, A., & Bianchi, G. (2019). Determinación de los parámetros óptimos para el tratamiento del agua residual proveniente de una papelera, mediante coagulación floculación química y electrocoagulación. *SEDICI*, 1(1), 743-747. <https://doi.org/http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/75794>
- Buitrón, L. (2020). *Servilletas y toallas de papel ecológicas a base de bagazo de caña de azúcar*. USIL. <https://doi.org/https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bd69e049-4996-448e9447-d20347f45873/content>
- Camacho, D. (2020). *Residuos industriales en la fabricación del papel y cartón industrial*. Tecnológico Nacional de México. <https://doi.org/https://es.scribd.com/document/478326407/Residuos-en-la-industria-papelera-y-carton#>
- Campos, P., & Castro, P. (2022). *Diseño de una planta de producción para la elaboración de papel a base de bagazo de caña de azúcar en la Región Piura*. Universidad de Piura. https://doi.org/https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5736/PYT_Informe_Final_Proyecto_EcoPaper.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Canciano, J., Reinoso, M., & Fernández, X. (2021). Estimación de la huella de carbono en la industria papelera. *Avances*, 23(4), 431-444. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/355196836_Estimacion_de_la_huella_de_carbono_en_la_industria_papelera
- Castillo, G. (2021). *Estudio de Impacto Ambiental Grafimpac S. A. Industria Gráfica*. Guayaquil: Grafimpac S. A. Industria Gráfica. <https://doi.org/https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/Documentos/Participacion%20Social/2022%20EIA%20Grafimpac%20S.A.%20C.pdf>

- Castillo, J., & Balarezo, L. (2020). Alternativas en la estabilización de lodos provenientes de plantas de tratamientos de aguas residuales . *Rev. Riemat*, 5(1).
- Caycho, M. (2021). *Mejora de lineamientos en el manejo de residuos sólidos dentro de una empresa industrial del rubro paplero en el distrito de Santa Anita*. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. https://doi.org/https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10206/1/IV_FIN_107_TSP_Caycho_Bustamante_2021.pdf
- CEPAL. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenibles. Una oportunidad para América Latina y El Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL. https://doi.org/https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Chura, H., & Sanchez, R. (2020). *El impacto ambiental del ciclo de vida del papel en el Perú*. Universidad Peruana Unión. <https://doi.org/https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4113#:~:text=E1%20consumo%20de%20papel%20se,residuales%20con%20alta%20carga%20org%20C3%A1nica>.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2006). *Convenio Internacional de las Maderas Tropicales*. Ginebra: ONU. https://doi.org/https://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=3363&no=3&disp=inline
- Conferencia de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible-Rio+20. (2012). *Acuerdo de Cooperación en Manejo Forestal, Rehabilitación de los Bosques y Ecosistemas*. Quito: Conferencia de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible. https://doi.org/https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=conv_1232_2_16062005.htm
- Cornejo, X. (2019). Las especies emblemáticas de flora y fauna de la ciudad de Guayaquil y de la provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 9(2), 6110–6115. <https://doi.org/https://doi.org/10.53591/cna.v9i2.239>
- Donoso, C. (2022). *Impacto medioambiental en la reducción del uso de papel en oficinas*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. <https://doi.org/https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/41181>
- Eco.business. (2020). *Guía para la fabricación de papel y cartón reciclaje*. CEER.
- El Mercurio. (18 de Mayo de 2023). *Beneficios del reciclaje para la economía familiar*. Obtenido de <https://elmercurio.com.ec/>

- FARO. (12 de 12 de 2022). *¿Cómo contribuye el Ecuador a la reducción de emisiones de GEI?* Obtenido de *¿Cómo contribuye el Ecuador a la reducción de emisiones de GEI?*: <https://grupofaro.org/gases-efecto-invernadero-ecuador/>
- Ferluc, A. (2019). Mirada hacia la industria papelera y su imagen medioambiental popular. *Nuevo Mundo Mundos Nuevos*, *I*(1), 1-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/nuevomundo.16142>
- García, A. (2022). *Regeneración y reutilización de aguas contaminadas mediante la aplicación de tratamientos físicos, químicos y biológicos de bajo coste y respetuosos con el medioambiente*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. <https://doi.org/10.31428/10317/11393>
- García, S. (2019). *Optimización a escala laboratorio del sistema de tratamiento de agua residual en una industria papelera*. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. <https://doi.org/https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11734/T08905.pdf?sequence=5>
- Hernández, J. (2021). *Análisis de las causas de biodiversidad terrestre y sus consecuencias para el ambiente en el Ecuador*. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador. <https://doi.org/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CANELOS%20MOR%C3%81N%20REBECA%20PAMELA.pdf>
- HRS. (10 de 09 de 2018). *La función del “Zero Liquid Discharge” (ZLD) en el tratamiento de residuos peligrosos*. Obtenido de *La función del “Zero Liquid Discharge” (ZLD) en el tratamiento de residuos peligrosos*: <https://www.hrs-heatexchangers.com/es/noticias/la-funcion-del-zero-liquid-discharge-zld-en-el-tratamiento-de-residuos-peligrosos/>
- Huaidong, W., & Honggui, H. (2020). Recursos reciclables “Internet +”: Un nuevo modo de reciclaje en China. *Recursos, Conservación y Reciclaje*, *134*(1), 44-47. <https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344918300995>
- I. Municipio de Guayaquil. (2020). *Memorias de la Biodiversidad del cantón Guayaquil*. Guayaquil: I. Municipio de Guayaquil. <https://doi.org/https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/2020-Memoria-Biodiversidad-Guayaquil.pdf>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2012). *Clasificación Nacional de Actividades Económicas: CIIU 4.0*. Quito: INEC. <https://doi.org/https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- Kadwe, B., Khedikar, I., & Hardas, C. (2020). Treatment of Starch Wastewater from Cardboard Packaging Industry. *IOSR. Journal of Engineering*, 80-83. . https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/335842064_Treatment_of_Starch_Wastewater_from_Cardboard_Packaging_Industry
- Melgarejo, J. (2019). *Agua y economía circular*. Alicante: Universitat d'Alacant. <https://doi.org/https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88467#vpreview>
- Meza, F., & Malca, N. (2021). Caracterización de aguas residuales en la industria de empaques de cartón. Caso: cartones Villa Marina. *Rev. Inst. investig. Fac. minas metal. cienc. geogr.* , 24(47), 109-115.
- Ministerio de Transición Ecológica de España. (2023). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora en la organización*. Madrid: Ministerio de Transición Ecológica de España. https://doi.org/https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial 97*. Quito: Registro Oficial Edición Especial 387. <https://doi.org/https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial 97*. Quito: Registro Oficial Edición Especial 387. <https://doi.org/https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2023). *Desechos generados por la industria papelera*. Quito: Ministerio del Ambiente. <https://doi.org/www.ambiente.gob.ec>
- Navarrete, S. (2022). *Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura CIIU C-17 fabricación de papel y productos de papel*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. <https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/64443>
- ONU. (1994). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Kyoto. <https://doi.org/https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

- ONU. (2015). *Acuerdo de París*. París: ONU.
https://doi.org/https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- ONU. (25 de julio de 2022). *La promesa de la energía solar: Estrategia energética para reducir las emisiones de carbono en el siglo XXI*. Obtenido de <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>
- Organización de Naciones Unidas. (1975). *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. Ginebra: ONU.
<https://doi.org/https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convencion-comercio-internacional-especies-amenazadas-fauna-flora-silvestres>
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., & Zambrano, J. (2019). Impactos de la Contaminación sobre los Manglares de Ecuador. *Research Gate*, 1(2), 375-419.
https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/337424161_IMPACTOS_DE_LA_CONTAMINACION_SOBRE_LOS_MANGLARES_DE_ECUADOR/link/5dd69eada6fdcc5b17c575de/download
- Prefectura de Imbabura. (2023). *Plan de forestación y reforestación de la provincia de Imbabura*. Ibarra: Prefectura de Imbabura.
<https://doi.org/http://imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/CONGOPE%20PLAN%20FORESTAL.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1992). *Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación*. Ginebra: PNUMA.
https://doi.org/https://www.google.com/search?q=Convenio+de+Basilea&hl=es&sxsrf=APwXEdeUvVze9I8mQT8NjQCKaRboImHXWg%3A1684172555049&ei=C29iZOHOAs2cwbkPtZq9wAk&ved=0ahUKEwihgInX7_f-AhVNTjABHTVND5gQ4dUDCBA&uact=5&oq=Convenio+de+Basilea&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQAzIFCAAQgAQ
- Universidad del País Vasco. (01 de 05 de 2023). *Papel y cartón*. Obtenido de Papel y cartón: <https://www.ehu.eus/es/web/araba/campus-iraunkorra-papera-eta-kartoia>
- Verdesoto, J. (2020). *Gestión de lodos generado por la PTAR de una industria papelera*. Quito: Universidad de Guayaquil.
<https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56669>
- Verdesoto, J. (2020). *Gestión de lodos generado por la PTAR de una Industria Papelera*. Universidad de Guayaquil.

<https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56669/3/BINGQ-MGA-20M04.pdf>

Wang, B., Chunyu, R., Xiaoyang, D., Bin, Z., & Zhaohua, W. (2020). Determinantes que dan forma a la disposición hacia el comportamiento de reciclaje en línea: un estudio empírico del reciclaje de desechos electrónicos domésticos en China. *Resources, Conservation and Recycling*, 143(1), 218-225. <https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344919300059>

Water Engineering. (24 de 04 de 2023). *Sistemas de agua de tratamiento de cero vertido*. Obtenido de Sistemas de agua de tratamiento de cero vertido: https://lp.tekbox.pt/1ede5OKi/helpcompaniestosavewater?gclid=CjwKCAjw04yjBhApEiwAJcvNofxxaBldknERwlqF9Zt3_n5T2CT-jAgrGTao5sc5kkHnqNYZLUhQrhoCzLEQAvD_BwE

Xiaofeng, L., Jiali, G., & Tong, Y. (2020). Análisis para estrategias de reciclaje y remanufactura en una cadena de suministro considerando la disposición a pagar heterogénea de los consumidores. *Recursos, Conservación y Reciclaje*, 148(1), 80-90. <https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344919302058?via%3Dihub>