



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

MAESTRÍA EN ECONOMÍA CIRCULAR

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster
en economía circular**

***Aplicación de la Economía Circular en el Cierre de los Ciclos Hídricos en
la Empresa Extractora y Procesadora de Aceites EPACEM S.A.***

**Verónica Elizabeth Narváez Terán
venarvaezteran@gmail.com**

**Director: M.Sc. Daniel Heredia
deheredia@puce.edu.ec
daniel.heredia.m@gmail.com**

Santo Domingo, octubre de 2023

Resumen

La economía circular, clave para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, requiere la participación de diversos actores. Su impacto se destaca en el sector productivo al reducir el uso de recursos y disminuir las externalidades negativas vinculadas a la contaminación y la crisis climática. En el contexto del agua, un recurso renovable vital, pero afectado por actividades humanas y el cambio climático, la gestión efectiva es esencial. Implementar principios de circularidad asegura la permanencia de este recurso, cerrando ciclos hídricos y promoviendo su uso sostenible. En Ecuador, el Libro Blanco de la Economía Circular destaca acciones clave para garantizar el cierre de ciclos hídricos y fomentar la circularidad en la producción sostenible. En Santo Domingo de los Tsáchilas, las Mesas Territoriales evidencian la preocupación por la contaminación hídrica, entre las industrias de la provincia se destaca las extractoras de palma en efecto de la importancia del sector palmicultor en la zona. La empresa EPACEM S.A., con 50 años en la provincia, obtiene el recurso hídrico para la producción de fuentes subterráneas. Aunque las aguas residuales se tratan, se reconoce la necesidad e interés de implementar iniciativas que faciliten el cierre del ciclo hídrico interno basado en la economía circular, que a su vez permitan reducir las externalidades negativas y evite posibles sanciones. Mediante la implementación de la metodología de Marco Lógico (MML), la empresa busca accionar un cierre efectivo de sus ciclos hídricos, a través de la ejecución de actividades para reducir, recuperar y reutilizar el recurso, con base en mecanismos de la economía circular.

Palabras clave: Industria, producción, externalidades, reducir, reutilizar y eficiencia en el tratamiento de agua residual.

Índice

Introducción.....	5
Economía circular.....	5
Principios de economía circular	5
Recursos hídricos.....	6
Planteamiento del problema.....	7
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
Metodología.....	9
Obtención y análisis de información	9
Resultado	9
Análisis de la Situación	9
Área industrial	9
Área administrativa.....	10
Áreas de servicios	10
Sistema de tratamiento de efluentes	10
Fases de tratamiento	11
Análisis de Involucrados	12
Análisis del problema	13
Análisis de objetivos.....	14
Análisis de alternativas.....	14
Estructura analítica del proyecto	15
Matriz de marco Lógico	16
Evaluación económica.....	23
Conclusiones.....	23
Recomendaciones.....	24
Bibliografía.....	24
Anexos.....	26
Anexo 1	26
Anexo 2	27

Índice de figuras

Figura 1. Economía lineal y circular (Tambovceva et al., 2021).....	5
Figura 2. Principales problemas detectados en la zona rural en las Mesas Territoriales 2019. Fuente: GADPSDT, 2019.....	8
Figura 3. Imagen de satélite del área de influencia de EPACEM S.A. Mapa elaborado en el <i>Software QGIS</i> (QGIS Development Team, 2022). Fuente: Elaboración propia.....	13
Figura 4. Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura 5. Árbol de objetivos. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura 6. Modelo de cierre de ciclo hídrico. Fuente: Elaboración propia.....	15
Figura 7. Estructura analítica del proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	16

Índice de tablas

Tabla 1. Características de la empresa	9
Tabla 2. Resultado de monitoreo de la laguna de oxidación.....	11
Tabla 3. Matriz de identificación de actores.	12
Tabla 4. Evaluación económica del costo de tratamiento de agua residual.	23

Introducción

Economía circular

En contrapartida al modelo de economía lineal, en la actualidad surge el modelo circular en el cual se plantea básicamente una producción que reincorpora los residuos al proceso productivo, funcionando bajo un esquema de la menor extracción posible de materias primas, y evitando la contaminación desde el diseño (GARABIZA et al., 2021).

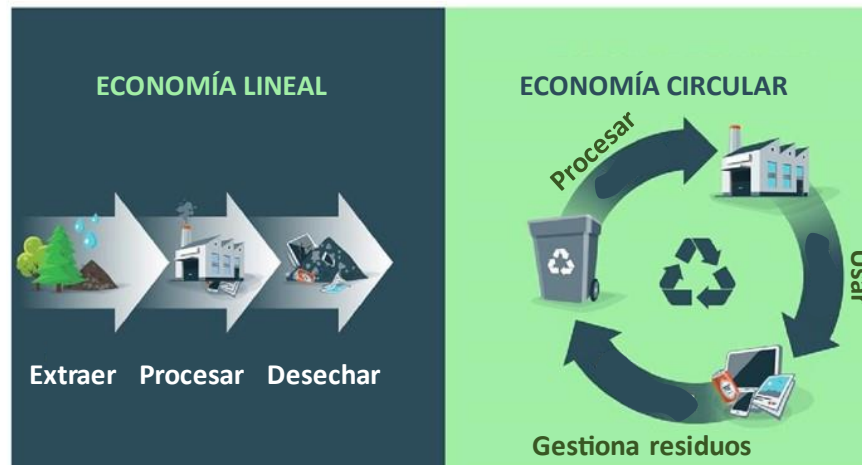


Figura 1. Economía lineal y circular (Tambovceva et al., 2021).

La transición del sistema de producción convencional a un sistema circular, reduce los impactos ambientales negativos y permite un cambio sistémico, generando oportunidades enmarcadas en el desarrollo sostenible, es decir, considera estos factores en los aspectos ambientales, económicos y sociales. Estos mecanismos de producción ya se están implementado en diferentes empresas a nivel nacional (GARABIZA et al., 2021), por lo que es importante su replicabilidad en la mayoría de las aristas de producción.

Principios de economía circular

De acuerdo con Cerdá & Khalilova (2016), para implementar el concepto y práctica de la economía estrictamente circular, se establece 3 principios de la economía circular:

- Principio 1. Preservar y aumentar el capital natural, controlando los stocks finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables. Se prioriza la selección de tecnologías y recursos renovables, se aprovecha los nutrientes de los sistemas para regenerar el suelo.
- Principio 2. Optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico. Este principio invita a diseñar para renovar, reparar, restaurar y reciclar, siempre extienden la vida del producto, se busca mantener en uso los materiales y componentes de un producto.
- Principio 3. Promover la efectividad del sistema, haciendo patentes y proyectando eliminar las externalidades negativas. Fomenta la eficacia del sistema, reduce externalidades como contaminación, emisiones de sustancias peligrosas y el cambio climático.

Por otro lado, de manera complementaria, Tambovceva et al., (2021) plantea los principios basados en las 3-R:

- Reducir: reducir el uso de recursos y priorizar materiales renovables.

- Reutilizar: aprovechar al máximo los productos.
- Reciclar: recuperar subproductos y residuos para su posterior uso en la economía.

En este sentido, la economía circular pretende cerrar los ciclos de producción, optimizando al máximo el uso de los recursos naturales.

Recursos hídricos

Según la UNESCO (2012) los recursos hídricos son “recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable.”

El agua es un recurso con relevancia significativa en términos de capital natural y también desde una perspectiva económica (Simon, 2018). La importancia del agua se encuentra en su capacidad para satisfacer las necesidades en los aspectos de la sostenibilidad (ambientales, económicos y sociales), por lo que se la caracteriza como un activo “ecosocial” (Aguilera Klink, 2006).

Además, es necesario resaltar que el agua en términos generales es entendida como un recurso renovable; sin embargo, de manera particular, el agua dulce con parámetros de calidad para consumo y productividad es relativamente escasa en la actualidad y, en efecto, se prevé mayor afectación al recurso considerando los impactos de la contaminación y cambio climático (Chafra, 2022).

La tendencia global es la afectación a los recursos hídricos por diferentes fuentes; en este sentido, la implementación de nuevos mecanismos de gestión de los recursos hídricos basados en la economía circular podría ser de vital importancia para repercutir de manera positiva, no solo en los procesos productivos, sino en el ecosistema y en la sociedad (Comisión Europea, 2018).

En el contexto de la economía circular, el ciclo natural del agua ejemplifica el flujo regenerativo de su uso en la naturaleza, proceso tan necesario de implementar en las actividades humanas para reducir su consumo, con el fin de conservar y mejorar este recurso natural (Simon, 2018).

En lo que respecta a los usos y aprovechamiento del agua, es el sector agrícola y riego (uso consuntivo) el que presenta mayor demanda de este recurso en estado natural (70% y un 80% del consumo total), las urbes requieren cerca del 14%, y el 6% restante corresponde al uso industrial (Fundación Aquae, 2019).

Desde el enfoque de la economía circular, el agua residual debe ser recuperada para pasar de ser una externalidad negativa a ser devuelta a su ciclo o para uso como insumo productivo que incluso puede ser valorado, acción contraria a lo que sucede en un consumo convencional que responde a los procesos de la economía lineal de descarte en el que no considera la recuperación del agua residual (Delacámara et al., 2017). Es decir, en la circularidad se prioriza la internalización de externalidades para mantener los recursos, optimizando el uso consuntivo del agua y la regeneración del recurso natural (Brears & Brears, 2020).

En efecto, la economía circular representa una herramienta para lograr los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), y es en esta transición del modelo de producción convencional a uno circular donde se reducen los impactos ambientales negativos permitiendo un cambio sistémico que genera oportunidades en los aspectos ambientales, económicos y sociales (Fundación Ellen Macarthur, 2023).

El ODS 6, "Agua Limpia y Saneamiento", junto con el ODS 7, "Energía Asequible y No Contaminante"; el ODS 8, "Trabajo Decente y Crecimiento Económico"; el ODS 12, "Producción y Consumo Responsables"; y el ODS 15, "Vida de Ecosistemas Terrestres", representan los objetivos específicos de la Agenda 2030 que tienen una mayor relación con las prácticas de la economía circular (Schroeder et al., 2019). Además, el reciclaje y la reutilización de aguas específicamente contribuyen al cumplimiento de las metas: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 y 14.1.

Es así que, considerar la reutilización de los recursos hídricos, permite dar utilidad a los efluentes industriales y domésticos, disminuyendo la presión sobre las fuentes de agua convencionales (ríos y acuíferos). Por lo tanto, generar propuestas que permitan cerrar los ciclos hídricos son de suma importancia, tanto para el ambiente, como para la economía.

Planteamiento del problema

Es común en gran parte de los países de América Latina y el Caribe descargar las aguas residuales en los ríos, esteros o similares, causando un impacto al ambiente y a la salud de las personas que dependen de estos cauces para consumo (Schady, 2015).

En el contexto del país, Ecuador dispone de un volumen total de recursos hídricos que asciende a cerca de 375 Km³. La distribución del consumo de agua en el país se divide de la siguiente manera: aproximadamente el 9.4% (equivalente a 1.48 Km³) se emplea para fines domésticos, mientras que el 82.6% (alrededor de 13.05 Km³) se destina a usos agrícolas, y el 8% (unos 1.27 Km³) se utiliza en actividades industriales (Benavides, 2019).

A nivel global, las instalaciones industriales han implementado de manera sistemática medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua y han logrado reducir su consumo hídrico en un rango que varía desde un 20% hasta un 50%, y en algunos casos, incluso alcanzan una disminución de hasta el 90% si se aplican estrategias avanzadas (Brears & Brears, 2020).

Es desde esa apreciación de importancia que el Libro Blanco de Economía Circular del Ecuador identifica como una acción clave el garantizar el cierre de los ciclos hídricos, además el apoyar al sector productivo a identificar estrategias circulares como acciones de las líneas estratégicas de producción sostenible. De esta manera, para garantizar el cierre de ciclos hídricos del sector industrial, es básico promover el tratamiento de aguas residuales y promover proyectos que puedan ser financiados con facilidad (Valencia, 2021).

Para comprender la problemática ambiental a nivel de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, al inicio de la administración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas en el 2019, se realizaron Mesas Territoriales donde se estableció las percepciones de la ciudadanía. Los resultados tabulados revelaron varias preocupaciones prioritarias en relación con el agua y otros aspectos ambientales. La contaminación por desechos y residuos sólidos fue identificada como la principal problemática rural, destacando la preocupación de un 93.3% de la población.

La contaminación por descargas de aguas residuales industriales y domésticas también fue un problema significativo, señalado por el 66.7% de los participantes en las mesas, seguida por la falta de control y conservación de las franjas de protección de las fuentes hídricas fue otra preocupación importante.

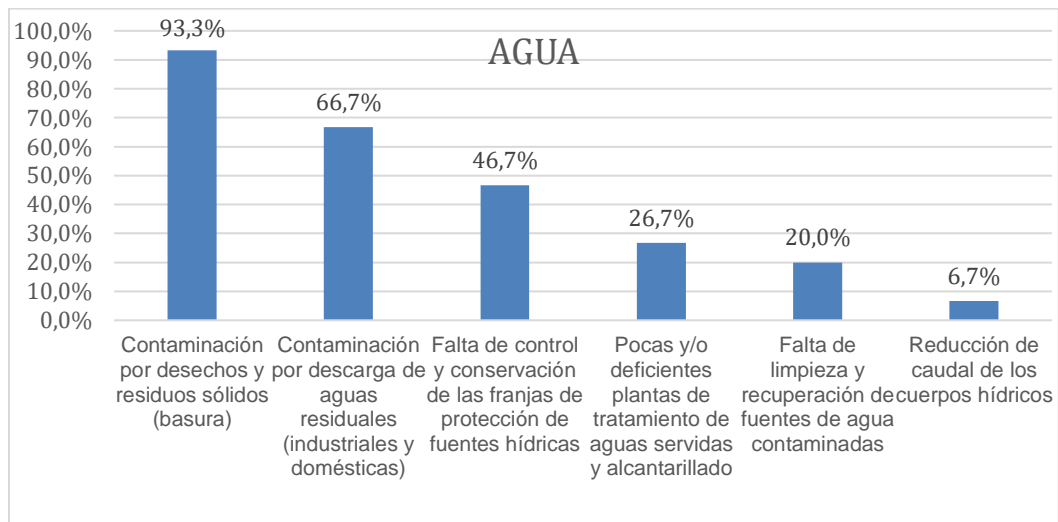


Figura 2. Principales problemas detectados en la zona rural en las Mesas Territoriales 2019. Fuente: GADPSDT, 2019.

En contexto industrial, las extractoras de palma cumplen un papel importante en la economía, como un sector industrial que genera empleo e ingresos para el desarrollo local; sin embargo, sus acciones operativas generan efluentes que afectan a los recursos hídricos, razón por la cual, generar estrategias de cierre del ciclo permitirá mejorar la rentabilidad de la industria, además de beneficios que van más allá de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el caso de la empresa EPACEM, el sistema de gestión del agua, el recurso de consumo proviene de fuentes subterráneas tratadas y ablandadas para la producción. Posteriormente, la descarga experimenta una separación física de grasas y se dirige hacia 4 lagunas de oxidación de tipos: anaerobia, facultativa y aerobia, con una capacidad de tratamiento de 37.600 m³. A pesar de este proceso, se enfrenta la necesidad de evaluar y mejorar la eficacia de dichas etapas para garantizar un manejo óptimo y sostenible del recurso hídrico.

Considerando la importancia de la economía circular y la generación de estrategias basadas en contextos locales, el presente proyecto de titulación pretende elaborar una propuesta que garantice el cierre del ciclo hídrico en la empresa EPACEM S.A.

Objetivo general

Elaborar una propuesta de cierre del ciclo hídrico interno en la empresa de EPACEM S.A., basado en la economía circular.

Objetivos específicos

- Identificar los diferentes mecanismos de captación, consumo, uso y destino final del recurso hídrico de la empresa EPACEM S.A.
- Analizar las condiciones de descarga final del recurso hídrico empresa EPACEM S.A.
- Proponer mecanismos de reducción, optimización, regeneración y reutilización del agua, basados en la economía circular.

Metodología

Obtención y análisis de información

El marco referencial del siguiente Trabajo de Titulación es ágil y la metodología a utilizarse será la de Marco Lógico (MML), ya que esta facilita los procesos de conceptualización, diseño y evaluación de proyectos, centrándose en la orientación por objetivos (Ortegon et al., 2005). La metodología de MML ha sido ampliamente utilizada como una herramienta analítica, de presentación y gestión, que ayuda a los planificadores y gerentes en el análisis de la situación actual durante la preparación del proyecto, que a pesar que se ha pasado por varias modificaciones en el tiempo mantiene su esencia (Cárdenas Torrado et al., 2022).

La información utilizada para el diagnóstico fue proporcionada por la empresa EPACEM S.A., mediante previa autorización a la solicitud de colaboración para la elaboración del proyecto de titulación. (Anexo 1).

Resultado

Análisis de la Situación

EPACEM S.A. es una empresa extractora y procesadora de aceites vegetales de palma aceitera, mantecas, margarinas y jabones. La empresa tiene un caudal de agua autorizado de 10 litros por segundo con procedencia de agua subterránea y registra un promedio de consumo mensual de agua de 5.000 metros cúbicos para uso industrial. Las características de la empresa se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Características de la empresa

Ítem	Característica
Tipo de establecimiento	Industrial
Tiempo de funcionamiento del establecimiento	48 años
Régimen de trabajo más frecuente	24 horas / día
Superficie de implantación	5 hectáreas
Capacidad de refinación de aceite de palma	20.000 TM/año

Fuente: EPACEM S.A.

Las instalaciones de EPACEM se clasifican en: área industrial, área administrativa, área de servicios y sistema de tratamiento de efluentes.

Área industrial

Comprende las naves donde se realizan los procesos de transformación de materias primas a productos elaborados o semielaborados. Se incluyen también las bodegas de almacenaje de materias primas, productos elaborados, embalajes, aceites vegetales y repuestos; y la sección de fabricación y soplado de envases plásticos que servirán para envasar los productos terminados.

Además, se incluyen las secciones de generación de vapor y de control de calidad. Las áreas industriales comprenden estructuras mixtas de paredes y piso de metal y concreto con cubiertas metálicas. Las naves del área industrial son:

- Sección Extractora.
- Sección Refinería.
- Sección Fraccionamiento.
- Sección Envasado.
- Sección Jabonería.
- Sección Plásticos.
- Sección Bodega de productos terminados y empaques.
- Sección Bodega de Repuestos.
- Sección Control de calidad.
- Sección Calderos y cogeneración.
- Tanques de almacenamiento de aceites vegetales.
- Área de acopio de combustible biomasa y tanques de almacenamiento de combustibles.

Área administrativa

Corresponde a las oficinas localizadas contiguamente al área industrial, donde se ejecutan los procesos administrativos, financieros, contables y gerenciales de la empresa. Comprende edificaciones con piso y paredes de concreto, y techos metálicos.

Áreas de servicios

Constituye las instalaciones complementarias que permiten el buen funcionamiento de la empresa, las principales áreas de servicios son:

- Sección de generación eléctrica de emergencia.
- Áreas de almacenamiento de desechos sólidos (casetas de acopio de chatarra, desechos reciclables, desechos comunes y desechos peligrosos).
- Planta de tratamiento de agua cruda.
- Baterías sanitarias, vestidores y duchas del personal.
- Servicio médico.
- Comedor.

Sistema de tratamiento de efluentes

El efluente es un líquido aceitoso con materia orgánica y partículas sólidas, es degradable y no contiene sustancias contaminantes peligrosas como hidrocarburos o químicos, ya que estos son generados en los procesos en las purgas de la caldera y como resultado de las limpiezas de pisos utilizando bombas a presión y vapor de agua. Estos residuos líquidos constituyen las aguas residuales que son tratadas en su totalidad en piscinas de oxidación.

Para el tratamiento de las aguas residuales, se dispone de un proceso primario de separación física de grasas, complementando con un tratamiento secundario microbiológico, que consta de cuatro lagunas que cumplen con el proceso de degradación por digestión anaerobia, facultativa y aerobia. Cuya capacidad es igual a 37.600 m³, dispuesto de la siguiente manera:

- Capacidad máxima de primera laguna fase anaerobia: 16.000 m³.
- Capacidad máxima de segunda laguna fase anaerobia: 6.000 m³.
- Capacidad máxima de la laguna facultativa: 6.000 m³.

- Capacidad máxima de la segunda laguna facultativa: 9.600 m³.

Fases de tratamiento

Primera fase del tratamiento: Los residuos líquidos son llevados al sistema de tratamiento primario, compuesto por dos estructuras de concreto, llamados tanques florentinos. Las funciones principales de este tratamiento son:

- Enfriar los efluentes
- Remover materiales contaminantes grasosos.
- Ecuilizar inicialmente el efluente.
- Atrapar el aceite que accidentalmente escapa del proceso.

Segunda fase de tratamiento: El efluente pasa a la primera laguna de oxidación anaerobia, con una profundidad de 4m. En esta fase se presenta el tratamiento biológico del efluente que se produce por el metabolismo de microorganismos degradadores de grasas, que son responsables de la descomposición orgánica del efluente. En este proceso se convierten los compuestos orgánicos biodegradables en compuestos orgánicos en suspensión (soluciones). EPACEM cuenta con dos lagunas anaerobias que remueven entre un 95 % a 97% de DQO, DBOs y ST.

Tercera Fase del Tratamiento: Se realiza en la tercera laguna de tipo facultativa o pulimento aerobio, aquí se estabiliza biológicamente por acción de bacterias facultativas. El efluente final sale bajo en grasas, materia orgánica y sólidos pesados, con características y parámetros exigidos para cualquier cuerpo receptor. La laguna facultativa remueve entre 70 y 80% de materia orgánica que no fue removida en la fase anterior. La última laguna de oxidación tiene una tubería de descarga, donde se puede medir el caudal.

A pesar del sistema de tratamiento que se maneja en la empresa, existen límites que se encuentran fuera de la permisibilidad, como materia flotante, manganeso y oxígeno disuelto (Tabla 2 y Anexo 2)

Tabla 2. Resultado de monitoreo de la laguna de oxidación.

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	UNIDAD	Resultado	(1) LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
HUEVOS DE PARÁSITOS	Norma Mexicana NMX-AA113-SCFI-2012, Rev. 02,	AUSENCIA/ PRESENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE
LITIO	EPA Method 6010 D Rev.5 July. 2018 (Validado Modificado, 2022)	mg/l	<0,04	+2,5	CUMPLE
MATERIA FLOTANTE	NMX-AA-006-SCFI-2010	AUSENCIA/ PRESENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA	NO CUMPLE
MERCURIO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3112 B	mg/l	<0,001	0,001	CUMPLE
MANGANESO	EPA Method 6010 D Rev.5 July. 2018 (Validado Modificado, 2022)	mg/l	<0,9676	0,2	NO CUMPLE
MOLIBDENO		mg/l	<0,004	0,01	CUMPLE
NÍQUEL		mg/l	0,025	0,2	CUMPLE
NITRITOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO2-	mg/l	<0,010	0,5	CUMPLE

OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O A y 4500-O C	mg/l	<2,00	3	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A	U pH	7,81	6- 9	CUMPLE
PLOMO	EPA Method 6010 D Rev.5 July. 2018 (Validado Modificado, 2022)	mg/l	<0,03	5.0	CUMPLE
SELENIO		mg/l	<0,04	0,02	CUMPLE
SULFATOS	EPA 375.4 SO ₄ , 1978	mg/l	<5,0	250	CUMPLE
VANADIO	EPA Method 6010 D Rev.5 July. 2018 (Validado Modificado, 2022)	mg/l	0,006	0,1	CUMPLE

(1) Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

Fuente: EPACEM S.A.

Análisis de Involucrados

Dentro de la propuesta de trabajo se han identificado diferentes actores locales y pertenecientes a instituciones públicas en base a las competencias que poseen (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de identificación de actores.

Nivel	Actores	Interés en gestión del recurso hídrico	Poder			
			Económico	Social	Legal	Técnico
Local	EPACEM S.A.	Alto	x		x	x
	Moradores del área de influencia directa	Bajo		X		
Cantonal	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo	Bajo			X	
Provincial	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas	Medio			X	X
Nacional	Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica	Medio			X	

Fuente: Elaboración propia.

En la identificación de actores se puede determinar que el mayor interés es local, específicamente interno de la empresa. Por otro lado, se identifica un bajo interés para los moradores del área de influencia, ya que al encontrarse en el sector rural no existen asentamientos o casas que puedan perjudicarse de los problemas que serán analizados (Figura 3).

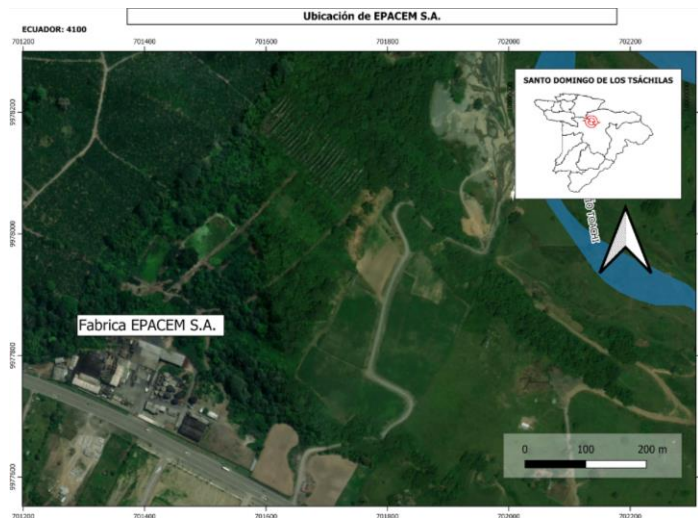


Figura 3. Imagen de satélite del área de influencia de EPACEM S.A. Mapa elaborado en el *Software QGIS* (QGIS Development Team, 2022). Fuente: Elaboración propia.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo presenta un interés bajo, debido a que su involucramiento con la empresa se relaciona únicamente con el uso de suelo, el cual se ajusta a su ubicación geográfica.

El Gobierno Autónomo descentralizado Provincial (GADP) de Santo Domingo de los Tsáchilas se involucra en la propuesta debido a la competencia como autoridad ambiental de aplicación responsable, mediante la cual realiza control y seguimiento a la licencia ambiental de la empresa. Enmarcado en las competencias, el GADP hace seguimiento al cumplimiento de lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental, normativa ambiental vigente, y obligaciones del permiso ambiental. Dentro de este seguimiento, se encuentra establecido el cumplimiento a los límites permisibles de descargas de la empresa.

A nivel nacional como representante del Gobierno Central, el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, tiene la competencia de emitir los permisos de uso del agua, los cuales son regularizados cada año. La autorización administrativa le permite a EPACEM S.A. utilizar mensualmente 5.000 m³, sin embargo, esta institución no hace seguimiento del destino final del recurso utilizado.

Análisis del problema

El análisis de problemas se realizó en compañía de la Ingeniera Gabriela Rojas, técnico responsable del seguimiento ambiental de la empresa. El problema central a tratar es la búsqueda de mecanismos para cerrar los ciclos hídricos, ya actualmente existe una generación excesiva de agua residual, el sistema de tratamiento de agua es deficiente y no existe reutilización del recurso hídrico. Estos problemas conllevan un consumo elevado de agua en los procesos, elevándose los costos de tratamiento y es necesario implementar nuevos mecanismos de tratamiento para reducir las externalidades negativas al suelo y/o agua y evitar incurrir en sanciones administrativas (Figura 4).

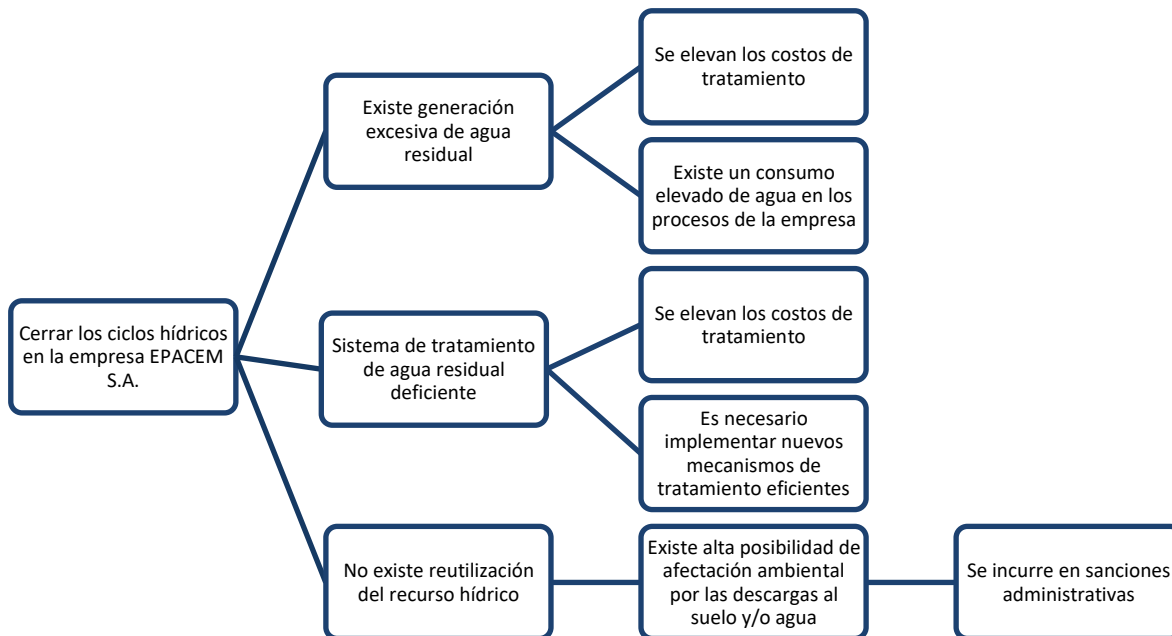


Figura 4. Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de objetivos

Según Ortegón et al., (2005), el análisis de objetivos permite describir la situación futura a la que se desea llegar después de resolver el problema, en este sentido se han convertido los aspectos negativos en positivos (Figura 5).

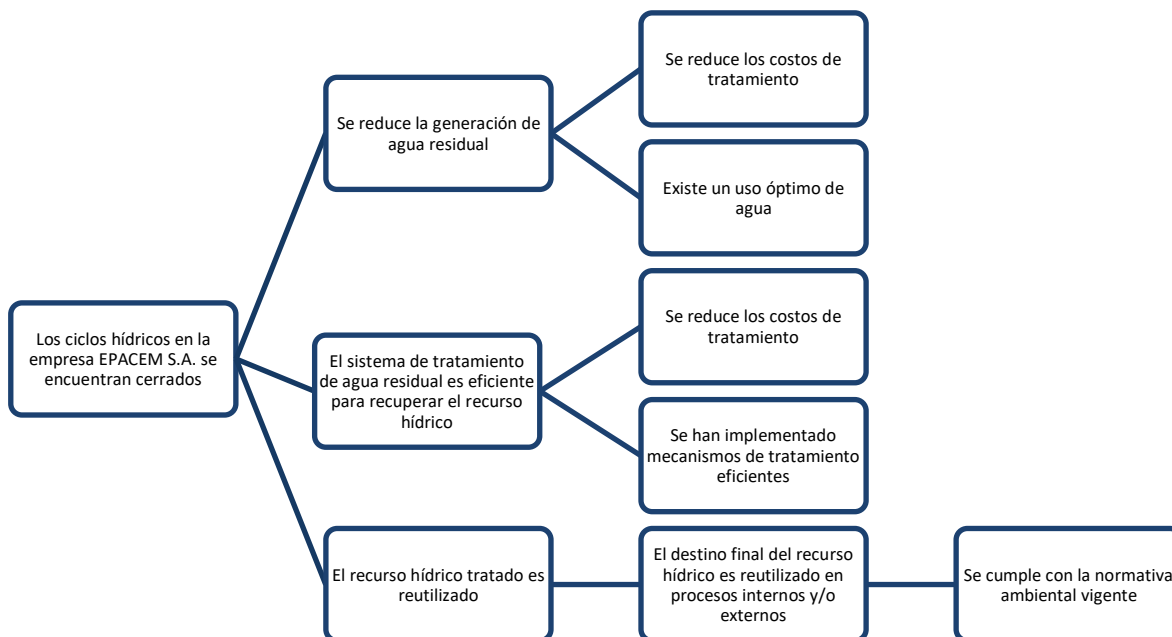


Figura 5. Árbol de objetivos. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de alternativas

Con los problemas identificados y los escenarios en donde se convierten en aspectos positivos, se han identificado las siguientes soluciones:

- Se deberá reducir la generación de agua residual, minimizando el uso del recurso hídrico en los procesos internos.
- Se deberán implementar mecanismos de tratamiento de agua residual eficientes, con el fin de recuperar el recurso hídrico.
- El recurso hídrico recuperado será reutilizado en procesos internos y/o externos.

En los sistemas de producción de aceite, la mejor forma de reducir la producción de efluentes es mediante la disminución de consumo de agua (Ma, A. N. 2000). Sin embargo, a pesar de lograr eficiencia en el consumo del recurso hídrico, es indispensable implementar mecanismos de tratamiento que se ajusten a las necesidades de la empresa y al tipo de efluentes que se producen en el procesamiento de palma aceitera (Yacob et al., 2006; Mohammad et al., 2021). Por otro lado, en el enfoque de cierre del proceso de ciclos hídricos, incorporar el agua residual tratada a procesos internos o externos es de suma importancia, en este sentido, el agua puede ser utilizada como fertilizante en cultivos posterior a recibir un tratamiento (Mohammad et al., 2021), siempre que cumpla con los límites permisibles de descarga (Figura 6).

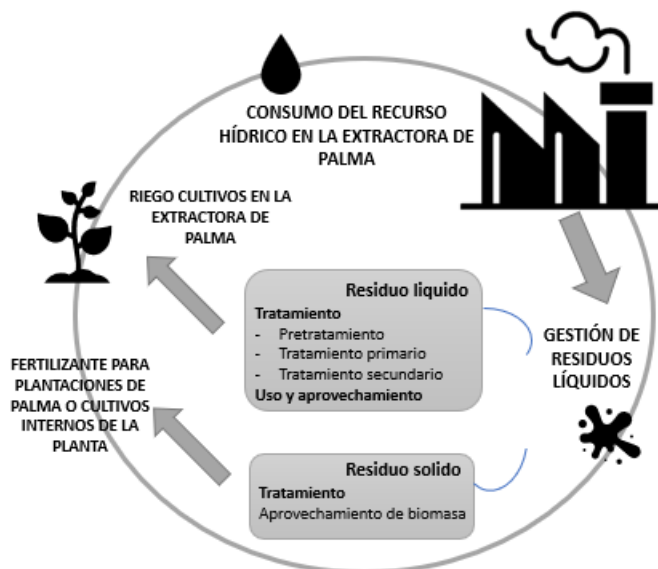


Figura 6. Modelo de cierre de ciclo hídrico. Fuente: Elaboración propia.

Estructura analítica del proyecto

Determinadas las alternativas más óptimas en el problema planteado, con el propósito de cerrar los ciclos hídricos en la empresa EPACEM S.A. para reducir, recuperar y reutilizar el recurso hídrico que ingresa a los sistemas de producción, se proponen tres componentes o resultados (Figura 7):

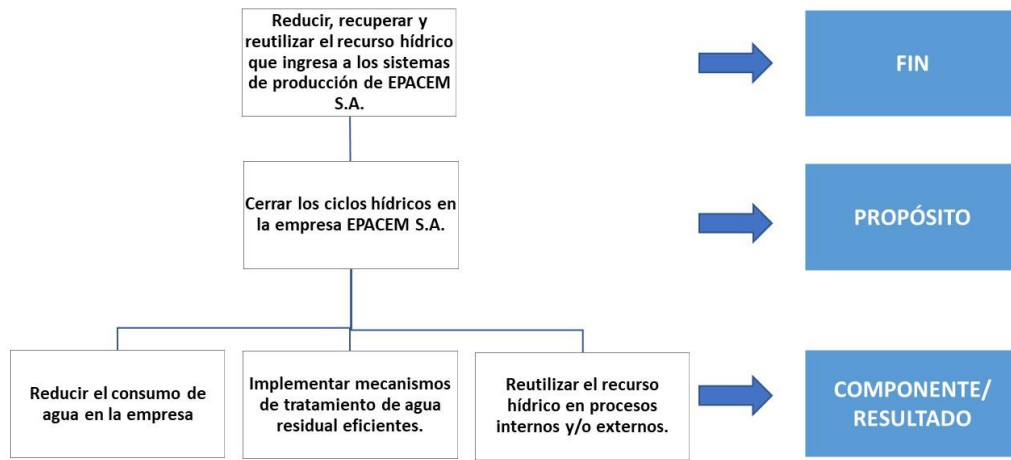


Figura 7. Estructura analítica del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Matriz de marco Lógico

Con los problemas, alternativas y estructura analítica clara de la propuesta, se realizó la matriz de marco lógico, la cual adiciona las actividades a ejecutarse para cumplir los resultados o componentes planteados.

LÓGICA DE INTERVENCIÓN	INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN. F1. Reducir, recuperar y reutilizar el recurso hídrico que ingresa a los sistemas de producción de EPACEM S.A.	Para el año 2025 la empresa incluya dentro de sus procesos principios de economía circular, basados en reducir, recuperar y reutilizar los recursos hídricos	Evaluación <i>ex post</i>	La empresa está dispuesta a trabajar en temas de economía circular
PROPÓSITO Cerrar los ciclos hídricos en la empresa EPACEM S.A.	Al finalizar el año la empresa cuente con un sistema de seguimiento de flujos de agua.	Informes de seguimiento	La empresa está dispuesta a trabajar en temas de economía circular
Resultado 1. Reducir el consumo de agua en la empresa	(Consumo total de agua en un año) / (consumo de agua del año anterior registrado)* 100	Registro detallado del consumo de agua en cada área y proceso de la empresa durante el año específico que se está evaluando.	La implementación de medidas y actividades destinadas a reducir el consumo de agua en la empresa tendrá un impacto positivo y significativo en la eficiencia del uso del recurso hídrico.
Actividades			
Análisis mensual de los flujos de agua	(Volumen de agua utilizado por proceso) / (Volumen total de agua consumida) * 100	Registro de datos de la cantidad de agua utilizada en cada etapa del proceso	Los medidores de flujo utilizados para registrar los volúmenes de agua son precisos y confiables. Supuesto de representatividad: Los flujos de agua analizados son representativos de las condiciones generales de funcionamiento de la extractora. Supuesto de oportunidad de mejora: La implementación de medidas de mejora en la gestión del agua, identificadas a través del análisis de flujos, conducirá a una mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico.
Medición mensual del consumo de agua	Consumo de agua por unidad de producción: litros de agua por tonelada de palma extraída	Medidores de agua instalados en la extractora para registrar el volumen de agua consumida en diferentes etapas del proceso de producción. Registros de producción de palma Registros de consumo de agua en las diversas operaciones de la extractora, que deben ser actualizados y mantenidos regularmente.	Los medidores de agua instalados en la extractora son precisos y proporcionan mediciones confiables del volumen de agua consumida en diferentes etapas del proceso de producción. Los registros de producción de palma y los registros de consumo de agua son completos, precisos y se actualizan regularmente.
Instalación de contadores de agua	Áreas con contadores de agua instalados) / (total de áreas planificadas)) * 100	Registro de Instalación que documente la ubicación y fecha de instalación de cada contador de agua. Comparaciones Regulares de Lecturas de los	Se cuenta con la plena colaboración y apoyo de todos los departamentos internos de la empresa para permitir la instalación de contadores de agua, asegurando así el acceso

		<p>contadores y el consumo real registrado para evaluar la precisión de los contadores.</p> <p>Documentación de Mantenimiento:</p> <p>Registra cualquier mantenimiento realizado en los contadores para garantizar su funcionalidad y precisión.</p>	<p>necesario a las áreas designadas y la disposición de recursos para llevar a cabo la actividad de manera efectiva.</p>
<p>Sensibilizar cada trimestre a trabajadores de la extractora sobre la importancia de la conservación del agua y capacitación en prácticas de uso eficiente del recurso</p>	<p>Número de empleados que han participado en programas de sensibilización y capacitación en prácticas de uso eficiente del agua</p> <p>Número de empleados capacitados y sensibilizados) / (Total de empleados) * 100</p>	<p>Registros de asistencia</p> <p>Encuestas y cuestionarios.</p> <p>Documentación de capacitación.</p> <p>Entrevistas o testimonios de empleados.</p>	<p>Los empleados de EPACEM, pueden ser sensibilizados con éxito sobre la importancia de la conservación del agua y capacitados en prácticas de uso eficiente del recurso.</p>
<p>Mantenimiento anual preventivo de tuberías y equipos para evitar fugas y pérdidas de agua no planificadas.</p>	<p>(Número de fugas o pérdidas de agua no planificadas) / (Total de inspecciones o mantenimientos preventivos) * 100</p>	<p>Registros de inspección y mantenimiento</p> <p>Reportes de fugas y pérdidas no planificadas</p>	<p>La implementación de inspecciones y mantenimiento preventivo reducirá la incidencia de fugas y pérdidas de agua no planificadas.</p>
<p>Identificar los procesos industriales, sanitarios o de mantenimiento aptos para recibir agua recirculada</p>	<p>[(Número de procesos identificados para recibir agua tratada) / (total de procesos evaluados)] * 100</p>	<p>Registro de detallado de los procesos industriales, sanitarios o de mantenimiento evaluados en la empresa.</p> <p>Informe de Identificación de Procesos Aptos para Recibir Agua Recirculada:</p> <p>Realizar entrevistas con el personal involucrado en los procesos para corroborar la viabilidad de la identificación y recopilar información adicional sobre la factibilidad de la recirculación del agua.</p>	<p>La alta dirección de la empresa está plenamente comprometida con la implementación de prácticas sostenibles y reconoce la importancia estratégica de identificar procesos aptos para recibir agua recirculada. Este supuesto implica que la dirección respalda activamente la asignación de recursos necesarios, tanto financieros como logísticos, para llevar a cabo la identificación de procesos y garantizar su integración efectiva en la estrategia de sostenibilidad de la empresa.</p>
<p>Establecer los parámetros de calidad del efluente para recirculación en procesos industriales, sanitarios o de mantenimiento</p>	<p>(Procesos con parámetros establecidos de calidad de efluente para recirculación) / (total de procesos evaluados) * 100</p>	<p>Registro de detallado de los parámetros de calidad del efluente que han sido establecidos para la recirculación en cada proceso evaluado.</p> <p>Generar informes periódicos que resumen los resultados de la evaluación de procesos, indicando claramente cuáles cumplen con los parámetros establecidos y cuáles necesitan ajustes.</p>	<p>La empresa determina los parámetros de calidad del efluente para recirculación en procesos de la empresa EPACEM.</p>
<p>Verificación trimestral de la calidad del efluente después del tratamiento para recirculación</p>	<p>(Número de monitoreos de calidad del efluente para recirculación realizados) / (número de monitoreos de</p>	<p>Reportes de análisis de resultados del efluente para recirculación:</p>	<p>La verificación trimestral de la calidad del efluente después del tratamiento para recirculación será efectiva en cada proceso industrial,</p>

	calidad del efluente para recirculación programados) * 100		sanitario o de mantenimiento al que se destine el recurso
Implementar sistemas de recirculación de agua para reutilizar el agua en múltiples etapas de procesamiento antes de desecharla.	[(Número de sistemas de recirculación de agua instalados en procesos clave) (Volumen de agua recirculada) / (Volumen total de agua de consumo) * 100	Medición de volúmenes de agua en las etapas de recirculación y consumo de agua para cuantificar el volumen de agua recirculada y el volumen total de agua de consumo. Registros de sistemas de recirculación.	La implementación de sistemas de recirculación de agua será efectiva para reutilizar un porcentaje significativo del agua utilizada en múltiples etapas de procesamiento antes de su disposición final.
Reemplazo de equipos y maquinaria obsoleta por modelos más eficientes en el consumo de agua	[(Número de equipos y maquinaria obsoleta reemplazados por modelos eficientes) / (Total de equipos y maquinaria obsoleta)] * 100	Registros de adquisiciones y reemplazos. Inventario de equipos obsoletos Fichas comparativas de eficiencia	La adquisición y reemplazo de equipos y maquinaria obsoleta por modelos más eficientes en el consumo de agua resultará en una reducción sustancial del consumo total de agua en EPACEM.
Establecer metas cuantitativas para la reducción del consumo de agua y realizar un seguimiento constante para medir el progreso hacia esas metas.	[(Consumo de agua objetivo - Consumo de agua real) / Consumo de agua objetivo] * 100	Registros de consumo de agua Documentación de metas cuantitativas para la reducción del consumo de agua, incluyendo los objetivos de ahorro y los plazos para su cumplimiento. Informes de seguimiento	El establecimiento de metas cuantitativas para la reducción del consumo de agua y el seguimiento constante del progreso motivaron a EPACEM a implementar medidas efectivas para reducir el consumo de agua ya mantener un enfoque continuo en la conservación del recurso hídrico.
Resultado 2. Incrementar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales	[(Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes del tratamiento - Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos después del tratamiento) / Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes del tratamiento] * 100	Resultados de laboratorio acreditado Informe técnico del sistema de tratamiento, incluyendo inspecciones visuales y revisión del estado y funcionamiento de equipos y tecnologías.	La implementación de mejoras en el sistema de tratamiento de aguas residuales, así como la adopción de tecnologías más eficientes, serán llevadas a cabo de manera efectiva y continua a lo largo del período de evaluación. Además, del personal y la disponibilidad de recursos necesarios estarán presentes para lograr un tratamiento más eficiente de las aguas residuales.
Actividades			
Identificación de puntos de generación de aguas residuales	(Número de puntos de generación de aguas residuales identificados) / (Número total de puntos potenciales de generación) * 100	Registros de identificación de los puntos específicos en la extractora donde se generan aguas residuales. Diagramas o mapas de flujos de aguas residuales Entrevistas con el personal para recopilar información sobre los puntos de generación de aguas residuales y obtener una visión más completa de las operaciones.	La identificación de puntos de generación de aguas residuales se realiza de manera exhaustiva y precisa, lo que permite una comprensión completa de dónde se generan las aguas residuales en la extractora.

Análisis de aguas residuales	Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados/ año	Resultados de laboratorio acreditado	Los análisis de aguas residuales se realizan de manera precisa y confiable, y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes y después del tratamiento son representativos de la calidad del agua
Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales actual	[(Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes del tratamiento - Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos después del tratamiento) / Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes del tratamiento] * 100	Resultados de laboratorio acreditado Registros de datos operativos del sistema de tratamiento, que incluyen parámetros de entrada, salidas y tiempos de retención. Evaluación técnica del sistema de tratamiento, incluyendo inspecciones visuales y revisión del estado y funcionamiento de equipos y tecnologías.	Los datos operativos del sistema de tratamiento son precisos y representativos de su funcionamiento real, y la eficiencia teórica se basa en las mejores prácticas de tratamiento y es alcanzable con una operación óptima del sistema.
Diseño de un plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales	(Actividades implementadas de acuerdo al plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales) / (Total de actividades planificadas en el plan) * 100	Registro de actividades realizadas de acuerdo con el plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. Este registro debe incluir fechas, descripciones de las actividades y resultados obtenidos. Revisiones periódicas del mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas para verificar que las actividades planificadas se están implementando de acuerdo con lo establecido en el plan. Evaluación documental que respalda la ejecución de las actividades.	Las actividades planificadas en el plan de gestión de aguas residuales son adecuadas y efectivas para cumplir con los objetivos de gestión de aguas residuales. Además, se espera que la implementación de estas actividades contribuya a una gestión efectiva y sostenible de las aguas residuales en EPACEM.
Estudio de viabilidad económica	(Beneficios económicos netos del proyecto) / (Costos totales de adecuaciones) * 100	Análisis financiero exhaustivo del proyecto de gestión de aguas residuales que incluye estimaciones de costos, proyecciones de ingresos y cálculos de beneficios netos a lo largo del tiempo. Comparación con alternativas de tratamiento disponibles, para evaluar su viabilidad económica en comparación con otras opciones. Revisión de documentos financieros, presupuestos y	Los cálculos financieros se basan en datos precisos y representativos, y las proyecciones de beneficios y costos se realizan de manera realista y conservadora. Además, se supone que la implementación del proyecto de gestión de aguas residuales llevará a la generación de beneficios económicos y ahorros significativos.

		registros de costos para verificar los datos utilizados en el análisis económico del proyecto.	
Capacitación semestral en la implementación del plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales	(Número de empleados capacitados) / (Total de empleados) * 100	Registros de capacitación y asistencia a las sesiones de capacitación realizadas, incluyendo la lista de asistencia de los empleados capacitados y los temas cubiertos. Evaluaciones periódicas para medir el nivel de conocimiento del personal en relación con el plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. Entrevistas y retroalimentación del personal.	Las actividades de capacitación se llevan a cabo de manera efectiva y proporcionan al personal los conocimientos necesarios para comprender plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales . Todos los empleados de EPACEM están capacitados
Monitoreo interno continuo trimestral de la implementación del plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales	Número de monitoreos internos de la implementación del plan de mejoramiento en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales /año	Informes trimestrales que resuman los resultados del monitoreo interno, destacando las tendencias, eficiencia y posibles áreas de mejora.	La implementación del monitoreo interno continuo se realizará de manera efectiva, los datos recopilados serán precisos y representativos del rendimiento real del tratamiento de aguas residuales. Además, se presupone la disponibilidad de recursos necesarios y la colaboración del personal para mantener y gestionar adecuadamente el sistema de monitoreo.
Monitoreo para cumplimiento normativo	(Número de incumplimientos) / (Total de monitoreos realizados) * 100	Registros de inspecciones detalladas de auditorías realizadas por las autoridades reguladoras, incluyendo los resultados y cualquier hallazgo de incumplimiento. Documentación legal y reguladora aplicables en el ámbito de la gestión de aguas residuales y asegúrese de que la documentación esté actualizada y accesible. Registro del cumplimiento de los compromisos ambientales.	La extractora tiene conocimiento de todas las normativas y regulaciones ambientales aplicables a la gestión de aguas residuales, y se esfuerza por cumplir con todas las disposiciones legales y requisitos establecidos.
Resultado 3: Reutilizar el recurso hídrico en procesos internos y/o externos.	(Volumen de Agua Reutilizada) / (Volumen de consumo de agua total) x100	Registro de volumen de agua reutilizada en procesos internos y/o externos. Informe trimestral de reutilización de agua reutilizada y su porcentaje	La empresa cuenta con la infraestructura necesaria, tecnologías adecuadas y procesos eficientes para implementar la reutilización del recurso hídrico de manera efectiva, progresiva y sostenible.

		con respecto al consumo total de agua.	
Actividades			
Identificar Fuentes de Agua Reutilizable.	(Número de fuentes de agua reutilizables aisladas) / (Total de fuentes potenciales de agua reutilizable) * 100	Registros de Identificación de las fuentes de agua que han sido identificadas como reutilizables. Estos registros deben incluir descripciones de las fuentes, ubicaciones y razones para su idoneidad. Análisis y evaluaciones de la calidad del agua en las fuentes identificadas para determinar su aptitud para la reutilización en procesos específicos. Documentación técnica que respalde la identificación de fuentes de agua reutilizable, como informes de consultores o evaluadores técnicos.	La identificación de fuentes de agua reutilizable se realiza de manera precisa y exhaustiva, y las fuentes identificadas son adecuadas para la reutilización en procesos internos y externos de la extractora.
Diseñar Sistemas de Recirculación	(Volumen de agua recirculada) / (Volumen total de agua de consumo) * 100	Registros de Recirculación de agua en las diferentes etapas de procesamiento. Se debe incluir el volumen de agua reciclada y las áreas o procesos donde se implementa la recirculación. Análisis de Consumo: Realizar análisis periódicos de consumo de agua en las diversas etapas de procesamiento para determinar la cantidad de agua que se utiliza y la que se recicla.	Los sistemas de recirculación de agua se diseñan y operan de manera eficiente, permitiendo la reutilización efectiva del agua en múltiples etapas de procesamiento antes de desecharla
Captación de Aguas Pluviales: Recolectar y almacenar aguas	(Volumen de aguas pluviales recolectadas y almacenadas) / (Volumen total de aguas pluviales estimadas) * 100	Registros de Captación de agua de lluvia recolectada, incluyendo fechas, volúmenes y ubicación de los sistemas de captación.	La captación y el almacenamiento de aguas pluviales se realizan de manera precisa y efectiva, y el volumen captado se utiliza para fines específicos en EPACEM.
Registro de aprovechamiento de agua	(Volumen de agua aprovechada) / (Volumen total de agua de consumo total) * 100	Registros Periódicos detallados del volumen de agua aprovechada en cada etapa del proceso.	Los registros de aprovechamiento de agua se mantienen con precisión y actualizados de acuerdo con las mediciones reales de consumo de agua en EPACEM.
Capacitación semestral en la reutilización del recurso hídrico en la empresa EPACEM	(Número de empleados capacitados en la reutilización del recurso hídrico) / (Total de empleados) * 100	Registros de capacitación y asistencia a las sesiones de capacitación realizadas, incluyendo la lista de asistencia de los	La alta dirección de EPACEM está comprometida con la implementación de prácticas sostenibles y reconoce la importancia estratégica de la capacitación semestral en la

		empleados capacitados y los temas cubiertos.	reutilización del recurso hídrico
		Evaluación periódicas para medir el nivel de conocimiento y conciencia del personal en relación con la gestión de aguas residuales y prácticas de uso eficiente del agua.	
		Entrevistas y retroalimentación del personal.	

Evaluación económica

La naturaleza de la propuesta hace que no sea susceptible una valoración financiera, sin embargo, es necesario una evaluación económica. En este sentido se analiza los beneficios del proyecto económicamente. La reducción del consumo de agua y, por ende, menor generación de agua residual de la empresa, disminuye el costo de tratamiento. Según Brears y Brears (2020), la eficiencia del uso del agua puede disminuir de un 20 a 50 %. En este sentido, considerando el costo de tratamiento de 0,75 centavos por m³ y la generación de agua residual en año 2023 (24.070,51 m³), el costo puede ser inferior a 18.052,88 \$ (Tabla 4, Anexo 3).

El incremento de la eficiencia en el tratamiento del agua residual permitirá la reutilización del recurso hídrico. En este sentido la reutilización evita el consumo de agua, en los procesos internos y permite la utilización del recurso en procesos externos (riego agrícola).

Tabla 4. Evaluación económica del costo de tratamiento de agua residual.

Agua residual 2023	Costo de tratamiento por m ³	Costo total	Costo por reducción de tratamiento	
24.070,51 m ³ *	0,75 \$*	18.052,88 \$	- 10%	16.247,6 \$
			- 30%	14.442,3 \$
			- 50%	9.026,4\$

* Datos generados por EPACEM S.A.

A pesar que la patente de uso del agua de la empresa es de 5.000 m³ mensuales, la disminución del consumo de agua inicialmente tiene un impacto positivo a nivel ambiental. Por otro lado, la optimización del tratamiento del agua y el uso para riego agrícola, evita sanciones administrativas por el incumplimiento de los límites permisibles los cuales se tipifican como infracciones muy graves, y se sancionan con multas de diez salarios básicos (4.500 \$) a 200 salarios básicos (90.000 \$)¹.

En este sentido, la reducción, optimización de tratamiento y reutilización, reduce costos en la empresa y evita gastos por incumplimientos.

Conclusiones

El análisis realizado permite concluir que la implementación de un proyecto de economía circular para cerrar los ciclos hídricos es factible y beneficioso para la empresa. Siguiendo la Metodología de Marco Lógico, fue posible

¹ Art. 318 y Art. 326 del CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE

identificar la necesidad de reducir el consumo de agua, mejorar los mecanismos de tratamiento de agua residual y finalmente reincorporar el agua a los mecanismos de producción. En este sentido, es posible cerrar los ciclos hídricos de la empresa, mediante actividades que se alinean con los principios de la economía circular.

En la identificación de actores, se puede determinar que el mayor interés para implementar el proyecto es local, específicamente, interno de la empresa. Por otro lado, se identifica un bajo interés para los moradores del área de influencia, ya que al encontrarse en un sector rural no existen asentamientos o viviendas que puedan perjudicarse de los problemas relativos a la contaminación del recurso hídrico, lo cual denota que es necesario que desde las autoridades competentes se ejerzan mayores esfuerzos de concienciación sobre la alta necesidad de preservar el agua de calidad en la provincia.

La implementación del proyecto no solo fortalecerá la sostenibilidad ambiental de la empresa, sino que también puede conducir a beneficios económicos a largo plazo al reducir los costos asociados con la adquisición y tratamiento de agua externa, estableciendo así un modelo de economía circular.

Este tipo de análisis y la implementación de proyectos de economía circular para el cierre de los ciclos hídricos, aporta en los objetivos nacionales de descontaminación y preservación de los recursos hídricos, y también con los ODS que se indican en el documento.

Recomendaciones

Es importante realizar más de estos estudios, que aporten en el cumplimiento de los lineamientos del Libro Blanco para el bienestar del ambiente y para fomentar un crecimiento económico basado en la sostenibilidad.

Las autoridades y empresas tienen responsabilidad en promover y fomentar la eficiencia en los procesos industriales, en vista de que se demuestra que las acciones basadas en la economía circular, en las que se previene la contaminación, generan mejores y mayores beneficios en términos de reducción de impactos ambientales y externalidades, al mismo tiempo que apoyan ahorros económicos para las industrias a través de realizar inversiones inteligentes.

Bibliografía

- Aguilera Klink, F. (2006). Hacia una nueva economía del agua: cuestiones fundamentales. Polis. Revista Latinoamericana, 14.
- Benavides, M. H. (2019). ¿En Ecuador dónde se concentra la mayor demanda de agua? ¿Es realmente en el sector agrícola? Dialoguemos. <https://dialoguemos.ec/2019/05/en-ecuador-donde-se-concentra-la-mayor-demanda-de-agua-es-realmente-en-el-sector-agricola/>
- Brears, R. C. & Brears, R. C. (2020). Developing the Circular Water Economy: Reuse and Recycle. Developing the Circular Water Economy, 65-83.
- Cárdenas Torrado, L., Cruz Casallas, N. E. & Álvarez Cardona, N. (2022). Revisión del marco lógico: conceptualización, metodología, variaciones y aplicabilidad en la gerencia de proyectos y programas. Inquietud Empresarial, 22(1), 117-133. <https://doi.org/10.19053/01211048.13408>
- Cerdá, E. & Khalilova, A. (2016). Economía circular. Economía industrial, 401(3), 11-20.
- Chafla, P. (2022). El cambio climático en Ecuador: Perspectiva desde la economía circular y la economía del agua. Boletín de Política Económica. En Boletín de Política Económica (pp. 12-19).

- Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre un marco de seguimiento para la economía circular. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0029>
- Delacámara, G., Lombardo, F. & Díez, J. C. (2017). Libro Blanco de la economía del agua (Tercera Ed). Mc-Graw-Hill Interamericana de España SL.
- Fundación Aquae. (2019). Que sectores consumen más agua. <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/que-sectores-dela-actividad-consumen-mas-agua/>
- Fundación Ellen Macarthur. (2023). Introducción a la economía circular. <https://ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general>
- GARABIZA, B. R., PRUDENTE, E. A. & QUINDE, K. N. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso. *Espacios*, 42(02), 222-237. <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n02p17>
- Ma, A. N. (2000). Innovaciones en el manejo del efluente de las Plantas de beneficio de aceite de palma. *Palmas*, 21(2), 41-49.
- Ortegon, E., Pacheco, J. F. & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. En Publicación de las Naciones Unidas. NACIONES UNIDAS CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf
- Schady, N. (2015). Does Access to Better Water and Sanitation Infrastructure Improve Child Outcomes? Evidence from Latin America and the Caribbean.
- Schroeder, P., Anggraeni, K. & Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77-95.
- Simon, A. (2018). La economía circular del agua: dirección obligatoria. En TECNOAQUA.
- Tambovceva, T. T., Melnyk, L. H., Dehtyarova, I. B. & Nikolaev, S. O. (2021). Circular Economy: Tendencies and Development Perspectives. *Mechanism of an Economic Regulation*, 2021(2), 33-42. <https://doi.org/10.21272/mer.2021.92.04>
- UNESCO. (2012). International glossary of hydrology. IHP/OHP-Berichte Geneva.
- Valencia, M. (2021). Libro blanco de economía circular de Ecuador. Centro de Innovación y Economía Circular CIEC, 6(11), 212.
- Yacob, S., Shirai, Y., Hassan, MA, Wakisaka, M. y Subash, S. (2006). Puesta en marcha de digestor anaeróbico cerrado semicomercial para tratamiento de efluentes de almazara de palma. *Bioquímica de procesos*, 41 (4), 962-964.

Anexos

Anexo 1

Santo Domingo de los Tsáchilas, 03 de octubre de 2023.

Estimado Ing. Víctor Tapia
Gerente de planta
Extractora y Procesadora de Aceites EPACEM S.A.

De mis consideraciones. –

Reciba mis cordiales saludos y deseos de éxitos en las funciones que acertadamente dirige.

Mi nombre es Verónica Elizabeth Narváez Terán identificada con cédula de ciudadanía Nro. 1716501950, en mi calidad de egresada de la Maestría en Economía Circular de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, he manifestado mi interés de desarrollar mi tesis de posgrado en Extractora y Procesadora de Aceites EPACEM S.A.

Mi interés se debe a generar un aporte académico y de investigación con el sector agroindustrial de palma aceitera mediante el aprovechamiento del recurso agua, mediante una transición del manejo tradicional de uso del recurso y generación de desecho, hacia el aprovechamiento y optimización del agua evitando la generación de residuos contaminantes.


Este interés ya ha sido aceptado verbalmente por usted y se ha generado la apertura para el inicio de mi proceso investigativo, no obstante, requiero su gentil colaboración proporcionándome información de vital importancia para mi proyecto. La información consiste en registros de consumo de agua, datos de producción, información general de la empresa, entre otros.

Por la atención a la presente solicitud, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,



Esp. Verónica Elizabeth Narváez Terán
Telf.: 0992771976
Correo electrónico: venarvaezteran@gmail.com

Recibido y Autorizado
03/10


POR EPACEM



right solutions.
right partner.

EXTRACTORA Y PROCESADORA DE ACEITES EPACEM S.A.

TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE AGUA



CLIENTE: EXTRACTORA Y PROCESADORA DE ACEITES EPACEM S.A.
ATENCIÓN: INGENIERA MARIA ROJAS
PROYECTO: TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE AGUA
DIRECCIÓN: KM. 7¼ VÍA SANTO DOMINGO - QUININDÉ / SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS

PROTOCOLO: 587377/2023-1.0	PUJ-03
	Revisión: 15
	Página 3 de 4
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	80943	INCERTIDUMBRE (R=2)	⁽¹⁾ LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1			
HUEVOS DE PARÁSITOS ^(*)	Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012, Rev. 02, 2012	PA - 98.00	AUSENCIA/PRESENCIA	AUSENCIA	NA	AUSENCIA	CUMPLE
LITIO ^(*)	EPA Method 6010 D Rev.5 July, 2016 (Validado Modificado, 2022)	ALS PERÚ (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0.04	NE	2.5	CUMPLE
MATERIA FLOTANTE	NMX-AA-006-SCFI-2010	POE - 02.00	AUSENCIA/PRESENCIA	PRESENCIA	NA	AUSENCIA	NO CUMPLE
MERCURIO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3112 B	PA - 97.00	mg/l	<0.001	NE	0.001	CUMPLE
MANGANESO ^(*)	EPA Method 6010 D Rev.5 July, 2016 (Validado Modificado, 2022)	ALS PERÚ (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	0.9676	± 0.097 mg/l	0.2	NO CUMPLE
MOLIBDENO ^(*)			mg/l	<0.004	NE	0.01	CUMPLE
NIQUEL ^(*)			mg/l	0.025	± 0.003 mg/l	0.2	CUMPLE
NITRITOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO2-E	PA - 13.00	mg/l	<0.010	NE	0.5	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O A y 4500-O C	PA - 34.00	mg/l	<2.00	NE	3	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H ⁺ A y 4500-H ⁺ B	PA - 05.00	U pH	7.81	± 0.14 U pH	6 - 9	CUMPLE
PLOMO ^(*)	EPA Method 6010 D Rev.5 July, 2016 (Validado Modificado, 2022)	ALS PERÚ (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0.03	NE	5.0	CUMPLE
SELENO ^(*)			mg/l	<0.04	NE	0.02	CUMPLE
SULFATOS	EPA 375.4 SO ₄ ²⁻ , 1978	PA - 17.00	mg/l	<5.0	NE	250	CUMPLE
VANADIO ^(*)	EPA Method 6010 D Rev.5 July, 2016 (Validado Modificado, 2022)	ALS PERÚ (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	0.006	± 0.0006 mg/l	0.1	CUMPLE

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 3. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

⁽²⁾ Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".

NA – No Aplica, para parámetros obtenidos mediante cálculo y cualitativos.

NE – No Estimable, para concentraciones menores al límite de cuantificación.

	REGISTRO DE CONSUMO DE AGUA										CÓDIGO	F-CJ-12
											VERSIÓN	1
											PAGINACIÓN	P: 1 DE: 1

Año: 2023 Lugar: EPACEM Santo Domingo

Sitio de consumo	UN	Origen	Tipo de agua residual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Agua para control térmico en tuberías internas del caldero	m3	Agua subterránea tratada y ablandada	Agua con minerales (dura)	790,00	852,00	1.120,00	840,00	790,00	580,00	640,00	750,00					6.362,00
Aguas para servicios de alimentación y sanitarios	m3	Agua subterránea tratada	Aguas grises y negras	64,48	60,40	74,20	79,70	77,44	72,72	79,60	75,10					583,64
Aguas residuales Extractora	m3	Agua subterránea tratada	Aguas lodosas con restos de aceite	569,68	1.312,70	1.923,39	1.390,46	2.189,78	2.348,82	3.144,82	2.370,42					13.450,07
Agua para limpieza en áreas de proceso	m3	Agua subterránea tratada	Aguas con restos de aceites y de desengrasantes biodegradables	169,60	180,20	190,80	201,40	243,80	233,20	222,60	233,20					1.674,80
CONSUMO TOTAL MENSUAL				1.593,76	2.605,30	3.308,39	2.511,56	3.301,02	3.234,74	4.087,02	3.428,72					24.070,51

Observaciones:	

Realizado por: _____

REVISÓ	REPRESENTANTE DE LA DIRECCIÓN	APROBÓ	GERENTE GENERAL
FECHA DE REEVALUACIÓN		FECHA DE APROBACIÓN	13/8/2013

COPIA CONTROLADA