

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN DESARROLLO SOSTENIBLE DE PROCESOS
INDUSTRIALES EN EL SALVADOR**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA UNA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL EN LA
INDUSTRIA AZUCARERA**

PRESENTADO POR:

**PATRICIA ELIZABETH RECINOS TRIGUEROS
KEVIN GUSTAVO SANTOS RAMOS
GERMAN ENRIQUE SERVELLÓN JIMENEZ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA

SECRETARIO:

ARQ. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

DIRECTORA INTERINA:

ING. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Curso de especialización previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título:

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN DESARROLLO SOSTENIBLE DE PROCESOS
INDUSTRIALES EN EL SALVADOR
DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA UNA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL EN LA
INDUSTRIA AZUCARERA.**

Presentado por:

**PATRICIA ELIZABETH RECINOS TRIGUEROS
KEVIN GUSTAVO SANTOS RAMOS
GERMAN ENRIQUE SERVELLÓN JIMENEZ**

Curso de especialización, Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. MANUEL ALEJANDRO PACHECO ACOSTA

San Salvador, marzo 2025

Curso de Especialización Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. MANUEL ALEJANDRO PACHECO ACOSTA

DEDICATORIA

A mi familia, por siempre creer en mí. Sin su apoyo, sacrificio y dedicación, este logro no habría sido posible.

A mis amigos, por su constante apoyo, paciencia y por estar siempre ahí en los momentos de dificultad. Gracias por ser parte de mi vida y por ayudarme a seguir adelante.

Patricia Elizabeth Recinos Trigueros

A Dios por guiarme en cada paso y darme la fuerza para seguir adelante, a mi mamá, por su apoyo incondicional, a todos los que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a mi aprendizaje a lo largo de este camino.

Y a mí mismo, por el esfuerzo constante y la dedicación para superar cada etapa.

Kevin Gustavo Santos Ramos

A Dios por acompañarme en cada paso durante la carrera que me ha permitido seguir aun con las dificultades y retos que se presentaron y que me ayudó a perseverar hasta el final.

A mi familia y amigos cuya presencia y consejos me ayudaron con mi meta de completar mi carrera y convertirme en profesional de bien para contribuir a la sociedad.

A mis docentes a lo largo de la carrera que me compartieron su conocimiento para entender las áreas importantes de la carrera.

German Enrique Servellón Jimenez

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que nos han acompañado y apoyado durante este proceso:

A Dios, por guiarnos y darnos la fortaleza para culminar esta etapa tan importante en nuestras vidas.

A nuestros familiares, por su apoyo incondicional, su amor constante, su motivación y por estar siempre a nuestro lado, brindándonos el aliento necesario en los momentos de dificultad.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Manuel Pacheco, por su valiosa orientación, paciencia, dedicación y comprensión. Gracias por impulsarnos a superarnos, por sus acertados consejos y por enseñarnos a enfrentar los retos con determinación.

A todos los docentes que, a lo largo de nuestra formación académica, nos transmitieron sus conocimientos y valores, contribuyendo significativamente en el desarrollo de nuestra carrera y formación profesional.

A nuestros compañeros y amigos, quienes nos acompañaron en este recorrido, brindándonos su apoyo, colaboración y palabras de aliento en cada etapa del proceso.

A todos ustedes, les agradecemos profundamente por ser parte fundamental en este logro.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en el diseño de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo especial en la industria azucarera, un sector clave que representa el 2.6% del producto interno bruto nacional. Si bien es fundamental para la economía, la industria también tiene impactos significativos en el ámbito social y ambiental. Su crecimiento genera preocupaciones sobre los efectos derivados de los vertidos industriales, lo que hace necesaria la implementación de un SGA eficaz. Este sistema permite mitigar dichos impactos, garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales, conservar recursos naturales y optimizar costos operativos.

Se realizó un análisis de la normativa vigente aplicable al tratamiento de agua residual, permitiendo identificar los parámetros básicos y específicos establecidos en el Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales y los respectivos límites máximos permisibles detallados en el Reglamento Técnico Salvadoreño: Agua. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de Lodos Residuales, entre otros reglamentos y leyes.

La norma ISO 14001:2015 promueve un enfoque basado en el ciclo "Planificar, Hacer, Verificar y Actuar" (PHVA), orientado a impulsar la mejora continua en las organizaciones. La propuesta contempla cinco procedimientos, entre los cuales se encuentran: "Procedimiento a seguir en caso de derrames de productos químicos", "Procedimiento: ¿Qué hacer en case de incendio?", "Procedimiento de gestión de residuos sólidos", entre otros.

ÍNDICE

1.	CAPÍTULO I: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1.	Contexto.....	1
1.2.	Definición del problema	2
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	Objetivo general.....	4
1.3.2.	Objetivos específicos	4
1.4.	Justificación	5
1.5.	Beneficios esperados.....	6
1.6.	Delimitación y limitación	7
1.6.1.	Alcances.....	7
1.6.2.	Limitaciones.....	8
2.	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1.	Industria azucarera	10
2.1.1.	Morfología de la caña de azúcar	10
2.1.2.	Proceso de elaboración de la caña de azúcar	12
2.1.3.	Caracterización de corrientes de agua originados durante el proceso de elaboración de azúcar.....	14
2.1.4.	Ingenios es El Salvador.....	14
2.1.5.	Producción, consumo y exportación de la caña de azúcar en El Salvador .	16
2.1.6.	Aporte de la industria azucarera en el Producto Interno Bruto (PIB).....	17
2.1.7.	Responsabilidad social en la industria azucarera.....	18
2.2.	Generalidades del agua residual y su tratamiento.....	19
2.2.1.	Tipos de aguas residuales.....	19
2.2.1.1.	Agua residual de tipo ordinario	19

2.2.1.2.	Agua residual de tipo especial	19
2.2.2.	Tratamiento del agua residual	20
2.2.2.1.	Pretratamiento.....	21
2.2.2.2.	Tratamiento primario	24
2.2.2.3.	Tratamiento secundario	26
2.2.2.3.1.	Tratamiento aerobio	27
2.2.2.3.2.	Tratamiento anaerobio.....	28
2.2.2.4.	Tratamiento terciario	30
2.2.2.5.	Recolección y disposición de lodos.....	32
2.2.3.	Beneficios del tratamiento del agua residual	33
2.3.	Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	34
2.3.1.	¿Qué es un Sistema de Gestión Ambiental?	35
2.3.2.	Elementos claves en un Sistema de Gestión Ambiental	35
2.4.	Regulaciones legales sobre aguas residuales y disposición de residuos en El Salvador	36
2.4.1.	Ley del Medio Ambiente	36
2.4.2.	Ley General de Recursos Hídricos	37
2.4.3.	Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales (decreto n° 29)	37
2.4.4.	Reglamento Técnico Salvadoreño: Agua. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de Lodos Residuales (RTS 13.05.01:24 – 1ra revisión)	42
2.4.5.	Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje	48
2.4.6.	Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos	48

3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	49
3.1.	Generalidades de la norma ISO 14001:2015	49
3.1.1.	Estructura de la norma	49
3.1.2.	Requerimientos de la norma	51
4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
4.1.	Contexto de la organización.....	56
4.1.1.	Comprensión de la organización y su contexto	56
4.1.2.	Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas .	62
4.1.3.	Determinación del alcance del SGA	64
4.1.4.	Sistema de Gestión Ambiental.....	64
4.2.	Liderazgo	64
4.2.1.	Liderazgo y compromiso	64
4.2.2.	Política ambiental.....	65
4.2.3.	Roles, responsabilidades y autoridades de la organización	67
4.3.	Planificación	70
4.3.1.	Acciones para abordar riesgos y oportunidades.....	70
4.3.1.1.	Generalidades	70
4.3.1.2.	Aspectos ambientales	70
4.3.1.3.	Requisitos legales y otros requisitos.....	73
4.3.1.4.	Planificación de acciones.....	75
4.3.2.	Objetivos ambientales y planificación para lograrlos.....	79
4.3.2.1.	Objetivos ambientales.....	79
4.3.2.2.	Planificación de acciones para lograr los objetivos.....	80
4.4.	Soporte	81

4.4.1.	Recursos	81
4.4.2.	Competencia	81
4.4.3.	Toma de conciencia	83
4.4.4.	Comunicación	84
4.4.4.1.	Generalidades	84
4.4.4.2.	Comunicación interna.....	84
4.4.4.3.	Comunicación externa.....	85
4.4.5.	Información documentada	85
4.4.5.1.	Generalidades	85
4.4.5.2.	Creación y actualización.....	86
4.4.5.3.	Control de la información documentada	86
4.5.	Operación.....	87
4.5.1.	Planificación y control operacional	87
4.5.2.	Preparación y respuesta ante emergencias.....	89
4.6.	Evaluación del desempeño.....	90
4.6.1.	Seguimiento, medición, análisis y evaluación	90
4.6.1.1.	Generalidades	92
4.6.1.2.	Evaluación del cumplimiento	93
4.6.2.	Auditoría interna	95
4.6.2.1.	Generalidades	95
4.6.2.2.	Programa de auditoría interna.....	95
4.6.3.	Revisión por la dirección	96
4.7.	Mejora.....	98
4.7.1.	Generalidades.....	98

4.7.2. No conformidad y acción correctiva.....	98
4.7.3. Mejora continua	99
5. CONCLUSIONES	100
6. RECOMENDACIONES.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Límites máximos permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales de tipo especial en la industria azucarera vertidas a medio receptor.	42
Tabla 2.2 Límites máximos permisibles de parámetros específicos de calidad de aguas residuales de tipo especial en la industria azucarera vertidas a medio receptor.	43
Tabla 2.3 Frecuencia de muestreo de parámetros básicos de aguas residuales de tipo especial.....	44
Tabla 2.4 Frecuencia de muestreo de parámetros específicos de aguas residuales de tipo especial.....	44
Tabla 2.5 Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos de lodos residuales de tipo especial.....	45
Tabla 2.6 Límites máximos permisibles de parámetros físico-químicos y de peligrosidad de lodos especiales.....	46
Tabla 2.7 Frecuencia de monitoreo de lodos residuales de tipo especial.	47
Tabla 3.1 Estructura de la norma ISO 14001:2015.....	49
Tabla 4.1 Análisis de PESTEL aplicado al ingenio azucarero	58
Tabla 4.2 Factores internos	59
Tabla 4.3 Necesidades y expectativas de las partes interesadas	62
Tabla 4.4 Roles, responsabilidades y autoridades del departamento de medio ambiente del ingenio azucarero.	67
Tabla 4.5 Aspectos e impactos ambientales en una PTAR de un ingenio azucarero	71

Tabla 4.6 Requisitos legales.....	73
Tabla 4.7 Mantenimiento de infraestructura y equipos de la PTAR.....	75
Tabla 4.8 Cuadro de conocimientos elementales sobre el funcionamiento de la PTAR en la industria azucarera.	76
Tabla 4.9 Aseguramiento de requisitos legales sobre los lodos del tipo especial producidos	78
Tabla 4.10 Propuesta de programa para medición de objetivos ambientales	80
Tabla 4.11 Criterios de evaluación de control operacional.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Partes de una planta de caña de azúcar.....	11
Figura 2.2 Proceso de fabricación del azúcar de caña	13
Figura 2.3 Ubicación de los ingenios azucareros en El Salvador	16
Figura 2.4 Producción, consumo y exportación de azúcar en El Salvador.....	17
Figura 2.5 Rejillas gruesas para pretratamiento de aguas residuales.....	22
Figura 2.6 Criba para tratamiento de aguas residuales	22
Figura 2.7 Desarenador – etapa de pretratamiento	23
Figura 2.8 Esquema de funcionamiento de una trampa de grasas	24
Figura 2.9 Esquema de un sedimentador primario	25
Figura 4.1 Mapa de primer nivel en la industria azucarera.	57
Figura 4.2 Organigrama del ingenio azucarero	61
Figura 4.3 Diagrama de distribución de una PTAR.....	64

1. CAPÍTULO I: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. CONTEXTO

La industria azucarera en El Salvador juega un papel crucial en la economía del país (Alvarenga H., Henríquez P, y Romero Y., 2021). Según la fundación FUNDAZUCAR (2017, a), esta industria proporciona empleo directo a más de 50 mil salvadoreños e indirectamente a 180 mil personas. Además, aporta alrededor del 2.6% del Producto Interno Bruto nacional, el 2.5% de la inversión privada, el 8% de la capacidad instalada para la generación eléctrica, el 2.6% de los impuestos percibidos por el gobierno y el 4.2% de las exportaciones. En los últimos 15 años, la industria ha experimentado un notable crecimiento en la producción de caña de azúcar, azúcar y exportación de este último producto, con aumentos del 35%, 37% y 54%, respectivamente.

Los anteriores datos, reflejan que la actividad económica relacionada con la producción de azúcar a partir de caña de azúcar y la generación de energía eléctrica en los Ingenios azucareros, genera aspectos ambientales con los correspondientes impactos ambientales, debiendo potenciarse los positivos y desincentivar los negativos, haciendo la industria más sustentable.

El Salvador alberga una diversidad de industrias que enfrentan la creciente presión de cumplir con estándares ambientales cada vez más estrictos. Esto se debe a la creciente conciencia global sobre la importancia de la protección del medio ambiente y la necesidad de reducir el impacto de las actividades industriales en los ecosistemas locales y globales. Organismos internacionales, como la Organización de las Naciones

Unidas (ONU) han promovido la adopción de prácticas ambientalmente sostenibles en todas las industrias como parte de los objetivos de desarrollo sostenible y los acuerdos comerciales internacionales a través de incentivos fiscales como: regímenes de carbono, impuestos a la energía y el medio ambiente e incentivos de sustentabilidad. (Cuéntanos El Salvador, 2023). En este contexto, la industria azucarera destaca como un sector con impactos ambientales significativos debido a la gran cantidad de residuos líquidos que genera en su proceso de producción. (Valera, 2016)

Ante esta realidad, la elección de la norma ISO 14001:2015 como marco para el desarrollo de un Sistema de Gestión Ambiental se fundamenta en su reconocimiento a nivel mundial y su enfoque integral para la gestión ambiental. La ISO 14001:2015 establece estándares claros y procesos sistemáticos para identificar, controlar y reducir el impacto ambiental de las actividades industriales, lo que la convierte en una herramienta valiosa para garantizar la sostenibilidad ambiental en la industria azucarera.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La industria azucarera es una actividad de gran relevancia en el país, según lo señalado por Mira (2019), ya que contribuye a la economía nacional al generar una gran cantidad de empleos. Por otra parte, en la industria azucarera se generan grandes cantidades de residuos, por este motivo en las últimas décadas, ha habido un aumento en las iniciativas de protección al medio ambiente, lo que ha llevado a que la industria busque implementar procesos más sostenibles y amigables.

Según Valera (2016), el 85% de los residuos generados en las agroindustrias son líquidos, y estos residuos suelen provenir de las actividades de limpieza y lavado de

equipos. En la industria azucarera, los residuos líquidos resultantes tanto del procesamiento de la caña como de las labores de limpieza contienen una amplia gama de compuestos inorgánicos y orgánicos, como proteínas, sustancias nitrogenadas, azúcares no fermentados, sulfatos de fósforo, potasio y calcio (Valera, 2016). Estos residuos, al ser vertidos sin tratamiento previo, pueden tener impactos significativos en el medio ambiente.

Dada la cantidad de residuos líquidos generados por la industria azucarera y la presión internacional para mejorar las prácticas ambientales, surge la necesidad de diseñar un Sistema de Gestión Ambiental para una planta de tratamiento de agua residual de tipo especial en un ingenio azucarero del país. El SGA no solo debe garantizar un tratamiento adecuado de las aguas residuales para cumplir con las normativas ambientales vigentes, sino también para mitigar los impactos negativos en la salud pública y en los ecosistemas acuáticos.

Con base en la información anterior se plantea la siguiente: ¿Cómo puede una empresa en la industria azucarera mejorar sus prácticas y procesos para cumplir con los requisitos de la norma ISO 14001:2015 y, al mismo tiempo, garantizar la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales de manera sostenible y eficiente?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) con base en los requisitos de la norma ISO 14001:2015 para una Planta de tratamiento de agua residual de tipo especial en la industria azucarera en El Salvador.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los requisitos generales de la Norma ISO 14001:2015.
- Conocer el proceso productivo utilizado por el ingenio en la fabricación de azúcar para caracterizar los efluentes generados, los cuales son dirigidos hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de tipo especial, con el propósito de comprender mejor su composición y origen.
- Realizar un análisis acerca del marco legal ambiental de El Salvador aplicable a las operaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales del ingenio azucarero, identificando todas las regulaciones, normativas y disposiciones pertinentes para adaptarlo en el SGA.
- Sugerir medidas de optimización para el proceso de tratamiento de aguas residuales de tipo especial, basadas en el conocimiento del funcionamiento de la planta y en datos proporcionados por el ingenio, con el fin de mejorar la eficiencia operativa de la planta.
- Elaborar un manual para el establecimiento, implementación y mejora continua de un SGA, basado en la Norma ISO 14001:2015

1.4. JUSTIFICACIÓN

El Salvador cuenta con 6 ingenios azucareros que representan aproximadamente el 2.6% del Producto Interno Bruto nacional, según datos de la fundación FUNDAZUCAR (2017, a). Este sector desempeña un papel crucial en la economía del país al generar miles de empleos y contribuir de manera significativa al desarrollo económico (Mira, 2019).

En el contexto actual, existe un creciente interés por alcanzar un equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía, lo que ha dado lugar a la promulgación de diversas normativas tanto a nivel internacional como nacional, incluyendo leyes y decretos (Mira, 2019). Si bien la industria azucarera ha avanzado en la optimización de sus procesos productivos para promover un desarrollo sostenible, todavía queda mucho por hacer (FUNDAZUCAR, 2017, b). Por esta razón, el diseño e implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en las plantas de tratamiento de agua residual de los ingenios azucareros se torna fundamental.

El diseño de un SGA y su implementación no solo beneficiará al ingenio azucarero en términos de sostenibilidad ambiental, sino que también mejorará su reputación y lo hará más atractivo para el mercado internacional. Además, se espera que este enfoque conduzca a una reducción de los costos operativos al identificar y corregir deficiencias en el proceso productivo, optimizando así el uso de los recursos. Al mismo tiempo, un mejor manejo de los recursos contribuirá a minimizar el impacto ambiental (Kantan Software, 2023), alineándose con la normativa ISO 14001:2015 y las leyes salvadoreñas relacionadas con la sostenibilidad.

Por lo tanto, el diseño e implementación de un SGA en los ingenios azucareros no solo es necesario para cumplir con las demandas actuales de sostenibilidad, sino que también representa una oportunidad para mejorar la eficiencia operativa, la competitividad y el cumplimiento normativo, al tiempo que se promueve el desarrollo sostenible y se protege el medio ambiente.

1.5. BENEFICIOS ESPERADOS

Cumplimiento normativo: Implementar un SGA basado en la norma ISO 14001:2015 permitirá a la planta de tratamiento de aguas residuales cumplir con los estándares ambientales tanto nacionales como internacionales, asegurando así el cumplimiento de la legislación ambiental salvadoreña y evitando posibles sanciones por incumplimiento.

Mejora de la imagen corporativa: Adoptar prácticas ambientalmente responsables y transparentes mediante la implementación de un SGA puede mejorar la reputación de la empresa ante clientes, inversionistas y la comunidad en general. Esto puede traducirse en una ventaja competitiva y mayores oportunidades de negocio. (Cuéntanos El Salvador, 2023)

Reducción de costos: La optimización de procesos y la eficiencia en el uso de recursos, como el agua, resultado de la implementación del SGA, puede conducir a una reducción de costos operativos y aumentar la rentabilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Conservación de recursos naturales: La gestión adecuada de los residuos líquidos generados en el proceso de producción de la industria azucarera contribuirá a la

preservación de los recursos hídricos locales y la biodiversidad, minimizando así el impacto negativo en los ecosistemas acuáticos y terrestres.

1.6. DELIMITACIÓN Y LIMITACIÓN

1.6.1. Alcances

Identificación de requisitos ISO 14001:2015: Se analizará la Norma ISO 14001:2015, con el propósito de identificar los requisitos generales en la aplicación efectiva de los principios y estándares establecidos en esta norma internacional de gestión ambiental.

Conocer el proceso productivo del ingenio azucarero: Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los efluentes producidos por el ingenio azucarero que son dirigidos hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de tipo especial, con el propósito de proporcionar información detallada sobre su composición química y física para una mejor comprensión de las operaciones efectuadas por la planta de tratamiento de aguas residuales que darán las bases para el diseño de estrategias de tratamiento adecuadas en el marco del Sistema de Gestión Ambiental.

Analizar marco legal ambiental de El Salvador: Se identificarán todas las regulaciones, normativas y disposiciones pertinentes relacionadas con la gestión ambiental y el tratamiento de aguas residuales en el país, para adaptar este marco legal al diseño del Sistema de Gestión Ambiental de la planta, asegurando así su conformidad con los requisitos legales y promoviendo las mejores prácticas ambientales en todas las operaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Optimización de procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del ingenio: Se explorarán oportunidades para mejorar la eficiencia operativa de la planta, reducir costos, minimizar impactos ambientales para cumplir con los estándares regulatorios aplicables.

Manual de establecimiento, implementación y mejora continua del SGA: Se desarrollará un manual completo que sirva como guía para el establecimiento, implementación y mejora continua del SGA, basado tanto en la Norma ISO 14001:2015 como en la legislación ambiental salvadoreña, garantizando una gestión ambiental efectiva y conforme a los estándares internacionales.

Guía teórica para la implementación del (SGA): Se desarrollo una guia teórica que proporciona una base estructurada y orientativa que pueda ser utilizada por cualquier ingenio azucarero interesado en establecer su propio SGA.

1.6.2. Limitaciones

Tiempo de desarrollo del proyecto de SGA: El tiempo óptimo en que el ingenio azucarero genera aguas residuales del tipo especial puede ser una limitación debido a que el periodo asignado para la cosecha y aprovechamiento de la materia prima obtenida de la zafra no se lleva a cabo durante todo el año, por ende, obtener datos recientes se convierte en un reto en el desarrollo del proyecto.

Costos relacionados con la realización del proyecto: El desarrollo de este proyecto requiere la realización de visitas técnicas a la planta de producción y la planta de tratamiento de aguas residuales del ingenio, lo cual genera costos en cuanto a las necesidades básicas de los involucrados de dicho proyecto.

Accesibilidad a la información: Una limitación potencial al implementar un Sistema de Gestión Ambiental radica en la disponibilidad de información específica proporcionada por la empresa del ingenio azucarero. La confidencialidad de esta información puede representar un obstáculo para acceder a datos cruciales.

Adaptabilidad del Sistema de Gestión Ambiental: La capacidad de adaptación del SGA puede convertirse en una limitación si no se diseña para ajustarse a cambios en la tecnología, la legislación y las condiciones operativas de la planta de tratamiento de agua residual. Asimismo, es crucial adoptar un enfoque sistémico adecuado que contribuya a los aspectos económicos y sociales, evitando así perjudicar los objetivos del ingenio azucarero.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. INDUSTRIA AZUCARERA

De acuerdo con el sitio web Azúcar de El Salvador (2016-d), en su sección “Hacia los mercados globales del azúcar”, la industria azucarera se presenta como un sector clave en la economía del país. A lo largo del tiempo, ha experimentado diversas transformaciones que le han permitido abrirse camino en el mercado internacional, posicionándose entre los 25 principales países exportadores de azúcar y ocupando el séptimo lugar como exportador neto de azúcar cruda entre más de 90 países productores.

En los siguientes apartados se detalla información relacionada a la morfología de la planta; proceso de producción; ingenios en El Salvador; producción, consumo, exportación, producto interno bruto de la caña de azúcar y la responsabilidad social de la industria azucarera.

2.1.1. Morfología de la caña de azúcar

Esta sección ha sido extraída de “Evaluación de diferentes edades de corte y su efecto como semilla asexual en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad CP73-1547, en la Hacienda El Porfiado, Caserío San Francisco El Porfiado, Santiago Nonualco, La Paz”, pasantía de investigación publicada por Mendoza Servellón (2023).

Raíz: Es de tipo fibroso, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo.

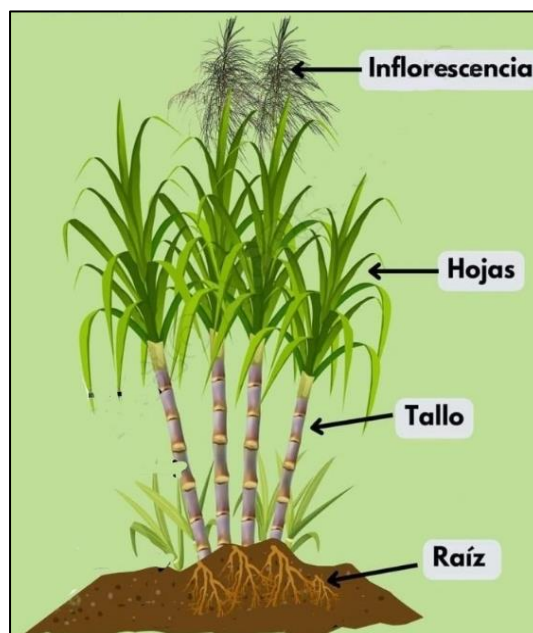
Tallo: La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa.

Hoja: Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores.

Inflorescencia: Es una panícula de forma y tamaño variables. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica.

A continuación, en la figura 2.1 tomada de González (2020), se muestra las partes de una planta de caña de azúcar.

Figura 2.1 Partes de una planta de caña de azúcar



2.1.2. *Proceso de elaboración de la caña de azúcar*

Esta sección ha sido extraída del sitio web Azúcar de El Salvador (2016-a), en el apartado “¿Cómo se hace?”, Se detalla el proceso de elaboración de azúcar en El Salvador. El azúcar es de origen natural, en El Salvador se obtiene de la caña de azúcar. La producción de azúcar es uno de los principales motores de la economía, debido a que genera alrededor de 250,000 empleos, los cuales son directos e indirectos. La obtención del azúcar es a través de 5 pasos, donde se convierten las materias primas en granos de azúcar. Dicho proceso se describe a continuación:

Transporte y molienda: La caña de azúcar es transportada desde los cañales al ingenio, allí triturada hasta obtener 2 productos: el jugo de caña con el cual se elabora el azúcar y la fibra de caña, también llamada bagazo, que se utiliza como combustible en las calderas del ingenio y la generación de energía eléctrica.

Clarificación: En esta etapa se separa el jugo de caña de las impurezas que contiene poniéndolo en ebullición. El jugo limpio está formado por mieles y agua, a los restos sólidos de esta separación se les da el nombre de cachaza, la cual se utiliza como abono orgánico en los cañales, restituyendo de esta manera los nutrientes que salieron de la tierra.

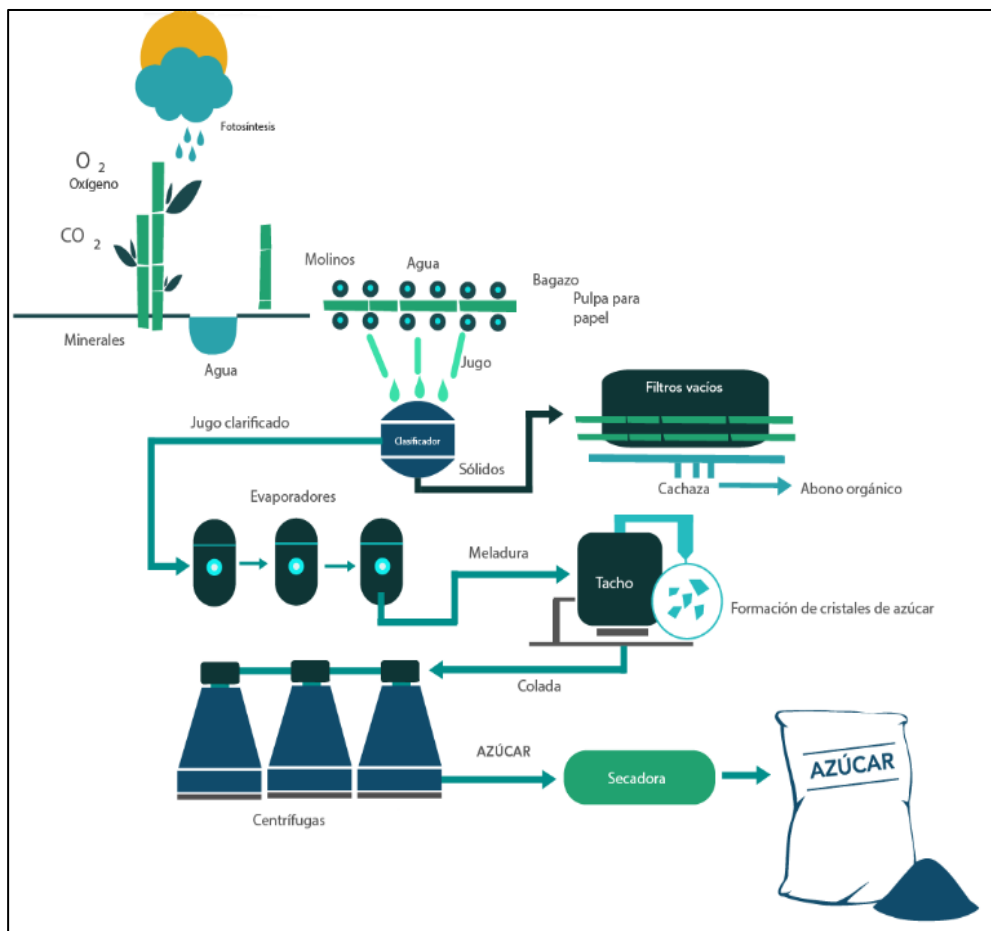
Cocimiento y evaporación: El jugo clarificado es concentrado a través de un proceso de evaporación con el fin de extraer toda el agua posible y facilitar la cristalización de la sacarosa, en este proceso se forma una miel rica en azúcar llamada meladura, la cual es llevada a los tachos y ahí es sometida a la cristalización de la azúcar hasta llevarla a una consistencia de masa cocida donde el cristal está inmerso en la miel.

Centrifugado: La mezcla de cristales y miel es colocada en una maquina centrifugadora con paredes perforadas a través de las cuales sale la miel a gran presión separándola así de los cristales.

Secado y envasado: El azúcar se seca para evitar que los cristales se peguen entre sí, este paso se realiza con aire caliente en secadores rotativos, luego se envía a las tolvas de envasado donde se empaca la variedad de presentaciones que se comercializan en los diferentes mercados.

En la figura 2.2 se puede observar un esquema del proceso de fabricación de azúcar.

Figura 2.2 Proceso de fabricación del azúcar de caña



2.1.3. Caracterización de corrientes de agua originados durante el proceso de elaboración de azúcar.

De acuerdo con Sandoval Peñate (2023), las corrientes de agua que se originan durante el proceso productivo de elaboración de azúcar son las siguientes:

Aguas procedentes de los molinos: que trasladan residuos de lubricación, con un alto contenido de grasas lubricantes y cantidades pequeñas de sacarosa, que depende del cuidado con que se realicen las operaciones.

Aguas derivadas de la limpieza de los equipos: estas se originan en los evaporadores y clarificadores, las mismas presentan turbidez y poca materia sedimentable.

Aguas de lavados y limpiezas de los filtros de cachaza: normalmente contienen impurezas adicionales de los procesos de fabricación, son aguas ácidas con un nivel considerable de turbidez, contenido de sólidos y materia orgánica.

Aguas de enfriamiento de equipos tecnológicos: estas aguas son utilizadas en los puntos de apoyo de los tandems, bombas de vacío, enfriamiento de cristalizadores, entre otros; y contienen residuos de lubricación.

Otras aguas residuales: estas se producen ocasionalmente como reboso en los tanques de agua, limpieza de los pisos, extracciones de calderas, entre otras.

2.1.4. Ingenios es El Salvador

De acuerdo con Mira (2019), los ingenios son los encargados del proceso industrial de producción de azúcar, además, ofrecen servicios de financiamiento, venta de agroquímicos, mediciones, corte y transporte de caña de azúcar. A continuación, se

presenta una descripción de los seis ingenios que están operando actualmente en El Salvador.

Ingenio Central Izalco: Se encuentra ubicado en el departamento de Sonsonate. Se posiciona en el primer lugar en cuanto a participación en la producción de azúcar y melaza. (Mira, 2019). Tiene una capacidad de generación de energía eléctrica de 45 MW e inyectan a la red eléctrica 28 MW. (CASSA, sf.)

Ingenio Chaparrastique: Está ubicado en el departamento de San Miguel. Es el cuarto ingenio por su importancia en el mercado, pero es parte del mismo grupo propietario del ingenio Central Izalco, conocido como Compañía Azucarera Salvadoreña (Grupo CASSA). (Mira, 2019).

Ingenio El Ángel: Está ubicado en el departamento de San Salvador. Su primera zafra como ingenio se celebró en 1882, cuando ya llevaba dos décadas operando como trapiche y dedicando las tierras al cultivo de caña de azúcar. Actualmente sigue produciendo azúcar y otros subproductos derivados de la caña. (Grupo el Ángel, s.f)

Ingenio la Magdalena: Ubicado en el departamento de Santa Ana. Nació como trapiche, instalado por el señor Miguel Ángel Giammattei. En 1965, La Magdalena se convirtió en ingenio y se empezó a transformar el jugo de caña en azúcar cruda o de “pilón”, la cual se utilizaba para apiarios y exportación. (Ingenio la Magdalena, s.f).

Ingenio la Cabaña: Se encuentra ubicado en el departamento de Cabañas. Funciona desde 1920 y comenzó como una molienda. Fue nacionalizada desde 1980 hasta 1996 y posteriormente fue privatizada. Actualmente está en constante crecimiento. (Ingenio la Cabaña, s.f.).

Ingenio Jiboa: Está ubicado en el departamento de San Vicente. Fue construido entre los años 1974-1976 e inaugurado en enero de 1976. Tiene capacidad de procesar como mínimo 5,000 toneladas cortas de molienda por día. (Castro B. y Cuadra O., 2017).

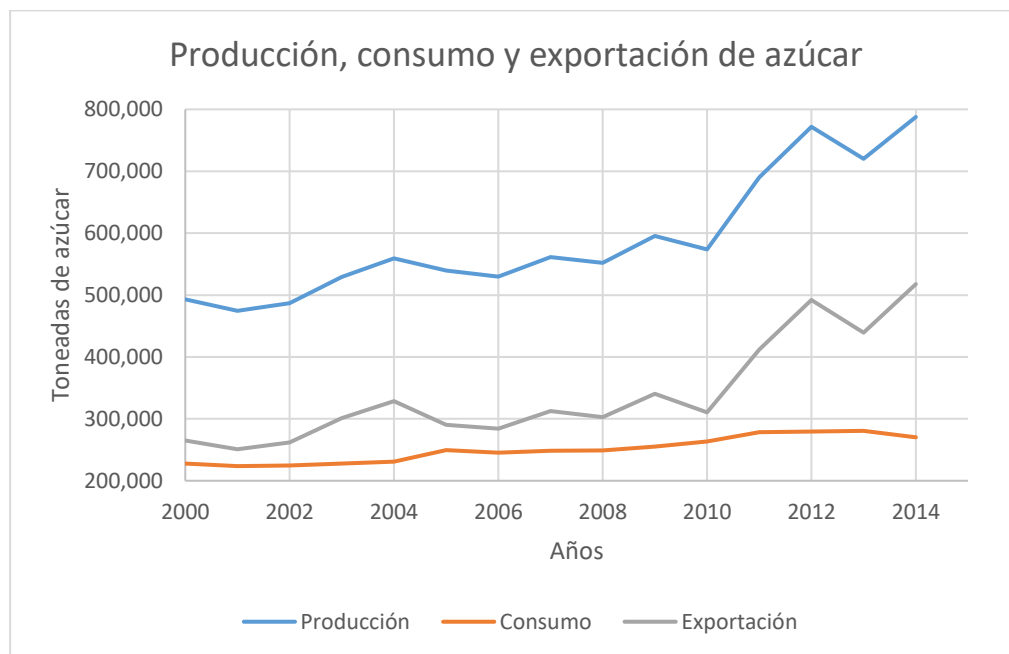
En la figura 2.3 adaptada del sitio web Azúcar natural (2019), se muestra la ubicación de los ingenios en El Salvador.

Figura 2.3 Ubicación de los ingenios azucareros en El Salvador



2.1.5. Producción, consumo y exportación de la caña de azúcar en El Salvador

En la figura 2.4 adaptada del sitio web Azúcar de El Salvador (2016-b), muestra el comportamiento de la producción, consumo nacional y exportación de azúcar del periodo 2000/01- 2014/15. El consumo nacional ha incrementado lentamente desde el 2000 al 2014, en todo ese periodo el incremento ha sido 42,357 TM, mientras que la exportación ha tenido un aumento en ese mismo periodo de 252,469 TM, lo cual es beneficioso para el país.

Figura 2.4 Producción, consumo y exportación de azúcar en El Salvador

2.1.6. Aporte de la industria azucarera en el Producto Interno Bruto (PIB)

De acuerdo con Lorente (2023), el Producto Interno Bruto (PIB) es “el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos en el interior de un país durante un periodo de tiempo determinado. Es decir, el PIB es un indicador que cuantifica el volumen de actividad económica de un país, que se produce, por ejemplo, a lo largo de un año.” El crecimiento del PIB en el país se ve reflejado a través de un aumento en el número de empleo y los ingresos, en las exportaciones de bienes y servicios, aumento de la inversión y el mantenimiento del consumo por parte de los hogares, cada uno de los sectores económicos aporta al PIB, en el caso de la industria azucarera para el 2015 aportó el 2.7 % del PIB, y los ingresos percibidos por este sector fueron de \$600 millones (Azúcar de El Salvador, 2016.-c)

2.1.7. Responsabilidad social en la industria azucarera

De acuerdo con la norma ISO 26000 “La responsabilidad social es la responsabilidad de una organización ante los impactos que sus decisiones y actividades ocasionan en la sociedad y el medio ambiente, mediante un comportamiento ético y transparente”. La industria azucarera en El Salvador es ejemplo de este compromiso al contribuir en el desarrollo sostenible por medio de una serie de prácticas destinadas a reducir los impactos negativos y maximizar los beneficios en las comunidades cercanas.

Ejemplos de Responsabilidad Social en la industria azucarera salvadoreña:

- Erradicar el trabajo infantil: ha impulsado la “Política de Cero Tolerancia al Trabajo Infantil”, la cual prohíbe que personas menores de 18 años trabajen en el sector.
- Proporcionar empleo a personas cercanas a la zona.
- Proyectos de generación de energía eléctrica a partir energía solar para las comunidades cercanas.
- Inversión en tecnología para la producción de energía a partir de bagazo de caña de azúcar.
- Introducción de agua potable en diversos centros educativos del país.
- Uso responsable de agroquímicos y disposición final de los agroquímicos.
- Charlas sobre buenas prácticas agrícolas en centros educativos.
- Campañas de reforestación.
- Publicación de informes de sostenibilidad y gestión anualmente.

- Programas de salud y bienestar para los trabajadores y sus familias, incluyendo atención médica, actividades deportivas, entre otras.

2.2. GENERALIDADES DEL AGUA RESIDUAL Y SU TRATAMIENTO

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que han recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor. Se pueden clasificar en dos tipos: ordinarias y especiales (RTS 13.05.01:24)

2.2.1. Tipos de aguas residuales

2.2.1.1. Agua residual de tipo ordinario

Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares. (RTS 13.05.01:24)

La cantidad (caudal) de aguas residuales que produce una comunidad está en proporción al consumo de agua potable y al grado de desarrollo económico y social, puesto que un mayor desarrollo trae consigo un mayor y más diverso uso del agua en las actividades humanas (MARN, 2019)

2.2.1.2. Agua residual de tipo especial

Esta sección (2.2.1.2) ha sido extraída de la Guía Técnica para la Evaluación de Impacto Ambiental de Aguas Residuales, publicada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Esta guía aborda la clasificación y el tratamiento de las aguas residuales generadas por diversas actividades, con un enfoque particular en aquellas de

tipo especial, que requieren un manejo más complejo debido a su nivel de contaminación y naturaleza industrial.

El MARN define al agua residual de tipo especial como: Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario. Este tipo de agua residual se origina de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua (que no sean las aguas residuales domésticas ni las aguas pluviales).

Las aguas residuales de tipo especial se diferencian de las aguas residuales ordinarias, en el grado de contaminación (física, química, microbiológica y radiactiva) que presentan y por supuesto en lo complejo que resulta su tratamiento y eliminación. La cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos que contienen no pueden ser eliminados mediante un sistema de tratamiento convencional, por lo que se necesita la combinación de ellos para lograr su estabilización.

El ingenio azucarero, debido a la naturaleza de su actividad productiva, genera aguas residuales de tipo especial. Más específicamente, estas se pueden clasificar como efluentes predominantemente orgánicos. En esta categoría también se incluyen industrias como las papeleras, mataderos, lavanderías, plantas de procesamiento de lácteos, así como aquellas que llevan a cabo procesos de fermentación o preparación de productos alimenticios.

2.2.2. Tratamiento del agua residual

El tratamiento de aguas residuales es un proceso esencial para la protección del medio ambiente y la salud pública. Consiste en la eliminación de contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua residual, proveniente de actividades humanas

e industriales, antes de su vertido o reutilización. Las técnicas empleadas varían desde un pretratamiento, como el cribado, hasta tratamientos secundarios y terciarios que incluyen la descomposición biológica y la eliminación de nutrientes (Metcalf & Eddy, 1995).

2.2.2.1. Pretratamiento

El pretratamiento de las aguas residuales tiene por objeto remover, reducir o modificar sólidos gruesos, medios y finos, arenas de cierto tamaño y peso específico, y en ocasiones grasas y aceites contenidas en el agua residual, que pueden causar problemas operacionales o incrementar la necesidad de dar mantenimiento a los equipos por desgaste o atascamiento con los materiales antes mencionados. El pretratamiento se logra separando del agua, por medio de operaciones físicas o mecánicas, la mayor cantidad posible de materias que por su naturaleza o tamaño ocasionarían problemas en tratamientos posteriores. Es necesario realizar el pretratamiento para proteger principalmente bombas, aireadores y tuberías, con el fin de evitar la entrada de objetos grandes, el desgaste de piezas por abrasión de arenas, dificultades en el tratamiento por grasas y aceites, y en general para conservar en buenas condiciones el sistema de tratamiento. (Comisión Nacional del Agua. México [CONAGUA], s.f.)

- **Desbaste:** Se basa principalmente en separar el agua de los sólidos pequeños y medianos, debido a que estos son obstrutores potenciales de las tuberías y maquinarias por donde fluye el agua, lo que ocasiona daños en el sistema. Este proceso se realiza por medio de rejillas separadas por barrotes que pueden ir desde 10 mm hasta 100 mm. (Cely Calixto y otros, 2022)

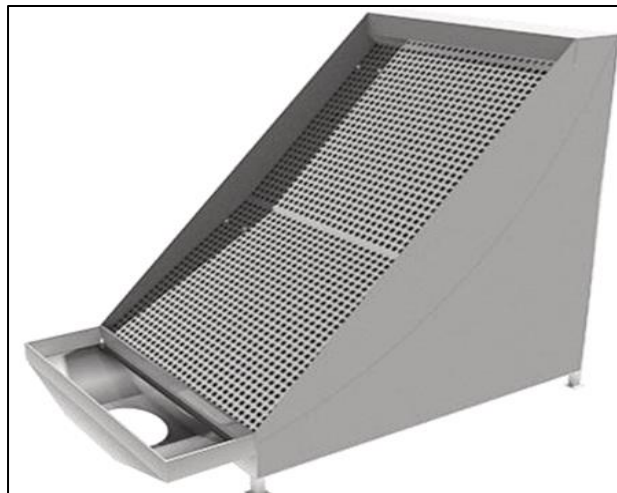
Figura 2.5 Rejillas gruesas para pretratamiento de aguas residuales



Fuente: De Márquez, 2016

- **Cribado:** El objetivo del cribado es la eliminación de la mayor cantidad de sólidos en suspensión, es decir, las partículas más pequeñas dentro de los sólidos, que tienen un tamaño del orden de un milímetro. Este proceso se efectúa mediante la filtración del agua que pasa a través de soportes equipados con ranuras muy pequeñas. (Cely Calixto y otros, 2022)

Figura 2.6 Criba para tratamiento de aguas residuales



Fuente: Cely Calixto y otros, 2022

- **Desarenador:** Los desarenadores (o trampas de arena) permiten eliminar fracciones inorgánicas pesadas mediante asentamiento cuando las tecnologías de tratamiento se pueden ver dañadas u obstruidas por la presencia de arena. Hay tres tipos generales de desarenadores: flujo horizontal, aireado y cámaras de vórtice. Todos estos diseños permiten que las partículas de arenilla pesada se asienten, mientras que las partículas más livianas, principalmente orgánicas, permanecen suspendidas. (Tilley y otros, s.f)

Figura 2.7 Desarenador – etapa de pretratamiento



Fuente: Tilley y otros, s.f

- **Trampas de grasa:** Su función principal es retener grasas, aceites y sólidos flotantes presentes en el agua residual, evitando que estos contaminantes ingresen en las etapas posteriores del tratamiento. En un ingenio azucarero, las trampas de grasas son esenciales debido a la cantidad significativa de materia orgánica y aceites que se generan durante el procesamiento de la caña de azúcar y en las áreas de mantenimiento de equipos. El uso eficiente de estas trampas no solo

mejora la calidad del agua efluente, sino que también reduce la carga sobre los sistemas biológicos de tratamiento, lo que favorece una mayor eficiencia en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Las trampas de grasas funcionan bajo el principio de gravedad, separando los aceites y grasas debido a su menor densidad en comparación con el agua. Estos sistemas son clave en la primera etapa del tratamiento, pues una acumulación excesiva de grasas y aceites puede causar problemas operativos como obstrucciones y reducción de la eficiencia en los procesos biológicos. (Mara, 2004; Metcalf & Eddy, 1995).

Figura 2.8 Esquema de funcionamiento de una trampa de grasas



Fuente: Quima.com, 2019

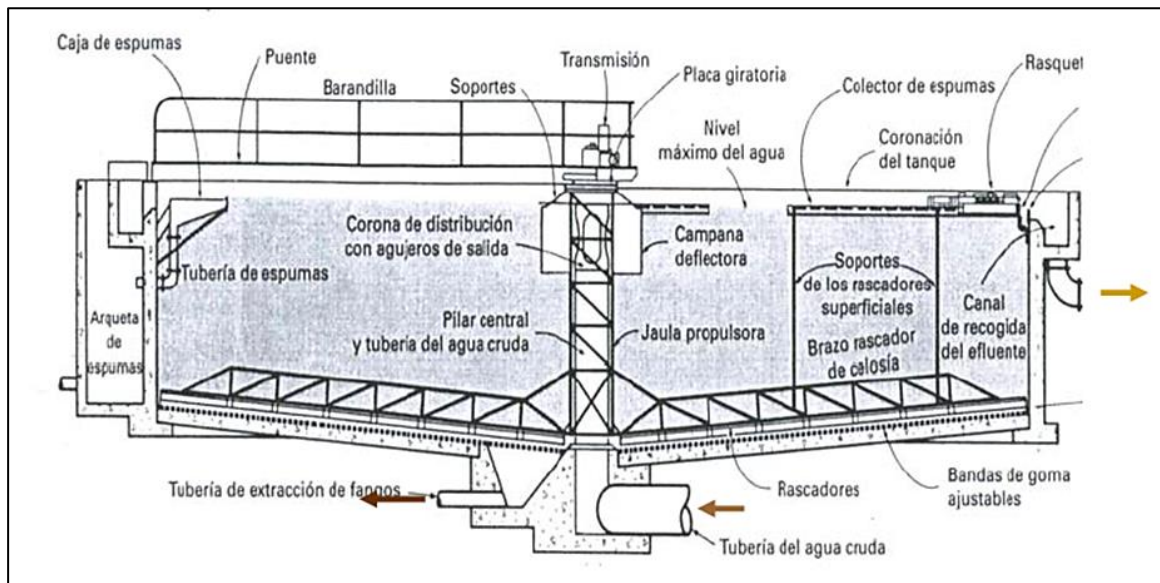
2.2.2.2. Tratamiento primario

El Tratamiento Primario o Tanque de Sedimentación Primaria consiste en un tanque de forma rectangular o circular (clarificador) que permite precipitar la mayor parte de los sólidos que el agua trae consigo. Esta sedimentación genera una mejora sustancial en la

calidad del agua que irá al tratamiento biológico. (Suministros especializados para potabilización y tratamiento de aguas residuales [SEPTAR], 2020)

Cuando se opera de manera eficiente la sedimentación primaria, típicamente puede remover hasta el 90 por ciento de los sólidos sedimentables, del 40 al 60 por ciento de los sólidos en suspensión y del 20 al 40 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno entrante al sedimentador. (CONAGUA, s.f.)

Figura 2.9 Esquema de un sedimentador primario



Fuente: Picón, 2015

El afluente del agua residual en la mayoría de las plantas fluye normalmente a través de rejillas e instalaciones de eliminación de arena antes de entrar en el tratamiento primario. El flujo entra entonces en el tanque primario, donde permanece durante 1 a 3 horas. Durante este tiempo los sólidos sedimentables se hunden hasta el fondo de los tanques y los materiales flotantes suben a la superficie. El flujo de agua residual se dirige al interior

y se distribuye a través del tanque rectangular o circular, la velocidad de flujo a través del tanque es típicamente de 30 o 60 cm/min para permitir que los sólidos más pesados se depositen en el fondo. Los sólidos sedimentados, llamados lodos primarios, se eliminan de los tanques mediante un sistema de colectores de lodos del fondo y las bombas de lodos primarios. Los materiales flotantes, llamados espumas o natas, son retirados de los depósitos por un sistema colector de superficie que se conoce como charola de natas, para su transporte y disposición.

La adición química también puede emplearse para mejorar la sedimentación en tanques primarios, se han probado con éxito coagulantes inorgánicos, tales como sulfato de aluminio o cloruro férrico, o polímeros orgánicos. Para que la sedimentación sea mejor se requiere de una cámara rápida para la mezcla y floculación, la cual acondicionaría al flujo antes de introducirse al primario. La turbulencia en los canales del afluente puede ser suficiente para mezclar los productos químicos. (CONAGUA, s.f.)

2.2.2.3. Tratamiento secundario

Después del tratamiento primario en el cual se elimina la mayoría de los residuos sólidos, se inicia el tratamiento secundario encargado de la reducción de los compuestos orgánicos por medio de procesos biológicos tanto aerobios como anaerobios (Cely Calixto y otros, 2022). En ese sentido para la sección 2.2.2.3.1 se ha tomado como referencia bibliográfica el libro *“Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización”* de Metcalf & Eddy (1995), en el que describe a detalle las técnicas y principios que rigen los procesos aerobios y anaerobios, así como su aplicación en plantas de tratamiento de aguas residuales industriales.

2.2.2.3.1. Tratamiento aerobio

En el tratamiento aerobio, los microorganismos descomponen la materia orgánica en presencia de oxígeno, lo que reduce de manera significativa la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Los sistemas de lodos activados y filtros percoladores son los más comunes en esta categoría. Además, las lagunas aeróbicas se usan cuando hay suficiente espacio disponible, permitiendo que el oxígeno se difunda naturalmente en el agua.

a) Lodos Activados

El proceso de lodos activados es una de las técnicas más utilizadas en el tratamiento aerobio debido a su alta eficiencia. Consiste en la aireación del agua residual en presencia de un cultivo de microorganismos suspendidos en el líquido. Estos microorganismos, conocidos como flóculos, consumen la materia orgánica disuelta, convirtiéndola en biomasa y productos finales como dióxido de carbono y agua. Posteriormente, los flóculos se separan por sedimentación, permitiendo la recirculación de una parte de estos microorganismos al reactor para mantener una alta concentración biológica.

b) Filtros Percoladores

Los filtros percoladores, también conocidos como lechos percoladores, son una opción más simple que los lodos activados. En este método, el agua residual se distribuye sobre un lecho de material sólido, como roca triturada o materiales plásticos, que actúa como medio para el crecimiento de una biopelícula de microorganismos aerobios. A medida que el agua percola a través del lecho, los microorganismos presentes en la biopelícula oxidan la materia orgánica. El oxígeno necesario para el proceso se obtiene mediante la ventilación natural a través del lecho.

c) Lagunas Aerobias

Las lagunas aerobias son estanques abiertos y poco profundos en los que se trata el agua residual mediante procesos biológicos que ocurren en condiciones naturales. El oxígeno se introduce en el sistema mediante la difusión desde la atmósfera y, en algunos casos, a través de la fotosíntesis de algas presentes en la laguna. Las bacterias aeróbicas degradan la materia orgánica disuelta en el agua, mientras que las algas producen oxígeno durante el día. Este método es de bajo costo y sencillo de operar, lo que lo hace atractivo para ingenios azucareros que disponen de grandes extensiones de terreno. Sin embargo, es un proceso más lento que los anteriores y requiere un mayor tiempo de retención del agua para alcanzar niveles aceptables de tratamiento. Además, puede verse afectado por condiciones climáticas adversas, lo que puede disminuir la eficiencia del proceso.

2.2.2.3.2. Tratamiento anaerobio

El tratamiento anaerobio es especialmente efectivo en ingenios azucareros debido a la alta concentración de materia orgánica. En este proceso, los microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, generando biogás (metano y dióxido de carbono), que puede ser utilizado como fuente de energía. En este método de tratamiento secundario se pueden emplear, por ejemplo: digestores anaerobios, que son sistemas cerrados y controlados, ideales para la reducción de la carga orgánica en los efluentes, así como también las lagunas anaerobias que ofrecen una alternativa más económica, aunque más lenta y con posibles problemas de olor (Chernicharo, 2007).

a) Digestores Anaerobios de Flujo Ascendente (UASB)

Uno de los sistemas más utilizados en ingenios azucareros es el reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente (UASB). En este reactor, el agua residual fluye desde el fondo hacia arriba, a través de un lecho de lodo donde los microorganismos degradan la materia orgánica. El biogás generado se recoge en la parte superior del reactor. Este sistema es eficiente y compacto, permitiendo el tratamiento de aguas residuales con altas cargas orgánicas, como las que provienen del proceso de molienda de la caña en los ingenios (Chernicharo, 2007). Los reactores UASB ofrecen las siguientes ventajas:

- Bajo costo operativo: Al no requerir aireación, el consumo energético es significativamente menor en comparación con los sistemas aerobios.
- Generación de biogás: El biogás puede ser aprovechado para la generación de energía dentro de las operaciones del ingenio, lo que contribuye a la sostenibilidad del proceso.

b) Digestores Anaerobios de Mezcla Completa

Los digestores de mezcla completa son tanques cerrados donde el efluente se mezcla continuamente, permitiendo un contacto uniforme entre los microorganismos y la materia orgánica. Este tipo de sistema es especialmente útil para efluentes con una carga orgánica muy elevada y constante, como los producidos por los ingenios durante la zafra. Los digestores de mezcla completa pueden ser operados a temperaturas mesofílicas (30-40 °C) o termofílicas (50-60 °C), lo que afecta la velocidad de degradación y la producción de biogás (Metcalf & Eddy, 1995).

c) Lagunas Anaerobias

Las lagunas anaerobias son grandes cuerpos de agua donde las aguas residuales se retienen por un período prolongado, permitiendo la sedimentación y la degradación de la materia orgánica en condiciones anaerobias. Aunque son menos eficientes que los digestores en términos de control y producción de biogás, las lagunas anaerobias son de bajo costo y pueden ser adecuadas para ingenios que disponen de grandes extensiones de terreno. Sin embargo, es importante considerar los problemas asociados con la generación de olores y el manejo del lodo que se acumula en el fondo de la laguna (Chernicharo, 2007).

2.2.2.4. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario permite reducir la carga contaminante de aguas residuales permitiendo, no solo su vertido a cauces naturales, sino la reutilización como recurso hídrico alternativo. Los procesos terciarios generalmente forman diferentes combinaciones entre distintas tecnologías. La elección de los procesos dependerá de los tratamientos primarios y secundarios implementados, y de la calidad de las aguas para su uso posterior, que depende de la legislación vigente (Valdivieso, 2024). La compañía internacionalmente conocida “Belzona Inc.”, en su libro “Tratamiento de aguas residuales” publicado en 2010, define una serie de técnicas utilizadas en el tratamiento terciario de aguas residuales y se detallan a continuación.

a) Desinfección

Este proceso es el paso final antes de distribuir las aguas residuales ya tratadas al ambiente, y es para matar microorganismos que pueden representar un peligro para la

salud. Este proceso, llamado desinfección puede ser alcanzado agregando cloro, exponiendo el agua residual a rayos ultravioleta o mediante la ozonización.

b) Intercambio Iónico

Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante. La aplicación habitual de estos sistemas es, por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones.

c) Microfiltración y Ultrafiltración

El principio de la micro y ultrafiltración es la separación física. Es el tamaño de poro de la membrana lo que determina hasta qué punto son eliminados los sólidos disueltos, la turbidez y los microorganismos. Las sustancias de mayor tamaño que los poros de la membrana son retenidas totalmente.

- **Microfiltración:** Las membranas usadas para la microfiltración tienen un tamaño de poro de $0.1\mu\text{m}$ y $10\mu\text{m}$. La microfiltración puede ser aplicada a muchos tipos diferentes de tratamientos de agua cuando se necesita retirar de un líquido las partículas de un diámetro superior a $0.1\mu\text{m}$.
- **Ultrafiltración:** Permite retener moléculas cuyo tamaño oscila entre $0.001\mu\text{m}$ y $0.1\mu\text{m}$.

d) **Ósmosis Inversa**

Consiste en aplicar a la disolución concentrada una presión superior a la osmótica, produciéndose el paso de disolvente (agua) desde la disolución más concentrada a la más diluida hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Usando esta técnica, se elimina la mayor parte del contenido en sales del agua.

2.2.2.5. Recolección y disposición de lodos

Los lodos, actualmente llamados biosólidos en la industria, son el material evacuado en el tratamiento primario y secundario, de los sistemas de filtración biológica y de algunos tipos de tanques de aireación. La información que se presenta a continuación se basa en el libro “*Tratamiento de Aguas Residuales*” de Belzona Inc. (2010), el cual ofrece información acerca de las técnicas de gestión de biosólidos en el tratamiento de aguas residuales.

Los biosólidos contienen componentes orgánicos del agua residual, así como muchos tipos de bacterias y microorganismos. El objetivo principal del tratamiento de lodos es reducir el volumen y destruir o estabilizar los sólidos antes de su eliminación final. El proceso incluye Espesamiento (Concentración), Digestión y Deshidratación. La eliminación final puede ser a través de incineración, relleno sanitario, uso en fertilización o eliminación en el mar.

a) **Espesamiento**

En los tratamientos anteriores se generan una cantidad de residuos en donde se concentra la contaminación eliminada (lodos). Al retirarlos también se llevan una gran cantidad de agua (aproximadamente un 95%) por lo que ocupan volúmenes importantes y facilitan la

putrefacción de los mismos. La finalidad del espesamiento o espesado es reducir el volumen de los lodos mediante la eliminación parcial de esta agua.

b) **Digestión anaerobia**

Los lodos, después de pasar por el espesador, son llevados a unos depósitos separados, llamados digestores anaerobios, donde se procede a su estabilización. Esta estabilización se consigue mediante un procedimiento biológico que permite una degradación importante de la materia orgánica por medio de una fermentación llevada a cabo por unos microorganismos en un recinto cerrado y en ausencia de aire. De esta fermentación se obtienen ciertos gases, sobre todo: metano y dióxido de carbono.

c) **Secado**

Su objetivo es eliminar agua del lodo para convertirlo en una pasta sólida fácilmente manejable y transportable. El sistema depende de la cantidad de lodo y de terreno disponible.

2.2.3. Beneficios del tratamiento del agua residual

El tratamiento de aguas residuales especiales tiene varios beneficios importantes, tanto para el medio ambiente como para la salud pública y la economía, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

Protección del medio ambiente: El tratamiento de aguas residuales especiales evita la contaminación de cuerpos de agua, como ríos y lagos, preservando los ecosistemas acuáticos y protegiendo la biodiversidad. Las aguas no tratadas contienen contaminantes

químicos y biológicos que pueden dañar gravemente la fauna y flora acuática. Con el tratamiento adecuado, estos contaminantes son eliminados o neutralizados. (Martínez y Jiménez, 2011)

Recuperación de recursos: El tratamiento de aguas residuales especiales permite la recuperación de recursos como nutrientes (nitrógeno y fósforo) y energía, que pueden ser reutilizados en procesos agrícolas y energéticos. Algunas plantas de tratamiento están diseñadas para generar biogás a partir de residuos orgánicos, lo cual es una fuente de energía renovable. (Henze y otros, 2008)

Mejora de la salud pública: Las aguas residuales sin tratar pueden propagar enfermedades, como cólera, disentería y fiebre tifoidea. El tratamiento adecuado reduce la carga de patógenos en el agua, disminuyendo el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. (Tchobanoglous y otros, 2003)

Reducción del consumo de agua potable: Con la implementación de tecnologías de tratamiento avanzadas, las aguas residuales tratadas pueden ser reutilizadas en actividades industriales o agrícolas, reduciendo la demanda sobre las fuentes de agua potable. (Metcalf y Eddy, 1995).

2.3. SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL (SGA)

Esta sección (2.3) ha sido tomada del blog titulado "¿Qué es un Sistema de Gestión Ambiental?", publicado por el Grupo ESG Innova el 9 de octubre de 2023. En él se proporciona información valiosa sobre los sistemas de gestión ambiental, destacando los elementos clave que los componen y los beneficios derivados de su implementación.

2.3.1. ¿Qué es un Sistema de Gestión Ambiental?

Un Sistema de Gestión Ambiental es un enfoque estructurado y sistemático para administrar y controlar los impactos ambientales de una organización. Su objetivo principal es ayudar a las empresas y entidades a minimizar su huella ecológica, cumplir con regulaciones ambientales y promover prácticas sostenibles en todas sus operaciones.

2.3.2. Elementos claves en un Sistema de Gestión Ambiental

Política ambiental: El SGA comienza con una política ambiental claramente definida por la alta dirección de la organización. Esta política establece los compromisos y objetivos ambientales de la empresa, proporcionando una base sólida para todas las acciones y decisiones relacionadas con el medio ambiente.

Planificación: En esta etapa, se deben identificar y evaluar los aspectos ambientales de las actividades de la organización, asimismo, se establecen metas y objetivos específicos para minimizar los impactos negativos.

Implementación: La organización debe de implementar procedimientos y procesos para cumplir con los objetivos ambientales establecidos. Esto puede implicar cambios en la producción, el uso de recursos naturales y la gestión de residuos, con el objetivo de cumplir con las metas definidas previamente.

Operación y control: Durante esta fase, se monitorean y controlan las actividades para garantizar que se ajusten a las políticas y los procedimientos establecidos. Se realizan auditorías internas para verificar el cumplimiento y se toman medidas correctivas de ser necesario.

Evaluación de desempeño: Se debe llevar a cabo un seguimiento regular del desempeño ambiental de la organización a través de indicadores clave de rendimiento (KPI). Se revisan los resultados para poder evaluar la eficacia de las acciones implementadas y se realizan mejoras continuas.

Revisión por la dirección: La alta dirección revisa periódicamente el SGA para asegurarse de que esté funcionando de manera efectiva. Durante la revisión, se ajusta el SGA según sea necesario.

2.4. REGULACIONES LEGALES SOBRE AGUAS RESIDUALES Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS EN EL SALVADOR

Según el artículo 117 de la Constitución de la República de El Salvador se establece que es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible, y declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional y restauración de los Recursos Naturales.

Todos los ingenios deben de cumplir eficientemente con el marco legal relacionado al tratamiento de agua residual y el adecuado manejo y disposición de residuos peligrosos.

2.4.1. Ley del Medio Ambiente

La Ley del Medio Ambiente tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación

del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de la vida de las presentes y futuras generaciones. (Ley del Medio Ambiente, 1998, artículo 1).

Según el Artículo 49, el Ministerio supervisará la disponibilidad y la calidad del agua, a través un reglamento especial que debe de contener las normas técnicas para tal efecto y considerando criterios básicos.

2.4.2. Ley General de Recursos Hídricos

De acuerdo con el artículo 2 de la Ley General de Recursos Hídricos, su objeto es regular la gestión integral de las aguas, su sostenibilidad, garantizar el derecho humano al agua, la seguridad hídrica para una mejor calidad de vida de todos los habitantes del país; y promover el desarrollo humano, social y económico mediante la utilización sustentable de los recursos hídricos.

El ámbito de aplicación de la presente ley incluye todas las aguas continentales, insulares, estuarinas, marinas, subterráneas y atmosféricas, cualquiera que sea su ubicación dentro del territorio nacional, independientemente de su estado físico, calidad o condición natural (Ley General de Recursos Hídricos, 2021, artículo 3).

2.4.3. Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales (decreto n° 29)

El objeto del presente reglamento es desarrollar las disposiciones de la Ley del Medio Ambiente, vinculadas a la gestión de aguas residuales y lodos, y establecer los criterios técnicos y requisitos que deben cumplirse para su manejo, tratamiento, uso,

reúso y disposición final. (Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales, 2019, artículo 1).

El ámbito de aplicación es en todo el territorio nacional a las personas naturales o jurídicas, que por sus actividades generen, gestiones o viertan aguas residuales a un medio receptor o realicen disposición de lodos. (Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales, 2019, artículo 2).

De acuerdo con el reglamento, las aguas residuales, dependiendo su naturaleza se clasifican en aguas residuales de tipo ordinario y aguas residuales de tipo especial.

La industria azucarera genera agua residual de tipo ordinario y de tipo especial, sin embargo, en el presente trabajo solo se considerará los parámetros de caracterización de aguas de tipo especial

De acuerdo con el artículo 7 los parámetros físico-químico del agua residual de tipo especial se clasifican en a) básicos; b) específicos.

Los parámetros básicos por cumplir con los siguientes:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Aceites y grasas (A y G)
- Potencial hidrogeno (pH)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos sedimentables
- Temperatura
- Caudal (Q)

Mientras que los parámetros específicos por considerar en la industria azucarera son los siguientes:

- Fosforo total
- Nitrógeno total
- SAAM
- Sulfitos
- Turbiedad

Los límites máximos permisibles de los parámetros básicos y específicos son establecidos en el RTS 13.05.01:24

De acuerdo con el reglamento los lodos se pueden clasificar por su origen en lodos ordinarios y especiales; y por su naturaleza se clasifican en peligrosos y no peligrosos.

La caracterización de los lodos especiales incluirá los siguientes análisis: microbiológica, físico- química y peligrosidad.

Los parámetros por considerar en la caracterización microbiológica son:

- Coliformes fecales
- Salmonella spp
- Helmintos y vermiformes viables (Ovahelmíntica y vermiformes)

Los parámetros por considerar en la caracterización fisicoquímica son los siguientes:

- Humedad

- Densidad
- pH
- Potencial calórico
- Porcentaje SV/ST (Solidos volátiles/solidos totales)
- Compuestos fenólicos sintéticos
- Sodio
- Nitrógeno
- Fosforo
- Hierro
- Manganeso
- Arsénico
- Aluminio
- Bario
- Cadmio
- Cobre (Cu)
- Cromo total
- Cromo hexavalente (Cr+6)
- Mercurio
- Molibdeno
- Níquel
- Plomo
- Selenio

- Cinc
- Manganeso
- Hierro total

Los parámetros por considerar en la caracterización de peligrosidad son los siguientes:

- Aluminio
- Arsénico
- Bario
- Cadmio
- Compuestos fenólicos sintéticos
- Cromo hexavalente
- Mercurio
- Níquel
- Plomo
- Selenio
- Cinc

Los límites máximos permisibles de los parámetros son establecidos en el RTS 13.05.01:24.

Los lodos deben ser caracterizados al menos una vez al año siempre y cuando el titular compruebe que no existe cambios en sus materias primas o procesos de producción generadores de lodos.

2.4.4. Reglamento Técnico Salvadoreño: Agua. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de Lodos Residuales (RTS 13.05.01:24 – 1ra revisión)

Según el artículo 1 del RTS 13.05.01:24, el objeto del reglamento es establecer los límites permisibles para los parámetros de calidad de las aguas residuales y sus lodos, previo a su disposición final, así como los mecanismos y procedimientos técnicos para la gestión de los mismos; y contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

El reglamento aplica a toda actividad, obra o proyecto que realice gestión de las aguas residuales previo a la descarga a un medio receptor; así como el manejo de lodos residuales, independientemente de la procedencia y destino, ubicados en el territorio nacional. Los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros básicos de calidad de agua residual se detallan en la tabla 2.1, mientras que los LMP de parámetros específicos de acuerdo con el tipo de actividad productiva del ingenio azucarero (fábricas y refinerías de azúcar) se detallan en la tabla 2.2

Tabla 2.1 Límites máximos permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales de tipo especial en la industria azucarera vertidas a medio receptor.

Parámetro	LMP en producción de azúcar
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	300 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	500 mg/L
Aceites y Grasas (A y G)	30 mg/L

Parámetro	LMP en producción de azúcar
Potencial Hidrógeno (pH)	6.00 – 9.00
Sólidos Suspendidos Totales (SST).	150 mg/L
Sólidos Sedimentables	Reportar
Temperatura	20 – 35 °C
Caudal (Q)	Reportar

Fuente: RTS 13.05.01:24

Tabla 2.2 Límites máximos permisibles de parámetros específicos de calidad de aguas residuales de tipo especial en la industria azucarera vertidas a medio receptor.

Parámetro	LMP en producción de azúcar
Fosforo total	15 mg/L
Nitrógeno total	50 mg/L
Sustancias Activas al Azul de Metileno - (SAAM)	5 mg/L
Sulfitos	3 mg/L
Turbidez	Reportar

Fuente: RTS 13.05.01:24

La frecuencia mínima de toma de muestra de parámetros básicos de aguas residuales de tipo residual se detalla en la tabla 2.3

Tabla 2.3 Frecuencia de muestreo de parámetros básicos de aguas residuales de tipo especial.

Parámetro	Entrada	Salida	Caudal del efluente > 50 m³/día
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	X	X	Trimestral
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	X	X	Trimestral
Aceites y Grasas (A y G)	X	X	Trimestral
Potencial Hidrógeno (pH)		X	Diario
Sólidos Suspendidos Totales (SST).	X	X	Trimestral
Sólidos Sedimentables	X	X	Diario
Temperatura		X	Diario
Caudal (Q)		X	Diario

Fuente: RTS 13.05.01:24

La frecuencia mínima de toma de muestra de parámetros específicos de aguas residuales de tipo residual se detalla en la tabla 2.4

Tabla 2.4 Frecuencia de muestreo de parámetros específicos de aguas residuales de tipo especial.

Parámetro	Caudal del efluente > 20 m³/día
Fosforo total	Trimestral

Parámetro	Caudal del efluente > 20 m³/día
Nitrógeno total	Trimestral
Sustancias Activas al Azul de Metileno - (SAAM)	Trimestral
Sulfitos	Trimestral
Turbidez	Trimestral

Fuente: RTS 13.05.01:24

Los límites máximos permisibles para la caracterización microbiológicos de lodos especiales se detallan en la tabla 2.5

Tabla 2.5 Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos de lodos residuales de tipo especial.

Parámetro	LMP en producción de azúcar
Coliformes fecales	Reportar
Salmonella spp	Reportar
Helmintos y vermiformes viables (Ovahelmíntica y vermiformes)	Reportar

Fuente: RTS 13.05.01:24

Los límites máximos permisibles para la caracterización físico-química y de peligrosidad de lodos especiales se detallan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Límites máximos permisibles de parámetros físico-químicos y de peligrosidad de lodos especiales.

Parámetro	LMP en producción de azúcar
Humedad	Reportar
Densidad	Reportar
pH	Reportar
Potencial calórico	Reportar
Porcentaje SV/ST (Sólidos volátiles/ sólidos totales)	Reportar
Compuestos fenólicos sintéticos	Reportar
Sodio	Reportar
Nitrógeno	Reportar
Fosforo	Reportar
Hierro	Reportar
Manganeso	Reportar
Arsénico	Reportar
Aluminio	Reportar
Bario	Reportar
Cadmio	Reportar
Cobre (Cu)	Reportar
Cromo total	Reportar

Parámetro	LMP en producción de azúcar
Cromo hexavalente (Cr+6)	Reportar
Mercurio	Reportar
Molibdeno	Reportar
Níquel	Reportar
Plomo	Reportar
Selenio	Reportar
Cinc	Reportar
Manganeso	Reportar
Hierro total	Reportar

Fuente: RTS 13.05.01:24

La frecuencia de monitoreo de lodos especiales se detalla en la tabla 2.7

Tabla 2.7 Frecuencia de monitoreo de lodos residuales de tipo especial.

Cantidad Anual (Tonelada métrica / año)	Frecuencia
Hasta 1500	1 veces/ año
1500 hasta 15000	2 veces/ año
Mayor de 15000	3 veces/ año

2.4.5. Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje

El objeto de la ley es lograr el aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura de los residuos, a fin de proteger la salud de las personas, el medio ambiente y fomentar una economía circular, a través del establecimiento de una visión sistémica en la gestión integral de los residuos, la determinación de los actores y su forma de interacción, y la asignación de responsabilidades para lograr cambios conductuales en la población. (Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje, 2020, artículo 1).

Para lograr lo anterior, se considerarán al menos los procesos siguientes: disminución de la generación de residuos priorizando la prevención, el fomento a la reutilización, reparación, el reciclaje y otros tipos de valorización, concientizando a la población en la preferencia de productos que generen residuos aprovechables.

2.4.6. Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos

El objetivo de este reglamento es gestionar de manera adecuada todos aquellos procesos que involucran lodos residuales (residuos sólidos) ya sean ordinarios o peligrosos, desde su almacenamiento, transporte y manejo adecuado de estos residuos sólidos que pueden ser categorizados según el reglamento como peligrosos o no peligrosos.

Depende mucho de la naturaleza del proceso que se define si los lodos generados durante el tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso productivo de un

ingenio azucarero se consideran peligros o no peligrosos, sin embargo, la norma nos permite tomar acción de manera adecuada sobre dichos residuos.

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. GENERALIDADES DE LA NORMA ISO 14001:2015

3.1.1. Estructura de la norma

La estructura de la Norma ISO 14001:2015 se presenta en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Estructura de la norma ISO 14001:2015

<p>Contexto de la organización</p> <p>Comprensión de la organización y su contexto.</p> <p>Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.</p> <p>Determinación del alcance del Sistema de Gestión Ambiental.</p> <p>Sistema de Gestión Ambiental</p>
<p>Liderazgo</p> <p>Liderazgo y compromiso.</p> <p>Política ambiental.</p> <p>Roles, responsabilidades y autoridades dentro del SGA.</p>
<p>Planificación</p> <p>Acciones para abordar riesgos y oportunidades.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Generalidades – Aspectos ambientales. – Requisitos legales y otros requisitos. – Planificación de acciones <p>Objetivos ambientales y planificación para lograrlos.</p>

-
- Objetivos ambientales
 - Planificación de acciones para lograr los objetivos
-

Apoyo

Recursos.

Competencia.

Toma de conciencia.

Comunicación.

- Generalidades
- Comunicación interna
- Comunicación externa

Información documentada.

- Generalidades
 - Creación y actualización
 - Control de información documentada
-

Operación

Planificación y control operacional.

Preparación y respuesta ante emergencias.

Evaluación del desempeño

Seguimiento, medición, análisis y evaluación.

- Generalidades
- Evaluación del cumplimiento.

Auditoría interna.

- Generalidades
 - Programa de auditoría interna.
-

Mejora

Generalidades

No conformidades y acción correctivas.

Mejora continua.

3.1.2. *Requerimientos de la norma*

La norma ISO 14001:2015, es una herramienta que pertenece a la familia de la ISO donde se busca que las entidades ya sean empresas u organizaciones que están vinculadas al uso de recursos naturales ya sea (agua, suelo o aire) inclusive flora o fauna tengan un sistema de gestión que les permita optimizar los procesos que se manejan y reducir la generación de contaminantes, por ende las empresas como los ingenios azucareros tienen la necesidad de implementar un Sistema de Gestión Ambiental, la ISO 14001:2015 es una vital herramienta que permite crear este sistema de gestión, es de aclarar que la ISO no está definida en sus requerimientos ya que depende de los recursos y procesos que maneje la empresa.

a) Definición de una política ambiental

La dirección del ingenio debe crear una política que muestre su compromiso con el cuidado del medio ambiente, evitando la contaminación y cumpliendo las leyes. Esta política debe incluir el manejo de aguas residuales, emisiones y residuos. Debe comunicarse a todo el personal y estar disponible para otras partes interesadas.

b) Identificación de todos los aspectos ambientales inherentes a la organización

El ingenio debe identificar sus principales impactos ambientales, como:

- Aguas residuales del proceso de producción.
- Emisiones por la quema de biomasa y uso de combustibles.

- Residuos sólidos como bagazo, cenizas y lodos. Debe evaluar cada uno de estos aspectos para controlar su impacto en el ambiente.

c) Establecer un marco legal y reglamentario.

El ingenio debe identificar y cumplir todas las leyes y normativas aplicables a sus operaciones ambientales, como las relacionadas con vertido de aguas, emisiones y gestión de residuos. También debe estar al tanto de los cambios en estas normativas.

d) Definir objetivos y metas ambientales.

El ingenio debe establecer metas claras y medibles relacionadas con el ambiente, como:

- Reducir el consumo de agua y mejorar su eficiencia.
- Disminuir las emisiones con tecnologías limpias.
- Optimizar el reciclaje de residuos como el bagazo. Estas metas deben revisarse periódicamente.

e) Formación y sensibilización del personal.

Todo el personal debe recibir capacitación sobre temas ambientales, como:

- Buenas prácticas ambientales.
- Operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Control de emisiones y uso eficiente de recursos. El personal debe entender cómo sus acciones impactan el ambiente y la importancia de seguir las políticas ambientales.

f) Establecimiento de medios de comunicación

El ingenio debe establecer canales de comunicación para compartir información ambiental, como:

- Comunicación interna para informar al personal sobre políticas, objetivos y resultados.
- Comunicación externa con comunidades, autoridades y proveedores sobre el desempeño ambiental del ingenio.

g) Definir e implementar las políticas y procedimientos ambientales aplicables

El ingenio debe crear y aplicar procedimientos para controlar sus impactos ambientales, como:

- Procesos para el tratamiento de aguas residuales.
- Manejo adecuado de los residuos sólidos.
- Políticas para reducir el uso de agua y energía, y controlar las emisiones.

h) Documentar un plan de respuestas y control de emergencias y contingencias

El ingenio debe tener un plan documentado para emergencias ambientales, como:

- Procedimientos para derrames de productos químicos.
- Acciones para mitigar fallos en el tratamiento de aguas.
- Protocolos para incendios o fugas de emisiones tóxicas.

i) Implementar efectivamente todos los procesos definidos

Una vez definidos los procesos, el ingenio debe asegurarse de que se apliquen correctamente. Esto incluye:

- Usar tecnologías adecuadas para tratar las aguas residuales.
- Monitorear continuamente las emisiones y el uso de recursos.
- Realizar pruebas periódicas de los sistemas de respuesta ante emergencias.

j) Seguimiento y medición de la eficacia del sistema de gestión a través de los indicadores seleccionados

El ingenio debe usar indicadores para medir su desempeño ambiental, como:

- Cantidad de agua tratada y vertida cumpliendo con la ley.
- Reducción de emisiones de CO₂ en las calderas.
- Cantidad de residuos reciclados o reutilizados. Estos indicadores permiten ajustar el sistema de gestión si es necesario.

k) Aplicación de auditorías internas

El ingenio debe realizar auditorías internas regulares para verificar que el Sistema de Gestión Ambiental cumple con la norma ISO 14001:2015 y es efectivo en el manejo de sus impactos.

l) Aplicar acciones correctivas y preventivas

Si se encuentran problemas en el Sistema de Gestión Ambiental, el ingenio debe tomar medidas correctivas. También debe aplicar acciones preventivas para evitar futuros incidentes, basándose en los resultados de auditorías y evaluaciones.

m) Establecer la revisión por la dirección

La dirección del ingenio debe revisar periódicamente el desempeño del Sistema de Gestión Ambiental, considerando:

- Resultados de auditorías internas.
- Desempeño frente a las metas ambientales.
- Oportunidades para mejorar el sistema.

n) Certificación del Sistema de Gestión Ambiental

Una vez implementados los requisitos de la ISO 14001:2015, el ingenio puede buscar la certificación del sistema por parte de un organismo externo, demostrando su compromiso con la sostenibilidad ante las partes interesadas.

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

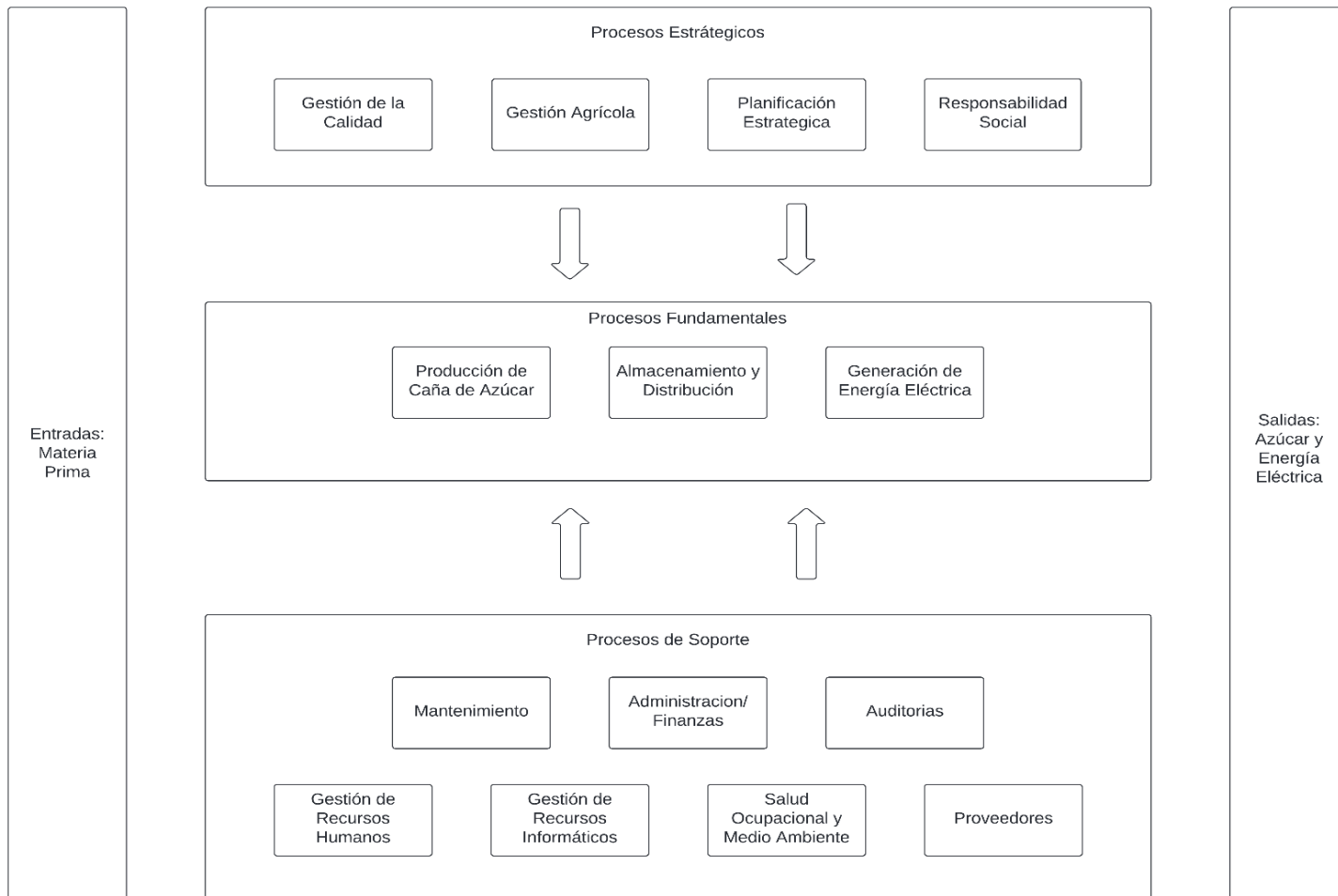
4.1. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN

Este apartado tiene como objetivo proporcionar una visión general sobre los aspectos internos y externos que influyen en el funcionamiento de la empresa. En este contexto, se analizan tanto los elementos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales que afectan a la organización, además de determinar las expectativas y necesidades de las partes interesadas. Este análisis permite entender mejor la situación actual de la organización y establecer las bases para la toma de decisiones estratégicas, garantizando que las acciones futuras estén alineadas con las necesidades del entorno y los objetivos corporativos.

4.1.1. Comprensión de la organización y su contexto

En la figura 4.1, se presenta un mapa de primer nivel del ingenio, en el cual se muestra las interrelaciones de los procesos productivos involucrados. Cabe mencionar que el Sistema de Gestión Ambiental está enfocado en la Planta de Tratamiento de agua residual de tipo especial.

Figura 4.1 Mapa de primer nivel en la industria azucarera.



Fuente: Elaboración propia.

Cuestiones externas

De acuerdo con Flat (2024), el análisis de PESTEL es “una herramienta que se utiliza para identificar las fuerzas externas a nivel macro que influyen sobre un negocio y pueden determinar su evolución, tanto en términos económicos como de reputación”. El acrónimo PESTEL se refiere a los factores que se analizan: Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales. En la tabla 4.1 se muestra el análisis de PESTEL aplicado al ingenio.

Tabla 4.1 Análisis de PESTEL aplicado al ingenio azucarero

Factor Político	Factor Económico
<ul style="list-style-type: none"> - Modificación de política fiscal en los países donde se exporta el producto final. - La ley declara de interés público la siembra, el cultivo, cosecha y comercialización de la caña de azúcar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento económico del país. - Aumento en el producto interno bruto. - Alza de precios de agroquímicos.
Factor Social	Factor Tecnológico
<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de las tierras para cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de variedades mejoradas de caña de azúcar.

- Aumento de tierras protegidas por las comunidades.	- Mejoras en la calidad de suelos y la productividad de las cosechas.
	- Maquinaria y equipo más moderno en la producción de azúcar
Factor Ecológico	Factor Legal
- Disponibilidad de recursos naturales debido al aumento del cambio climático.	- Actualizaciones en los reglamentos.
	- Aumento de salario mínimo.
	- Cambio en las leyes que regulan el precio de la caña de azúcar.

Cuestiones internas

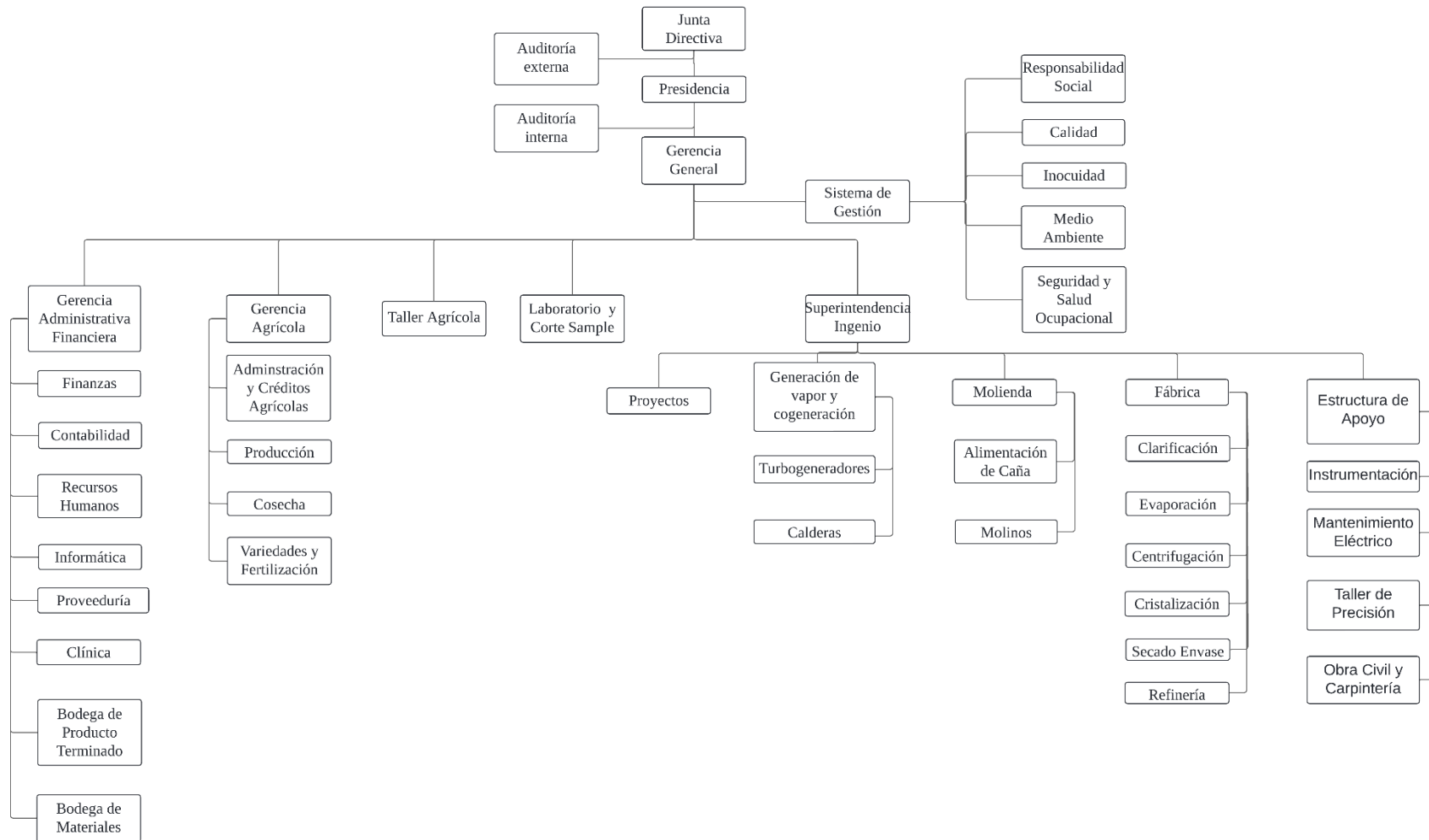
A continuación en la tabla 4.2, se analizan los factores internos que influyen en el desempeño, operación y capacidad de alcanzar los resultados previstos en el SGA.

Tabla 4.2 Factores internos

Factores internos	
- Tecnología e instalaciones	El ingenio debe de contar con tecnología avanzada para reducir significativamente impactos ambientales,

	asimismo las instalaciones deben de estar debidamente equipadas.
- Capacitación	El personal debe recibir capacitaciones en las siguientes áreas: agrícola, técnica, administrativa, sistema de gestión, salud y bienestar personal.
- Recursos financieros	El ingenio debe destinar fondos para financiar mejoras en la PTAR.
- Cultura organizacional	El ingenio, a través de su misión, visión y valores, se compromete a promover el desarrollo sostenible en el país, integrando prácticas de responsabilidad social empresarial que fomentan el bienestar de las comunidades y el cuidado del medio ambiente.
- Estructura organizativa	La organización debe de contar una estructura organizativa adecuada en la implementación del SGA. En la figura 4.2 se muestra un organigrama para el ingenio.

Figura 4.2 Organigrama del ingenio azucarero



4.1.2. *Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas*

El análisis de las necesidades y expectativas de las partes interesadas se presenta en la tabla 4.3, estableciendo como partes interesadas: empleados, clientes, comunidad local, estado, proveedores.

Tabla 4.3 Necesidades y expectativas de las partes interesadas

Parte interesada	Necesidad	Expectativa
interna		
Empleados	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente de trabajo seguro. - Oportunidad de formación y desarrollo profesional en el tratamiento de agua residual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación en prácticas sostenibles. - Participación en campañas ambientales.
externa		
Clientes	<ul style="list-style-type: none"> - Producto sostenible y respetuoso con el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Certificaciones ambientales.

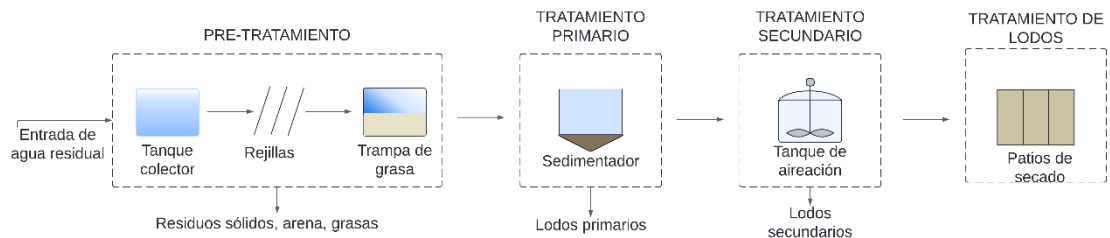
		- Practicas responsables en la producción.
		- Compensación por impactos negativos.
Comunidad local	- Protección del medio ambiente.	- Manejo adecuado de desechos. - Tratamiento de agua residual.
Estado	- Cumplimiento de normativas ambientales	- Transparencia en las acciones para mitigar el impacto ambiental. - Realización de informes de sostenibilidad.
Proveedores	- Colaboración para cumplimiento de prácticas sostenibles en la cadena de suministro	- Participación en iniciativas de sostenibilidad - Cumplimiento con los compromisos de sostenibilidad ambiental

4.1.3. Determinación del alcance del SGA

El Sistema de Gestión Ambiental establecido bajo los lineamientos de la norma ISO 14001:2015, comprende las actividades operativas realizadas en la planta de tratamiento de agua residual de tipo especial en el ingenio.

En la figura 4.3, se muestra el diagrama de distribución de la PTAR, adaptado de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2023).

Figura 4.3 Diagrama de distribución de una PTAR



4.1.4. Sistema de Gestión Ambiental

La Dirección de la empresa es responsable de establecer, mantener y asegurar el correcto funcionamiento e implantación de la Gestión Ambiental.

4.2. LIDERAZGO

4.2.1. Liderazgo y compromiso

La alta dirección debe demostrar su liderazgo y compromiso en la implementación y cumplimiento del Sistema de Gestión Ambiental. A continuación, se detallan los compromisos que debe asumir la alta dirección:

- **Rendición de cuentas:** La alta dirección es responsable de rendir cuentas acerca del progreso y eficacia del SGA. Es fundamental establecer mecanismos de rendición de cuentas que aseguren que los resultados se midan, se informen y se evalúen de manera regular.
- **Política ambiental:** Es necesario establecer y documentar una política ambiental, así como los objetivos ambientales. Esta política ambiental debe revisarse periódicamente para garantizar su cumplimiento y realizar modificaciones cuando sea necesario.
- **Asignación de recursos:** La alta dirección designará los recursos financieros y humanos para la implementación y mantenimiento del SGA.
- **Comunicación:** Es crucial que la alta dirección asegure la adecuada comunicación del SGA a todas las partes interesadas, fomentando la transparencia y el entendimiento sobre sus objetivos.
- **Liderazgo activo:** La alta dirección debe involucrarse en las actividades y promover el cumplimiento del SGA. De igual manera debe de apoyar al personal para que participe activamente en las iniciativas.
- **Monitoreo y mejora continua:** La alta dirección deberá establecer indicadores de desempeño y revisiones periódicas para evaluar la eficacia del SGA y proponer mejoras basados en los resultados obtenidos.

4.2.2. Política ambiental

La industria azucarera tiene como actividad principal la producción y distribución de azúcar. Las industrias están comprometidas con las comunidades locales y el medio ambiente, dicho compromiso se ve reflejado cuando cumplen las normativas nacionales. La política ambiental de la industria azucarera se guía por los siguientes principios:

- Cumplimiento normativo
- Concientización y capacitación
- Responsabilidad social
- Gestión de recursos
- Transparencia

Con base en lo anterior se plantea la siguiente política ambiental: “En el ingenio, somos conscientes de que nuestro proceso productivo consume recursos naturales y genera una considerable cantidad de residuos, emisiones y vertidos. Por ello, nos comprometemos a ser responsables con el medio ambiente, buscando minimizar los impactos negativos de nuestras operaciones. Nuestro enfoque de gestión ambiental incluye”:

- Cumplimiento de los requisitos legales aplicables.
- Proporcionar capacitaciones a los empleados sobre prácticas sostenibles.
- Promover el uso responsable de los recursos naturales, especialmente el agua en cada una de las etapas del proceso productivo.
- Implementación de prácticas que reduzcan la generación de efluentes.
- Gestión adecuada de tratamiento del agua residual para minimizar impacto ambiental.

- Disminuir los impactos ambientales generados durante el proceso productivo.
- Mantener contacto con las comunidades cercanas para conocer las inquietudes relacionadas con temas ambientales.
- Informar sobre prácticas y resultados ambientales anualmente.

4.2.3. Roles, responsabilidades y autoridades de la organización

La definición de roles, responsabilidades y autoridades en el ingenio es esencial para el adecuado funcionamiento del SGA. En la tabla 4.4 se detallan los roles, funciones y autoridades en la implementación del SGA.

Tabla 4.4 Roles, responsabilidades y autoridades del departamento de medio ambiente del ingenio azucarero.

Rol	Función	Autoridad
Alta dirección apoyar en el SGA	✓ Establecer la política ambiental.	Toma de decisiones estratégicas relacionadas al SGA.
	✓ Proveer recursos necesarios para el SGA.	
	✓ Asegurar la comunicación del SGA a todas las partes interesadas.	

		✓ Monitoreo del SGA e identificación de oportunidades de mejora.	
		✓ Realizar auditorías internas y revisiones del SGA.	
		✓ Elaborar informes del desempeño.	
Gerente de Medio Ambiente	Implementar y supervisar el SGA	✓ Informar a la alta dirección sobre el desarrollo y avances del SGA.	Proponer mejoras al SGA
		✓ Dar seguimiento al cumplimiento de políticas, planes y programas en el SGA	
Supervisor de Medio Ambiente	Ejecutar y supervisar el cumplimiento de prácticas ambientales	✓ Implementar procedimientos ambientales en el área de trabajo.	Tomar decisiones operativas en el área

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitar al personal sobre prácticas sostenibles. ✓ Reportar resultados al gerente de medio ambiente. 	
Operarios en la PTAR	Ayudar en el cumplimiento del SGA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cumplir con los procedimientos establecidos. ✓ Participar activamente en las capacitaciones ✓ Proponer mejoras al supervisor. 	Sugerir cambios o mejoras en el SGA
Audidores	Evaluar la eficacia del SGA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planificar y llevar a cabo auditorías internas. ✓ Realizar informe de los hallazgos y proponer recomendaciones. ✓ Verificar el cumplimiento de la normativa y procedimientos. 	Acceso a la documentación del SGA

4.3. PLANIFICACIÓN

4.3.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades

Una PTAR en la industria azucarera debe controlar los riesgos que puedan afectar el agua y los residuos que genera. Es importante asegurarse de que el agua tratada y los desechos se manejen bien para no dañar el medio ambiente y cumplir con las leyes regulatorias, como la Ley del Medio Ambiente, Ley General de Recursos Hídricos, para ello la planta puede optar por tecnologías eficientes y optimizar el uso de recursos.

4.3.1.1. Generalidades

En la PTAR de un ingenio azucarero, es importante identificar y evaluar todas las actividades que podrían impactar al medio ambiente, como el tratamiento del agua, el manejo de lodos y las emisiones de gases. Esto implica analizar como la PTAR impacta el entorno desde la captación de agua hasta la disposición de residuos, incluyendo la preparación ante posibles emergencias, como los derrames.

Se priorizan los aspectos con mayores impactos y se informará a todo el personal en la planta. Además, se documentar y mantener la información actualizada para garantizar la efectividad de las acciones implementadas y el cumplimiento de las normativas. De esta manera, se promoverá una gestión responsable de la planta, contribuyendo a la reducción de su impacto en el medio ambiente.

4.3.1.2. Aspectos ambientales

De acuerdo con la norma ISO 14001:2015 un aspecto ambiental es el elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar

con el medio ambiente, un aspecto ambiental puede causar uno o varios impactos ambientales.

A continuación, en la tabla 4.5 se detallan los aspectos ambientales con sus respectivos impactos ambientales relacionado a los procesos que se generan en la PTAR en la industria azucarera:

Tabla 4.5 Aspectos e impactos ambientales en una PTAR de un ingenio azucarero

Etapa del Proceso	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Sistema de Pretratamiento	- Generación de residuos sólidos peligrosos.	- Emisión de malos olores. - Atracción de plagas.
	- Generación de residuos sólidos.	- Bloqueo de cribas y rejillas.
	- Generación de arenas, grasas y aceites	- Acumulación de arenas, grasas y aceites.
	- Gestión de agua residual.	- Emisión de malos olores
	- Gasto energético	- Degradación de la capa de ozono

Tratamiento Primario	- Generación de lodos residuales primarios.	- Emisión de olores por descomposición. - Acumulación de sólidos en tanques.
Tratamiento Secundario (biológico)	- Generación de lodos residuales secundarios.	- Acumulación de lodos activados. - Reducción de la calidad del agua por exceso o mala recirculación de lodos
Tratamiento de lodos	- Generación y manejo de lodos	- Emisión de gases contaminantes (digestión anaerobia). - Contaminación de suelos y aguas subterráneas por acumulación de lodos.
Disposición final de efluentes tratados	- Descarga de efluentes	- Contaminación de cuerpo receptor. - Alteración del ecosistema receptor.

4.3.1.3. Requisitos legales y otros requisitos

En la tabla 4.6 se muestra los requisitos legales relacionados a los aspectos ambientales en la PTAR.

Tabla 4.6 Requisitos legales

Legislación	Aplicación	Aspectos ambientales relacionados
Ley del Medio Ambiente	- Conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.	- Generación de residuos sólidos peligrosos, generación de residuos sólidos
Ley General de Recursos Hídricos	- Regular la gestión integral del agua	- Descarga de efluentes
Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales	- Cumplimiento de criterios técnicos y requisitos que deben cumplirse para la gestión, manejo, tratamiento, uso, reúso y disposición final de aguas residuales y lodos.	- Descarga de efluentes - Generación de lodos primarios y secundarios

RTS 13.05.01:24	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de límites permisibles para los parámetros de calidad de las aguas residuales y sus lodos, previo a su disposición final. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descarga de efluentes. - Prevención a la contaminación de recursos naturales (suelo – agua)
Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> - Lograr el aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura de los residuos, 	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de residuos sólidos peligrosos.
Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> - Control de los parámetros relacionados con el manejo y buena gestión de residuos sólidos peligrosos como almacenamiento, transporte o deposición. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prevención a la contaminación de recursos naturales.
Política Energética Nacional de El Salvador 2010-2024	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar una cultura de eficiencia y ahorro energético. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gasto energético

4.3.1.4. Planificación de acciones

Las acciones en cuanto al marco regulatorio de las aguas y residuos generados por un ingenio ameritan evaluar una serie de parámetros y condiciones que ayudan evaluar las condiciones y la calidad del agua y la gestión de los lodos ambos del tipo especial.

El ingenio debe contar con medidas que cumplan con los reglamentos nacionales para validar que los procesos de tratamiento de aguas residuales del tipo especial sean ejecutados de tal manera de que los efluentes disminuyan el impacto en los ecosistemas y recursos hídricos.

En la tabla 4.7 se muestra un cuadro relacionado con el mantenimiento de infraestructura y equipos de la PTAR en la industria azucarera.

Tabla 4.7 Mantenimiento de infraestructura y equipos de la PTAR

Pregunta	Observaciones
¿En qué consiste el mantenimiento de equipo por cada etapa?	
¿Cuál es la frecuencia de mantenimiento preventivo de los equipos en cada etapa del tratamiento?	
¿Con qué frecuencia se limpian las rejillas, cribas y desarenadores?	
¿Se ha verificado que los equipos de pretratamiento estén dimensionados adecuadamente para el flujo de aguas residuales?	

¿Cómo se gestionan las fallas o el desgaste de equipos críticos?

¿Cuál es la frecuencia de mantenimiento de los sedimentadores?

¿Se realizan auditorías regulares para verificar el estado de los equipos y procesos?

¿Cómo se gestiona el mantenimiento de las bombas de lodos en el tratamiento primario y secundario?

En la tabla 4.8 se muestra un cuadro de aspectos técnicos de la PTAR en un ingenio.

Tabla 4.8 Cuadro de conocimientos elementales sobre el funcionamiento de la PTAR en la industria azucarera.

Pregunta	Registro del Ingenio.
¿Se reutiliza agua para el proceso productivo de fabricación de azúcar? ¿La calidad de esta agua es monitoreada según documentos de la MARN?	
¿Cuál es la capacidad de tratamiento de la PTAR en términos de volumen diario de aguas residuales (m ³ /día)?	

¿Cómo se gestionan los residuos sólidos capturados en el pretratamiento (rejillas, cribas, desarenadores)?

¿Cuál es la eficiencia de remoción de sólidos en el tratamiento primario (porcentaje de sólidos sedimentables y suspendidos)?

¿Se utilizan productos químicos para mejorar la sedimentación?

¿Qué tipo de procesos biológicos se utilizan en el tratamiento secundario: ¿aeróbicos, anaeróbicos o una combinación?

¿Cómo se controla la introducción de oxígeno en los tanques de aireación para asegurar una eficiencia óptima del tratamiento?

¿Cómo se gestionan los lodos generados en la planta y qué tecnologías se utilizan para el espesamiento y la digestión?

¿Cuál es el destino final de los lodos (relleno sanitario, incineración, fertilización)?

¿Se llevan a cabo programas de capacitación para el personal encargado de operar y mantener la planta?

¿Qué medidas se implementan para reducir el consumo energético de la planta?

¿Se reutiliza el agua tratada en procesos internos o para otros fines?

Si se reutiliza, ¿Su calidad es monitoreada conforme a documentos del MARN?

En la tabla 4.9 se muestra un cuadro de aseguramiento de requisitos legales sobre los lodos del tipo especial producidos.

Tabla 4.9 Aseguramiento de requisitos legales sobre los lodos del tipo especial producidos.

Aspecto del Manejo de Lodos	Requisitos	Sí	No
Caracterización de Lodos	¿Se ha realizado análisis microbiológicos y, físico-químicos y de peligrosidad según los límites máximos permisibles establecidos en el RTS 13.05.01:24?		
Transporte	¿Se utilizan vehículos autorizados y de uso exclusivo para el transporte de los residuos		

	<p>peligrosos según el reglamento especial en materia de sustancias, residuos y desecho peligrosos?</p>
Disposición Final	<p>¿La deposición final de los residuos peligrosos están en confinamiento controlados según el reglamento especial en materia de sustancias, residuos y desecho peligrosos?</p>
Almacenamiento	<p>¿Las áreas de almacenamiento de residuos sólidos están separadas de las áreas de producción, según el reglamento especial en materia de sustancias, residuos y desechos peligrosos?</p>

4.3.2. *Objetivos ambientales y planificación para lograrlos*

4.3.2.1. *Objetivos ambientales*

La industria azucarera debe ejecutar sus acciones referentes a los objetivos ambientales basados en su política ambiental que engloba los aspectos fundamentales del Sistema de Gestión Ambiental. A Continuación, se presentan los objetivos ambientales:

- Reducir el consumo de agua de manera progresiva en los próximos años.
- Disminuir la generación de lodos y mejorar la gestión de dichos lodos para agilizar la economía circular.
- Cumplir con el 100% de los parámetros del RTS 13.05.01:24 para efluentes vertidos para evitar los impactos negativos en los ecosistemas.
- Capacitar al 100% del personal internos y externos en buenas prácticas ambientales para contribuir a la economía circular.

4.3.2.2. Planificación de acciones para lograr los objetivos

La industria azucarera debe tener una planificación para lograr los objetivos ambientales en base a parámetros medibles que permitan visualizar el progreso de dichos logros.

A continuación, en la tabla 4.10 se presenta una propuesta de un programa para medir los avances de los objetivos ambientales:

Tabla 4.10 Propuesta de programa para medición de objetivos ambientales

Objetivo	Medición y seguimiento
Reducir el consumo de agua de manera progresiva en los próximos años.	El consumo de agua se medirá mensualmente y se comparará con los registros históricos para asegurar la reducción progresiva.
Disminuir la generación de lodos y mejorar la gestión de dichos lodos para agilizar la economía circular.	Se llevará un registro del volumen de lodos generados y tratados mensualmente para monitorear el progreso.
Cumplir con el 100% de los parámetros del RTS 13.05.01:24	Se realizan pruebas trimestrales de los efluentes tratados para asegurar que cumplen con los límites máximos permisibles.

Capacitar al 100% del personal en buenas prácticas ambientales para el final del próximo año	Se registrará la asistencia y la finalización de los cursos de capacitación para asegurar que todo el personal ha sido capacitado.
--	--

4.4. SOPORTE

4.4.1. Recursos

Los recursos necesarios para la implementación del SGA en la PTAR del ingenio azucarero:

Recursos Humanos:

- Personal capacitado
- Especialistas ambientales

Recursos Tecnológicos y Equipos:

- Equipos de monitoreo y medición
- Tecnología de tratamiento

Recursos Materiales:

- Suministros y materiales para la operación de la PTAR

Recursos de Infraestructura:

- Instalaciones adecuadas

4.4.2. Competencia

Determinar la competencia necesaria:

El ingenio azucarero debe identificar las habilidades y conocimientos que se requieren para cada persona que trabaja en la PTAR y que tiene un impacto directo o indirecto en el desempeño ambiental. Por ejemplo:

- Los operadores de la PTAR deben tener conocimientos sobre el proceso de tratamiento de aguas residuales, el manejo de lodos y la operación de equipos específicos.
- El personal de monitoreo ambiental debe ser competente en la medición de parámetros clave como DBO5, DQO, pH, y temperatura, además de conocer los límites legales y normativos establecidos.

Asegurarse de la competencia del personal:

La organización debe verificar que el personal cumple con la competencia necesaria, basándose en su:

- Educación: Revisar si el personal en el área correspondiente a innovación y desarrollo donde se pretende resolver problemas ha recibido educación formal en áreas relevantes como ingeniería ambiental, química, biología, etc.
- Formación: Comprobar que el personal ha recibido capacitaciones específicas sobre el funcionamiento de la PTAR, el uso de equipos de monitoreo.
- Experiencia: Evaluar la experiencia previa del personal en la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales o en funciones relacionadas con la gestión ambiental.

4.4.3. Toma de conciencia

En cuanto a la toma de conciencia la norma ISO 14001:2015 hace referencias a los siguientes pilares que tiene relacionan la política ambiental y los impactos ambientales con la población involucrada en la industria azucarera.

- **Conocimiento de la política ambiental:** Asegurarse de que todos los empleados conozcan y entiendan la política ambiental del ingenio, colocándola en lugares visibles y recordándola a través de charlas periódicas.
- **Comprensión de los aspectos ambientales significativos:** Capacitar al personal sobre cómo sus actividades afectan al medio ambiente y la importancia de un manejo adecuado de los procesos para minimizar los impactos.
- **Contribución a la eficacia del SGA:** Mostrar a los empleados cómo sus acciones individuales ayudan a cumplir con los objetivos ambientales, y reconocer a quienes aplican buenas prácticas.
- **Entender las consecuencias de no cumplir:** Informar al personal sobre las posibles sanciones y problemas que surgen al no cumplir con los requisitos ambientales, usando ejemplos reales.
- **Estrategias para implementar la toma de conciencia:** Realizar capacitaciones, usar señalización y organizar reuniones informativas para reforzar el conocimiento y la participación del personal en la gestión ambiental.

4.4.4. Comunicación

4.4.4.1. Generalidades

El ingenio azucarero debe planificar e implementar un proceso para las comunicaciones internas y externas pertinentes al Sistema de Gestión Ambiental, que incluya: qué comunicar; cuándo comunicar; a quién comunicar; cómo comunicar. Cuando planifica su proceso de comunicaciones, la organización debe: tener en cuenta sus obligaciones de cumplimiento; asegurar que la información ambiental comunicada sea coherente con la información generada dentro del Sistema de Gestión Ambiental, y que sea fiable. La organización debe responder las comunicaciones pertinentes sobre su Sistema de Gestión Ambiental. La organización debe conservar la información documentada como evidencia de sus comunicaciones, según corresponda.

4.4.4.2. Comunicación interna

Con relación al Sistema de Gestión Ambiental, el ingenio azucarero:

- **Comunicación interna:** Mantener a todos los empleados informados sobre los cambios y actualizaciones del SGA a través de reuniones, boletines y tableros de anuncios.
- **Contribución a la mejora continua:** Crear canales como buzones de sugerencias y reuniones de retroalimentación para que el personal aporte ideas que mejoran el desempeño ambiental de la PTAR.

4.4.4.3. Comunicación externa

- **Identificación de las partes interesadas externas:** Identificar quiénes necesitan recibir información sobre el desempeño ambiental de la PTAR, como autoridades, comunidades, y clientes.
- **Definir la información a comunicar:** Decidir qué información es relevante para compartir, como resultados de monitoreo, cumplimiento legal y planes de mejora ambiental.
- **Establecer canales de comunicación externa:** Utilizar medios como informes anuales, reuniones comunitarias y publicaciones en línea para compartir la información ambiental.

4.4.5. Información documentada

4.4.5.1. Generalidades

En el Sistema de Gestión Ambiental el ingenio azucarero debe incluir:

- a) la información documentada requerida por esta Norma Internacional;
- b) la información documentada que la organización ha determinado que es necesaria para la eficacia del Sistema de Gestión Ambiental.

El alcance de la información documentada para un Sistema de Gestión Ambiental puede ser diferente de una organización a otra, debido a: el tamaño de la organización y a su tipo de actividades, procesos, productos y servicios; la complejidad de los procesos y sus interacciones, y la competencia de las personas.

4.4.5.2. Creación y actualización

El ingenio azucarero, parte de su implementación de un SGA en su planta de tratamiento de aguas residuales debe cumplir los siguientes aspectos:

- **Identificación y descripción:** Asegurar que todos los documentos tengan un título, fecha, autor y número de referencia claros.
- **Formato y medios de soporte:** Definir un formato coherente para la información en papel o digital y asegurar que sea accesible para quienes la necesiten.
- **Revisión y aprobación:** Implementar un proceso donde toda la documentación sea revisada y aprobada por personal competente antes de su uso.

4.4.5.3. Control de la información documentada

La información perteneciente al SGA por parte del ingenio, debe tener un especial cuidado con la documentación que respalda los estándares de calidad y debe cumplir los siguientes aspectos:

- **Disponibilidad y adecuación:** Asegurar que los documentos importantes estén actualizados y accesibles para el personal que los necesite en la PTAR.
- **Protección de la información:** Proteger los documentos contra pérdida o uso no autorizado, utilizando archivadores cerrados para documentos impresos y contraseñas para archivos digitales.
- **Control de actividades de la información:** Definir quién puede acceder, almacenar, y modificar los documentos, usando control de versiones y planes de retención para mantenerlos actualizados y eliminar los obsoletos de manera segura.

- **Control de información externa:** Identificar y gestionar los documentos externos necesarios para la operación de la PTAR, asegurando que estén disponibles y actualizados para el personal.

4.5. OPERACIÓN

4.5.1. *Planificación y control operacional*

El principal objetivo de este apartado es definir los criterios operacionales asociados a los procesos del ingenio azucarero donde se aplica el Sistema de Gestión Ambiental. Esto garantizará el cumplimiento de los requisitos ambientales, incluyendo la correcta operación y mantenimiento de instalaciones, procesos, sistemas y equipos. Los criterios establecidos aseguran una gestión eficaz, minimizando el impacto ambiental y promoviendo la sostenibilidad en todas las etapas de la operación.

Chávez A. y Muños M. (2015) proponen una matriz que contiene las medidas a tomar en cuenta para controlar los aspectos ambientales significativos, dicha matriz es completada por el grupo de trabajo especializado en materia ambiental, empleando lo siguiente:

- a) **Identificación de la actividad crítica:** Se identifican aquellas actividades que producen o pueden producir algún impacto ambiental significativo.
- b) **Determinación de la característica clave:** Se establecen uno o varios parámetros medibles que se deben cumplir para evitar la ocurrencia de un impacto ambiental significativo.
- c) **Establecimiento del criterio operacional:** Se especifican los valores de actuación (variables, condiciones de operación, frecuencias, etc.) que sirven para monitorear las características claves.

d) **Identificación de puesto clave:** Se identifican aquellos puestos relacionados con las actividades críticas.

e) **Reconocimiento de los documentos y registros relacionados:** Se identifica el procedimiento, instructivo, registro, cartilla o cualquier otro documento relacionado con el control operacional que se realiza a las actividades críticas, así como a los registros que resulten del monitoreo de las características claves.

A continuación, en la tabla 4.11 se plantean algunos criterios para poder evaluar el control de algunas actividades que se realizan en la PTAR.

Tabla 4.11 Criterios de evaluación de control operacional

Criterios de evaluación operacional	Si	No
¿Los materiales/insumos cumplen con los requisitos/parámetros especificados en el certificado de calidad?		
¿Se comparó el tiempo que tarda en biodegradarse el material de empaque de las materias primas con otras alternativas? Tomando en cuenta su costo y tiempo de entrega		
¿Se evalúa si los proveedores cuentan con un SGA?		
¿Se lleva un control escrito de los parámetros de calidad analizados en los puntos de muestreo establecidos?		

¿Se tiene la documentación archivada de forma ordenada, que podrían solicitar instituciones como el MARN y la ASA?

¿Se calculó el requerimiento de insumos consumibles por mes para la operación de la PTAR?

¿Se hace un uso eficiente de reactivos químicos como coagulantes y floculantes? Esto implica llevar un control de lo comprado y lo gastado

¿Se lleva un registro escrito de los mantenimientos realizados a los equipos de la PTAR?

4.5.2. Preparación y respuesta ante emergencias

La norma ISO 14001:2015 establece que las organizaciones deben planificar y estar preparadas para responder eficazmente a emergencias ambientales, con el fin de prevenir o mitigar los impactos ambientales negativos derivados de estas situaciones. Esto incluye la identificación de posibles emergencias, la implementación de planes de acción y la capacitación del personal para responder adecuadamente a tales eventos.

Se puede definir una emergencia ambiental como un evento o suceso grave que surge debido a factores naturales o como consecuencia de riesgos y procesos peligrosos para el ambiente. El ingenio azucarero, al manejar operaciones complejas y generar subproductos contaminantes, debe estar preparado para enfrentar emergencias

ambientales que puedan surgir durante el procesamiento de la caña de azúcar o el tratamiento de aguas residuales en su PTAR. Estas emergencias podrían incluir:

- Derrames de productos químicos utilizados en el proceso de clarificación.
- Fugas de combustibles o lubricantes de maquinaria.
- Incendios en áreas de almacenamiento de bagazo u otros materiales.
- Fallos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales que provoquen el vertido de efluentes no tratados al medio ambiente.

Capacitación: El personal del ingenio debe recibir capacitación periódica sobre los planes de respuesta ante emergencias, asegurando que sepan cómo actuar de manera rápida y efectiva. A fin de comprobar periódicamente la eficacia de los planes de contingencia el personal al frente del SGA propondrá la cantidad y tipo de simulacros a realizarse durante el año. En base a esta información, las dependencias deberán elaborar su “Programa Anual de Simulacros”

4.6. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

4.6.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación

En una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es muy importante llevar a cabo un seguimiento y medición sistemática de los aspectos ambientales más significativos, como la calidad del agua tratada, el consumo energético y la generación de residuos (peligros y no peligrosos). El objetivo de esto es asegurar que las operaciones no solo cumplen con las normativas ambientales, sino que también se mejoran continuamente para reducir su impacto en el entorno. El ingenio azucarero debe implementar las siguientes acciones:

Determinación de los parámetros clave a medir: Los aspectos ambientales que son críticos de acuerdo a la naturaleza del proceso productivo y que deben ser monitorizados se detalla a continuación:

- Calidad del efluente tratado:

Parámetros básicos: DBO₅, DQO, aceites y grasas, pH, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, temperatura y caudal.

Parámetros específicos: Fosforo total, Nitrógeno total, SAAM, Sulfitos y Turbiedad para industrias de fabricación de azúcar.

- Consumo energético: Seguimiento de la energía consumida durante el proceso de tratamiento.
- Generación y disposición de lodos: Volumen de lodos generados y su método de disposición o tratamiento.
- Costo por metro cúbico de agua tratada: Es un indicador clave para evaluar la viabilidad económica y la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales. Este costo incluye diversos factores que deben ser considerados para garantizar que el proyecto sea sostenible a largo plazo, como, por ejemplo, inversión inicial, costos de operación y mantenimiento, remodelaciones o inversiones en nuevas tecnologías.

Establecimiento de métodos de seguimiento y medición: Se deben establecer métodos adecuados para el seguimiento y medición de estos parámetros, que sean fiables y representativos del desempeño ambiental. Esto incluye:

- Uso de instrumentos de medición calibrados para el análisis del efluente y otras variables.
- Registro regular de datos y control de las mediciones en puntos estratégicos de la planta.
- Procedimientos para la recolección de muestras, con la periodicidad adecuada según las normativas y los objetivos internos.

Cumplimiento de requisitos legales y otros: La organización debe garantizar que el seguimiento y medición cubra los requisitos establecidos por la legislación ambiental salvadoreña aplicable, así como cualquier otro compromiso adquirido por el ingenio. Esto implica:

- Verificar que los límites de emisión de contaminantes establecidos por la normativa local o nacional se cumplen de manera continua.
- Revisar los contratos o acuerdos con partes interesadas que incluyan compromisos ambientales adicionales.

4.6.1.1. Generalidades

El ingenio debe llevar a cabo el seguimiento y la medición de los aspectos ambientales significativos para asegurarse de que el Sistema de Gestión Ambiental cumple con los requisitos de desempeño esperados.

Frecuencia de mediciones: Se deben definir los intervalos de tiempo para realizar las mediciones de los parámetros señalados anteriormente. Las tablas 2.3 y 2.4 muestran la

frecuencia mínima de muestreo de parámetros básicos y específicos respectivamente de aguas residuales de tipo especial según el RTS 13.05.01:24.

4.6.1.2. Evaluación del cumplimiento

En un ingenio azucarero la evaluación del cumplimiento ambiental es esencial, dado el potencial impacto de sus actividades, como el tratamiento de aguas residuales, las emisiones atmosféricas y la gestión de residuos sólidos. La aplicación de este punto debe incluir los siguientes aspectos:

Evaluación periódica del cumplimiento: El ingenio debe establecer un cronograma regular para evaluar su cumplimiento con las normativas y compromisos ambientales.

Esto puede incluir:

- Revisiones internas sobre el desempeño de la PTAR para asegurarse de que los efluentes cumplen con los parámetros establecidos por la legislación y estándares internos.
- Auditorías externas para validar la conformidad con las normativas sobre emisiones atmosféricas o gestión de residuos sólidos.
- Evaluación de la disposición final de residuos, asegurando que se manejen conforme a las leyes locales y sin generar contaminación.

Métodos de evaluación: La organización debe emplear métodos sistemáticos para la evaluación del cumplimiento, como auditorías internas, inspecciones regulares y revisiones documentales. En el caso del ingenio azucarero, estos métodos pueden incluir:

- Monitoreo constante de la calidad del agua tratada para verificar su conformidad con los límites de emisión.
- Inspecciones en las zonas de almacenamiento y disposición de residuos sólidos.
- Evaluación de las emisiones atmosféricas generadas por las calderas y otros equipos industriales.

Acciones correctivas y preventivas: Si se identifica algún incumplimiento, es esencial que el ingenio tome acciones correctivas inmediatas para solucionar las desviaciones. Estas pueden incluir la modificación de procesos operativos, la capacitación del personal, o la actualización de los equipos de control de emisiones o tratamiento de aguas. Asimismo, la organización debe implementar acciones preventivas para evitar que los incumplimientos se repitan.

Documentación y trazabilidad: Todos los resultados de las evaluaciones de cumplimiento deben ser documentados de manera adecuada para garantizar la trazabilidad y demostrar a las autoridades competentes que el ingenio está cumpliendo con los requisitos ambientales. La documentación debe incluir:

- Los resultados de las auditorías o evaluaciones.
- Las acciones correctivas y preventivas tomadas.
- Los registros de las inspecciones realizadas y los informes presentados a la alta dirección.

4.6.2. Auditoría interna

4.6.2.1. Generalidades

El ingenio debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para verificar que el Sistema de Gestión Ambiental está conforme con los requisitos de la norma y con las disposiciones de la propia organización, así como para evaluar su correcta implementación y mantenimiento. El objetivo es identificar no conformidades, detectar oportunidades de mejora y garantizar la mejora continua del SGA.

4.6.2.2. Programa de auditoría interna

El programa de auditoría interna del ingenio debe estar basado en la criticidad de los procesos ambientales y en los riesgos asociados. La planificación debe establecer:

Frecuencia de las auditorías: la cual debe basarse en el nivel de riesgo ambiental de cada proceso. Por ejemplo, para la PTAR, las auditorías pueden ser más frecuentes debido a la sensibilidad de los efluentes tratados.

Definir los ámbitos y los criterios de auditoría. En un ingenio azucarero, los criterios pueden estar relacionados con el control de los efluentes, la gestión de emisiones atmosféricas, la disposición de residuos y el uso de energía.

Asignar auditores calificados e imparciales que posean las competencias necesarias para evaluar adecuadamente el desempeño ambiental del ingenio.

En el anexo 1 (IA-PRO01) se presenta un formato para la realización de auditorías internas.

4.6.3. Revisión por la dirección

La revisión por la dirección es clave para mantener el compromiso hacia la sostenibilidad y la mejora continua del SGA. A través de esta revisión, la alta dirección puede evaluar si el sistema está cumpliendo con los requisitos de la normativa ambiental, los objetivos corporativos y los compromisos adquiridos con las partes interesadas.

Frecuencia de la revisión: La revisión por la dirección debe llevarse a cabo en intervalos planificados, como mínimo una vez al año o más frecuentemente, dependiendo de los resultados de auditorías, cambios normativos o incidentes ambientales que puedan haber ocurrido.

Entradas de la revisión: La alta dirección debe tener en cuenta una serie de entradas clave para evaluar el desempeño del SGA y su adecuación, tales como:

- Resultados de auditorías internas y externas: Esto incluye auditorías ambientales, revisiones de cumplimiento y cualquier otro tipo de inspección realizada en el ingenio o en la PTAR.
- Cumplimiento con los objetivos ambientales: La revisión debe evaluar si el ingenio está alcanzando los objetivos y metas ambientales que ha establecido, como la reducción de emisiones, el tratamiento eficiente del agua residual y la gestión adecuada de residuos.
- Desempeño ambiental general: Se deben considerar indicadores clave como el consumo de energía, la calidad del agua tratada, las emisiones de gases y la generación de residuos.

- Estado de las acciones correctivas y preventivas: Es fundamental revisar el progreso en la implementación de las acciones correctivas y preventivas derivadas de auditorías anteriores o incidentes ambientales.
- Cambios en los requisitos legales y normativos: La alta dirección debe estar al tanto de cualquier modificación en las normativas ambientales que afecten al ingenio, y evaluar si el SGA está adaptado para cumplir con estos cambios.
- Quejas de las partes interesadas: Las inquietudes de comunidades locales, empleados, autoridades reguladoras o clientes en relación con los aspectos ambientales deben ser consideradas.
- Oportunidades de mejora: A través del análisis de los datos y los resultados, deben identificarse nuevas oportunidades para mejorar el desempeño ambiental y la eficiencia operativa.

Salidas de la revisión: Como resultado de la revisión, la alta dirección debe generar acciones estratégicas para asegurar que el SGA sigue siendo eficaz. Las salidas pueden incluir:

- Decisiones sobre mejoras del SGA, como la actualización de los procedimientos operativos de la PTAR o la implementación de tecnologías más limpias.
- Reajuste de los objetivos y metas ambientales, alineándolos con los resultados de la revisión y con los cambios en las condiciones internas o externas.

- Asignación de recursos adicionales para mejorar el desempeño ambiental, como la capacitación del personal en temas ambientales o la adquisición de nuevos equipos para optimizar el tratamiento de aguas.
- Planificación de futuras auditorías internas o externas para asegurar el seguimiento adecuado de los resultados.

4.7. MEJORA

4.7.1. Generalidades

El ingenio debe de implementar mejoras en el Sistema de Gestión Ambiental, esto se llevará a cabo después de analizar los resultados obtenidos del desempeño ambiental, evaluación del cumplimiento, auditorías internas, revisión por la dirección.

La mejora incluye la implementación de acciones correctivas y mejora continua; las acciones correctivas fomentaran la reducción de impactos negativos y la mejora continua garantizará un compromiso de todas las partes interesadas debido a que participaran activamente en las iniciativas.

4.7.2. No conformidad y acción correctiva

Durante la implementación del SGA el ingenio puede detectar no conformidades, en ese caso se estará en la capacidad de considerar las siguientes decisiones:

- Reaccionar ante la no conformidad: al determinar una no conformidad se deberá de implementar un plan de acción para controlar la inconformidad y para mitigar sus efectos, en el documento IA-INF03 se muestra el informe de no conformidad que deberá llenarse.

- Determinar la necesidad de eliminar la o las causas que inciden sobre la no conformidad: el supervisor deberá ir al área donde ocurrió la no conformidad para realizar un análisis de las causas que pudieron generar la no conformidad, de ser posible se tomara fotos para tener respaldo de lo ocurrido.
- Implementar acciones correctivas: es esencial implementar dichas acciones debido a que se estará evitando la ocurrencia de esa no conformidad.

4.7.3. Mejora continua

El ingenio debe enfocarse en la mejora continua de su Sistema de Gestión Ambiental, por lo que es fundamental identificar las acciones necesarias para lograr este objetivo. Es importante que el ingenio recoja y analice datos de manera sistemática, implementando medidas que garanticen su adaptación a los cambios y el cumplimiento de los requisitos del SGA. Esta mejora continua será clave para asegurar el éxito a largo plazo del Sistema de Gestión Ambiental.

5. CONCLUSIONES

- Se elaboró un Sistema de Gestión Ambiental en una planta de tratamiento de agua residual de tipo especial en la industria azucarera según la norma ISO 14001:2015, la cual permite identificar, prevenir y gestionar riesgos ambientales, reducir el impacto ambiental por las actividades realizadas, optimizar el uso de recursos naturales, cumplir con la legislación vigente, el estudio permitió identificar los parámetros básicos y específicos establecidos en el Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales y los respectivos límites máximos permisibles que se detallan en el Reglamento Técnico Salvadoreño: Agua. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de Lodos Residuales.
- Se diseñó un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), sin embargo, no se ha llevado a cabo la implementación de las medidas propuestas. En consecuencia, los beneficios esperados, como la mejora en la eficiencia operativa, el cumplimiento de las normativas vigentes, dependerán directamente de la ejecución efectiva de las actividades y acciones planteadas en el SGA. Solo a través de la implementación real y el seguimiento continuo de las actividades planificadas, se podrán evaluar los resultados. Por lo tanto, el éxito del sistema está condicionado al compromiso y la participación activa de todos los involucrados en su puesta en marcha y funcionamiento.
- Se establecieron los posibles aspectos ambientales y sus respectivos impactos ambientales en cada una de las etapas del tratamiento del agua residual además de relacionar cada uno de aspectos ambientales con la legislación vigente.

- Se desarrolló un sistema de planificación para lograr los objetivos ambientales que van de la mano con la meta de optimizar los recursos y la involucración de todas partes interesadas que permita una gestión del tratamiento de aguas residuales de tipo especial más sostenible.
- Se integró un seguimiento a las actividades más críticas dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales del tipo especial de un ingenio azucarero a través del desarrollo de procedimientos de las diferentes áreas involucradas que velen no solo por el óptimo tratamiento de aguas residuales, sino que también velen por la seguridad de la parte operativa de la PTAR.
- No fue posible acceder a información específica de un ingenio particular en El Salvador debido a las políticas de confidencialidad implementadas por estas empresas y a la limitada disponibilidad de información pública. Documentos relevantes como estudios de impacto ambiental, permisos ambientales y sus respectivos dictámenes técnicos, que deberían estar accesibles en los sitios web del Ministerio de Medio Ambiente, no se encuentran disponibles. Esta falta de información impidió proponer medidas de optimización y mejora para un proceso determinado de tratamiento de aguas residuales en la industria azucarera.

6. RECOMENDACIONES

- Adaptar el análisis de parámetros fisicoquímicos del agua tratada al nuevo Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13:05.01:24).
- Dar un seguimiento exhaustivo al diseño e implementación de un procedimiento formal de mantenimiento preventivo y correctivo para la planta de tratamiento de aguas residuales de tipo especial dentro del ingenio azucarero que garantice el óptimo funcionamiento de los equipos en cada etapa de proceso de tratamiento.
- Desarrollar e implementar un plan de gestión integral de los residuos sólidos y lodos generados en el proceso de tratamiento, promoviendo su valorización y minimizando su disposición final en vertederos.
- Establecer un programa de auditorías internas periódicas para evaluar la eficiencia operativa de la PTAR, garantizar la correcta implementación de los procedimientos del SGA y asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, con el fin de identificar oportunidades de mejora y optimizar el desempeño ambiental de la planta.
- Asegurar la integración de criterios de sostenibilidad en el proceso de adquisición de insumos y equipos para la PTAR, priorizando a proveedores que empleen materiales ecológicos y ofrezcan soluciones que reduzcan el impacto ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarenga Hernández, Henríquez Pereira y Romero Yan (2021). *Desarrollo del sector azucarero en el salvador: aumento de la producción, exportación e incursión en nuevos mercados*. [Trabajo de graduación, Ingeniería Química, Universidad de El Salvador]. Repositorio de tesis de Universidad de El Salvador.

<https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/24774/>

Amaya Zometa ,E.C; Flores Ayala, D.M ; Rivas Rivas , N.J ; Rodríguez Rivas, R. E (2017). *Responsabilidad Social Empresarial, como un elemento generador de valor económico y de mercado en la cadena de producción y comercialización de Ingenio El Ángel, S. A de C.V en el año 2015*. [Trabajo de graduación, Ingeniería Química, Universidad de El Salvador]. Repositorio de tesis de Universidad de El Salvador

<https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/13178/1/TESIS%20RSE%20FINAL%202015-2016%20%282017%29.pdf>

Azúcar de El Salvador (2016-a). *¿Cómo se hace?* <https://azucardeelsalvador.com/video-como-se-hace-el-azucar/>

Azúcar de El Salvador (2016-b). *Estadística de la zafra (1999-2015)*. https://azucardeelsalvador.com/wp-content/uploads/2016/06/Estadisticas_periodo_2009_2015.pdf

Azúcar de El Salvador (2016-c). *Impactos Económicos*. <https://azucardeelsalvador.com/impactos-economicos/>

Azúcar de El Salvador (2016-d). *Hacia los mercados globales del azúcar*. <https://azucardeelsalvador.com/hacia-los-mercados-globales-del-azucar/>

Belzona Inc. (2010). *Tratamiento de aguas residuales*. [money_map.pdf \(belzona.com\)](http://money_map.pdf(belzona.com))

Castro, B; Cuadra, O (2017). *Elaboración de un manual 5s's para las áreas de centrifuga, tornillo sin fin, secadora, cangilones, silos, sala de envasado, laboratorio de fábrica y laboratorio de control de calidad de la caña pertenecientes Al Ingenio Central Azucarero Jiboa S.A. San Vicente*. [Ejercicio profesional supervisado. Departamento de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador]. Repositorio de tesis de Universidad de El Salvador <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/57bfe15c-8226-4441-972b-50775ea8ce1a/content>

Cely Calixto N. J., Bonilla Granados C. A. y Carrillo Soto (2022). *Tratamientos de aguas residuales*. - 1a ed. -- San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander; Bogotá: Ecoe Ediciones.

Chávez Contoguriz A. J. y Muñoz Chicoma M. K. (2015). *Propuesta para la implementación de un sistema de gestión ambiental basado en la norma iso 14001:2004 para la empresa Cartavio*. [Trabajo de graduación, Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio de tesis de Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/78f93731-5d85-4958-a947-8de95948af76/content>

Compañía Azucarera Salvadoreña (CASSA). (s.f). <https://www.grupocassa.com/energia/>

Comisión Nacional del Agua. México (s.f.). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: pretratamiento y tratamiento primario*. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro46.pdf>

Cuéntanos El Salvador (2023). *Sustentabilidad del medio ambiente*. <https://elsalvador.cuentanos.org/es/articles/10955040554013>

De Lemos Chernicharo, C. A. (2007). *Anaerobic Reactors*. IWA Publishing.

ESERP. (2024). *Análisis PESTEL de una empresa: qué es y cómo hacerlo*. <https://es.eserp.com/articulos/que-es-analisis-pestel/>

Farias de Márquez, B. E. (2018). *Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo I)*. iAqua. <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>

FUNDAZUCAR (2017-a). *Agroindustria azucarera: Pilar para el desarrollo socioeconómico de El Salvador*. <https://fundazucarelsalvador.com/agroindustria-azucarera-pilar-para-el-desarrollo-socioeconomico-de-el-salvador/>

FUNDAZUCAR (2017-b). *El éxito de las empresas depende de la sostenibilidad*. <https://fundazucarelsalvador.com/el-exito-de-las-empresas-depende-de-la-sostenibilidad/>

González, Jorge (2024). *Estos son 20 datos desconocidos sobre la caña de azúcar*. https://www.linkedin.com/posts/jorge-gonz%C3%A1lez-62386218a-estos-son-20-datos-desconocidos-sobre-la-activity-7223071969380839425-4_Pn/?originalSubdomain=es

Grupo El Ángel. (s.f) *Nuestra cultura*. <https://www.ingenioelangel.com/sv/nuestracultura/>

Grupo ESG Innova (2023). *¿Qué es un Sistema de Gestión Ambiental? - Nueva ISO 14001*. <https://www.nueva-iso-14001.com/2023/10/que-es-un-sistema-de-gestion-ambiental/>

Guy Sela. Consultor (2021). *El proceso de lodos activados* | Cropaia. <https://cropaia.com/es/blog/lodos-activados/>

Henze, M., van Loosdrecht, M., Ekama, G., & Brdjanovic, D. (2008). *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*. IWA Publishing.

Herrera Consultores (s.f.). *Cuestionario para realización de auditoría interna de un sistema de gestión ambiental. Norma ISO1 14001:2015*. www.hederaconsultores.blogspot.com

Ingenio la Cabaña (s.f). *Nuestra historia*. <https://www.ilcabana.net/nuestra-historia/>

Ingenio La Magdalena (s.f). *Historia*. <https://www.ilm.com.sv/es/historia/>

Kantan Software. (2023). *La sostenibilidad: Razones para implementar un SGA*. <https://www.kantansoftware.com/blog/la-importancia-de-la-sostenibilidad-4-razones-para-implementar-un-sistema-de-gestion-ambiental/>

Ley del Medio Ambiente. (2012). *Ley del Medio Ambiente*. Recuperado del Ministerio de Medio Ambiente.

Ley General de Recursos Hídricos. (2021). *Ley General de Recursos Hídricos*. Departamento de Documentación Judicial. <https://www.asa.gob.sv/ley-del-agua/>

Lorente, L. G. (2023). *Cómo calcular el PIB: Tres métodos*. <https://www.bbva.com/es/economia-y-finanzas/tres-metodos-calcular-pib/>

Mara, D. (2004). Domestic wastewater treatment in developing countries. UK-USA: Earthscan

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Dirección general de evaluación de cumplimiento (2019). *Guía técnica para la evaluación de impacto ambiental de aguas residuales*.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Dirección General de Evaluación y Cumplimiento Ambiental (2023). *Resolución MARN UAIP- 2023-00124*

Martínez, E., & Jiménez, B. (2011). *Tratamiento de aguas residuales para la protección ambiental*. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 10(2), 123-132.

Mendoza Servellón, Cristian Alexander (2023). *Evaluación de diferentes edades de corte y su efecto como semilla asexual en caña de azúcar (Saccharum officinarum) variedad CP73-1547, en la Hacienda El Porfiado, Caserío San Francisco El Porfiado, Santiago Nonualco, La Paz*. [Trabajo de graduación, Ingeniería Agronómica, Universidad de El Salvador]. Repositorio de tesis de Universidad de El Salvador <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/046265cb-bc19-4a78-b4b6-091afef66a59/content>

Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. McGraw-Hill.

Mira, E. (2019). *Agroindustria del azúcar: un análisis de sus efectos económicos, sociales y ambientales en el salvador*. <https://sv.boell.org/sites/default/files/2020-04/DOCUMENTOFINALESTUDIOCANADEAZUCAR.pdf>

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2015). ISO 14001:2015 - Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Ginebra, Suiza: ISO.

Picón, P. (2015). *EDAR – Clarificadores*. Ingenieros Químicos. <https://ingenierosquimicos.wordpress.com/2015/08/02/edar-clarificadores/>

QUIMA (2019). *TRAMPAS DE GRASA: Todo lo que tienes que saber sobre las trampas de grasa*. <https://quima.com/blogs/blog/tu-trampa-de-grasa-no-da-su-100-como-darle-mantenimiento-a-mi-trampa-de-grasa>

Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente. (1998). Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente.

RTS 13.05.01:24 (2024), “Agua. Aguas residuales. Parámetros de calidad de aguas residuales para descarga y manejo de lodos residuales.” Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica. El Salvador.

Sandoval Peñate, Rodrigo Alejandro (2023). *Estudio de la calidad de aguas dentro del proceso de producción de azúcar en un ingenio azucarero*. [Trabajo de graduación, Ingeniería Química, Universidad de El Salvador]. Repositorio de tesis de Universidad de El Salvador <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/201c4ade-fb56-4503-a31d-a68e25571c72/content>

Suministros especializados para potabilización y tratamiento de aguas residuales (2020). *Tratamiento Primario y Secundario de Aguas Residuales*. <https://septar.com.mx/index.php/tratamiento-primario-y-secundario-de-aguas-residuales/>

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill.

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, R. S. Y. C. (s.f.). *Tecnologías de pretratamiento*. SSWM - Find Tools for Sustainable Sanitation and Water

Management!. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento-del-sistema/tratamiento-semi/tecnolog%C3%ADas-de-pretratamiento>

Valdivielso, A. (2024). *¿Qué es un tratamiento terciario de aguas residuales?* iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-tratamiento-terciario-aguas-residuales>

Valera, K., (2016). *Caracterización de las aguas residuales de la industria azucarera Tres Valles, en Honduras*. [Proyecto especial de graduación, Ingeniería en Ambiente y Desarrollo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Repositorio de tesis de Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.


<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/051b1961-9aae-44a8-8fbe-d37c58af4c3a/content>

ANEXOS

INDUSTRIA AZUCARERA




MANUAL DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL


		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 24

INDICE

0.	INTRODUCCIÓN	4
1.	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	5
2.	NORMAS PARA CONSULTA	5
3.	TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	5
4.	CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN.....	6
4.1.	Conocimiento de la organización y de su contexto	6
4.2.	Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	6
4.3.	Determinación del alcance del sistema de gestión ambiental	6
4.4.	Sistema de gestión ambiental.....	7
5.	LIDERAZGO.....	7
5.1.	Liderazgo y compromiso	7
5.2.	Política ambiental.....	8
5.3.	Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	8
6.	PLANIFICACIÓN.....	8
6.1.	Acciones para tratar riesgos asociados con amenazas y oportunidades	8
6.1.1.	Generalidades.....	9
6.1.2.	Aspectos ambientales significativos	9
6.1.3.	Requisitos legales y otros requisitos	9
6.1.4.	Planificación de acciones.....	10
6.2.	Objetivos ambientales y planificación para lograrlos.....	10
6.2.1.	Objetivos ambientales.....	10

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 24

6.2.2.	Planificación de acciones para cumplir los objetivos ambientales	11
7.	APOYO.....	11
7.1.	Recursos	11
7.2.	Competencia	12
7.3.	Toma de conciencia	13
7.4.	Comunicación	14
7.4.1.	Generalidades.....	14
7.4.2.	Comunicación interna	15
7.4.3.	Comunicación externa	15
7.5.	Información documentada	16
7.5.1.	Generalidades.....	16
7.5.2.	Creación y actualización	16
7.5.3.	Control de la información documentada.....	17
8.	OPERACIÓN.....	17
8.1.	Planificación y control operacional	17
8.2.	Preparación y respuesta ante emergencias	19
9.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO.....	20
9.1.	Seguimiento, medición, análisis y evaluación	20
9.1.1.	Generalidades.....	21
9.1.2.	Evaluación del cumplimiento	21
9.2.	Auditoría interna	22
9.3.	Revisión de la dirección.....	22
10.	MEJORA.....	23

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 24

10.1. Generalidades.....	23
10.2. No conformidades y acciones correctivas.....	23
10.3. Mejora continua	24

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 4 de 24


INTRODUCCIÓN

La industria azucarera reconoce su compromiso con la protección del medio ambiente y la promoción de prácticas responsables en el manejo de sus operaciones, entendiendo la importancia de minimizar los impactos ambientales y fomentar el desarrollo sostenible. Con este objetivo, se establece un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) basado en los estándares de la norma ISO 14001:2015.

La organización busca implementar y adoptar directrices institucionales que permitan reducir los impactos ambientales asociados con la producción de azúcar, mediante la mejora continua de procesos, el uso eficiente de los recursos y el cumplimiento de los requisitos legales aplicables.

Algunos de los beneficios que esperamos alcanzar incluyen:

- Evaluación de procesos para minimizar impactos negativos en el medio ambiente.
- Cumplimiento normativo de la legislación ambiental vigente, fortaleciendo nuestra reputación como industria responsable.
- Reducción de residuos: Implementamos estrategias para minimizar la generación de desechos y descargas líquidas.
- Optimización en el consumo de recursos naturales.
- Evaluación y actualización regular de los objetivos ambientales para adaptarnos a nuevos desafíos y oportunidades.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 5 de 24

En la industria azucarera, estamos comprometidos con el cuidado del medio ambiente y el uso responsable de los recursos. Nos enorgullece trabajar hacia un modelo de operación sostenible, estableciendo nuevos estándares en nuestro sector y generando beneficios tanto para nuestro negocio como para el planeta.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN


El manual de implementación del SGA basado en la norma ISO 14001:2015 establece los requisitos necesarios para que la organización mejore su desempeño ambiental, cumpla con los requisitos legales y otros requisitos aplicables, y logre sus metas y objetivos ambientales. A través de la implementación de este sistema, la empresa azucarera busca generar un valor significativo para el medio ambiente, optimizar el uso de recursos naturales, reducir impactos negativos y contribuir al desarrollo sostenible de la organización y todas las partes interesadas involucradas.

NORMAS PARA CONSULTA

La empresa azucarera ha establecido un SGA basado en la norma ISO 14001:2015.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Los términos y definiciones se encuentran en **IA-GLO01**.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 6 de 24

CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN

4.1. Conocimiento de la organización y de su contexto

La empresa azucarera debe determinar cuáles son las cuestiones tanto internas como externas que pueden afectar la capacidad de alcanzar los objetivos propuestos.

Las cuestiones externas incluyen los siguientes factores: políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos, legales, detallados a partir del análisis PESTEL en la tabla 4.1


Las cuestiones internas han sido detalladas en tabla 4.2

4.2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

El ingenio debe identificar las partes interesadas o grupos de interés que son afectados por el desempeño ambiental de la organización, y determinar cuáles son las expectativas y necesidades, esto se puede evidenciar en la tabla 4.3

4.3. Determinación del alcance del sistema de gestión ambiental

El Sistema de Gestión Ambiental del ingenio establecido bajo los lineamientos de la norma ISO 14001:2015, comprende las actividades operativas realizadas en la planta de tratamiento de agua residual de tipo especial en el ingenio.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 7 de 24

4.4. Sistema de gestión ambiental


El ingenio debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente su Sistema de Gestión Ambiental (SGA), lo que permitirá optimizar su desempeño ambiental y cumplir con los requisitos establecidos por la norma.

LIDERAZGO

5.1. Liderazgo y compromiso

La alta dirección debe demostrar su liderazgo y compromiso en la implementación y cumplimiento del Sistema de Gestión Ambiental. A continuación, se detallan los compromisos que debe asumir la alta dirección:

- **Asignación de recursos:** Garantizando los recursos financieros y humanos necesarios.
- **Comunicación:** Promoviendo la adecuada comunicación del SGA a todas las partes interesadas, asegurando transparencia y entendimiento.
- **Rendición de cuentas:** Estableciendo mecanismos para medir, informar y evaluar regularmente los resultados del SGA.
- **Política ambiental:** Desarrollando y revisando periódicamente una política ambiental alineada con los objetivos establecidos, tal como se describe en el documento **IA-POL01**.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 8 de 24

- **Liderazgo activo:** Involucrándose en las actividades del SGA y motivando al personal a participar en las iniciativas.
- **Monitoreo y mejora continua:** Estableciendo indicadores de desempeño, evaluando la eficacia del SGA y promoviendo mejoras basadas en los resultados.

5.2. Política ambiental


La alta dirección del ingenio azucarero reafirma su compromiso con la mejora continua de su desempeño ambiental a través de la implementación de su política ambiental, en cumplimiento con los requisitos establecidos por la norma ISO 14001:2015, como se detalla en el documento **IA-POL01**.

5.3. Roles, responsabilidades y autoridades en la organización

La alta dirección del ingenio azucarero asegura que las funciones, responsabilidades y autoridades relacionadas con el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) estén claramente definidas, documentadas y comunicadas en toda la organización, tal como se describe en el manual **IA-MAN02**.

PLANIFICACIÓN

6.1. Acciones para tratar riesgos asociados con amenazas y oportunidades

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 9 de 24

6.1.1. Generalidades

La organización debe identificar y evaluar las actividades con mayor impacto ambiental, como el tratamiento de agua, manejo de lodos y emisiones. Esto incluye analizar todo el ciclo, desde la captación hasta la disposición de residuos, y prepararse para emergencias. Se priorizan los aspectos más significativos, se informa al personal y se mantiene la documentación actualizada para garantizar acciones efectivas y cumplimiento normativo, promoviendo una gestión ambiental responsable.


El ingenio tiene documentado el Procedimiento de gestión de residuos sólidos (**IA-PRO01**) y el informe de desechos sólidos (**IA-INF01**) donde se encuentran los lineamientos generales para el manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos generados en la PTAR.

6.1.2. Aspectos ambientales significativos

La organización debe identificar los aspectos ambientales y sus respectivos impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios a lo largo de todo su ciclo de vida, como se detalla en la tabla 4.5

6.1.3. Requisitos legales y otros requisitos

La organización debe identificar, actualizar y tener acceso a los requisitos legales y otros requisitos aplicables a sus aspectos ambientales. Además, debe determinar cómo estos requisitos se aplican a sus actividades y asegurarse de integrarlos en su Sistema de

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 10 de 24

Gestión Ambiental (SGA) para cumplirlos de manera efectiva, tal como se detalla en la tabla 4.6


6.1.4. Planificación de acciones

Los ingenios azucareros deben preparar un plan conociendo los procesos involucrados en la planta de tratamiento de aguas del tipo especial, es por ello que parte de la planificación de acciones se pretende comprender cuál es la infraestructura y el respectivo mantenimiento de la PTAR en cuestión, para poder generar procedimiento acorde con la información proporcionada por la tabla 4.7. Así también conocer los tipos de efluentes que llegan a la PTAR, sus tasas de rendimiento en cada una de las etapas como se detallan en la tabla 4.8. Conocer el respectivo tratamiento de efluentes como los lodos residuales del tipo especial también es importante para la generación de acciones en un plan, detallados en la tabla 4.9.

6.2. Objetivos ambientales y planificación para lograrlos

6.2.1. Objetivos ambientales

La organización debe implementar metas de carácter ambiental a las cuales puede llegar y que contribuirán a la organización y sus partes involucradas en el aspecto de sostenibilidad no solo ambiental sino social y económico. los cuales se detallan a continuación:

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 11 de 24

- Reducir el consumo de agua de manera progresiva en los próximos años.
- Disminuir la generación de lodos y mejorar la gestión de dichos lodos para agilizar la economía circular.
- Cumplir con el 100% de los parámetros del RTS 13.05.01:24 para efluentes vertidos para evitar los impactos negativos en los ecosistemas.
- Capacitar al 100% del personal internos y externos en buenas prácticas ambientales para contribuir a la economía circular.

6.2.2. Planificación de acciones para cumplir los objetivos ambientales

Los parámetros medibles son importantes para dar el correcto seguimiento a como la organización da cumplimiento a los objetivos definidos como parte de su política ambiental dichos seguimientos se describen en la tabla 4.10.

APOYO

7.1. Recursos


La identificación de recursos es clave para la implementación de un sistema de gestión ambiental (SGA), en los cuales se destacan los siguientes:

- **Recursos humanos**

Personal capacitado

Especialistas ambientales

- **Recursos tecnológicos y equipos:**

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 12 de 24

Equipos de monitoreo y medición

Tecnología de tratamiento

- **Recursos materiales:**

Suministros y materiales para la operación de la PTAR

- **Recursos de infraestructura:**

Instalaciones adecuadas.

7.2. Competencia


La implementación del SGA se define en gran medida a las competencias que la organización quiere medir o evaluar en su personal para lograr los objetivos que se presenten como organización.

Determinación de la competencia necesaria

La organización debe identificar las habilidades y conocimientos requeridos para los empleados de la PTAR que impactan directa o indirectamente el desempeño ambiental.

Ejemplos:

- **Operadores de la PTAR:** Conocimientos en tratamiento de aguas residuales, manejo de lodos y operación de equipos.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 13 de 24

- **Personal de monitoreo ambiental:** Competencia en la medición de parámetros clave (DBO5, DQO, pH, temperatura) y conocimiento de los límites normativos aplicables.

Aseguramiento de la competencia del personal


La organización debe verificar que el personal cumple con los requisitos de competencia mediante:

- **Educación:** Formación académica en áreas relevantes como ingeniería ambiental, química o biología.
- **Formación:** Capacitaciones específicas sobre la operación de la PTAR y el uso de equipos de monitoreo.
- **Experiencia:** Evaluación de experiencia previa en gestión ambiental o plantas de tratamiento de aguas residuales.

7.3. Toma de conciencia

La norma ISO 14001:2015 establece pilares clave para vincular la política y los impactos ambientales con la población involucrada en la industria azucarera:

- **Conocimiento de la política ambiental:** Asegurar que todos los empleados conozcan la política ambiental mediante su difusión en lugares visibles y recordatorios a través de charlas periódicas.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 14 de 24

- **Comprensión de los aspectos ambientales:** Capacitar al personal sobre cómo sus actividades impactan el medio ambiente y la importancia de manejar adecuadamente los procesos para minimizar esos impactos.
- **Contribución a la eficiencia del SGA:** Mostrar cómo las acciones individuales apoyan los objetivos ambientales, reconociendo y fomentando buenas prácticas.
- **Entender las consecuencias del no cumplir:** Informar al personal sobre las sanciones y problemas asociados al incumplimiento de los requisitos ambientales, usando ejemplos prácticos.
- **Estrategias para implementar la toma de conciencia:** Implementar capacitaciones, señalización y reuniones informativas para reforzar el conocimiento y la participación del personal en la gestión ambiental.

7.4. Comunicación


7.4.1. Generalidades

El ingenio azucarero debe establecer y gestionar un proceso de comunicación interno y externo relacionado con el Sistema de Gestión Ambiental, considerando:

Qué, cuándo, a quién y cómo comunicar.

Tener en cuenta las obligaciones de cumplimiento y garantizar que la información comunicada sea coherente, fiable y alineada con el Sistema de Gestión Ambiental.

Responder adecuadamente a las comunicaciones relevantes sobre el sistema.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 15 de 24

Mantener registros documentados como evidencia de las comunicaciones realizadas.


7.4.2. Comunicación interna

Con relación a este apartado la organización debe:

- **Información sobre el SGA:** Mantener informados a todos los empleados acerca de los cambios y actualizaciones del Sistema de Gestión Ambiental mediante reuniones, boletines informativos y tableros de anuncios.
- **Contribución a la mejora continua:** Establecer canales como buzones de sugerencias y reuniones de retroalimentación, permitiendo que el personal aporte ideas para mejorar el desempeño ambiental de la PTAR.

7.4.3. Comunicación externa

- **Identificación de partes interesadas externas:** Identificar a las autoridades, comunidades, clientes y otros actores que requieran información sobre el desempeño ambiental de la PTAR.
- **Definición de la información para comunicar:** Determinar la información relevante para compartir, como resultados de monitoreo, cumplimiento legal y planes de mejora ambiental.
- **Establecimiento de canales de comunicación:** Utilizar informes anuales, reuniones comunitarias y publicaciones en línea para divulgar la información ambiental de manera efectiva.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 16 de 24

7.5. Información documentada

7.5.1. Generalidades

El Sistema de Gestión Ambiental del ingenio azucarero debe incluir:

- **Requisitos obligatorios:** Información documentada requerida por la norma ISO 14001.
- **Requisitos internos:** Información que la organización considere necesaria para la eficacia del sistema.


El alcance de la información documentada puede variar según:

- El tamaño de la organización y la naturaleza de sus actividades, productos o servicios.
- La complejidad de los procesos y sus interacciones.
- El nivel de competencia del personal.

7.5.2. Creación y actualización

En la implementación del Sistema de Gestión Ambiental en la planta de tratamiento de aguas residuales, el ingenio azucarero debe garantizar:

- **Identificación y descripción:** Asegurar que todos los documentos incluyan título, fecha, autor y número de referencia claros.
- **Formato y soporte:** Establecer un formato uniforme para documentos en papel o digital, garantizando su accesibilidad.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 17 de 24

- **Revisión y aprobación:** Implementar un proceso para que toda la documentación sea revisada y aprobada por personal competente antes de su uso.

7.5.3. *Control de la información documentada*


La organización debe gestionar la documentación relacionada con los estándares de calidad del SGA de la siguiente manera:

- **Disponibilidad y adecuación:** Asegurar que los documentos importantes estén actualizados y accesibles para el personal de la PTAR.
- **Protección de la información:** Proteger los documentos contra pérdida o acceso no autorizado mediante archivadores cerrados y contraseñas.
- **Control de actividades de la información:** Definir quién puede acceder, almacenar y modificar los documentos, usando control de versiones y planes de retención.
- **Control de información externa:** Gestionar y asegurar que los documentos externos necesarios estén actualizados y disponibles.

OPERACIÓN

8.1. **Planificación y control operacional**

El objetivo principal es definir criterios operacionales en los procesos del ingenio azucarero para garantizar el cumplimiento de los requisitos ambientales. Esto implica

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 18 de 24


mantener la correcta operación y mantenimiento de instalaciones, procesos, sistemas y equipos, minimizando impactos ambientales y promoviendo la sostenibilidad.

Para controlar los aspectos ambientales significativos, se utiliza una matriz que incluye:

- **Identificación de actividades críticas:** Determinar las actividades con impacto ambiental significativo.
- **Determinación de características clave:** Establecer parámetros medibles para evitar impactos ambientales.
- **Criterios operacionales:** Definir valores para monitorear las características clave.
- **Identificación de puestos clave:** Determinar roles involucrados en actividades críticas.
- **Documentación y registros:** Relacionar procedimientos y registros asociados al control operacional.

Se utilizan criterios de evaluación operacional para garantizar el cumplimiento, tales como:

- Cumplimiento de requisitos de calidad de insumos.
- Comparación de biodegradabilidad de materiales.
- Evaluación de SGA de proveedores.
- Control y archivo de registros de calidad y mantenimientos.
- Monitoreo del uso eficiente de insumos y reactivos químicos.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 19 de 24

8.2. Preparación y respuesta ante emergencias


Es esencial planificar y responder eficazmente a emergencias ambientales para prevenir o mitigar impactos negativos. Esto incluye:

- **Identificación de emergencias potenciales:** Como derrames químicos, fugas de combustible, incendios o fallos en el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- **Capacitación:** Entrenamiento periódico del personal en planes de respuesta.
- **Simulacros:** Implementar un “Programa Anual de Simulacros” para evaluar la efectividad de los planes de contingencia.

El ingenio tiene documentado los siguientes programas en case de emergencias:

- Procedimiento ¿Qué hacer en caso de un incendio? **(IA-PRO02)**
- Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR **(IA-PRO03)**
- Procedimiento a seguir en caso de derrames de productos químicos peligrosos **(IA-PRO04)**

El enfoque asegura que el ingenio azucarero esté preparado para enfrentar emergencias ambientales de manera eficiente y alineada con los requisitos de la norma ISO 14001:2015.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 20 de 24

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

9.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación

El seguimiento sistemático en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) garantiza el cumplimiento de normativas ambientales y mejora continua. Las acciones principales incluyen:

Parámetros clave a medir:

- Calidad del efluente tratado: DBO₅, DQO, aceites, grasas, pH, sólidos, entre otros.
- Consumo energético: Monitoreo del uso de energía en el tratamiento.
- Generación y disposición de lodos: Cantidad y método de gestión.
- Costo por metro cúbico de agua tratada: Considerando inversión, operación y mantenimiento.

Métodos de seguimiento y medición:


Uso de equipos calibrados y procedimientos confiables para recolectar muestras.

Registro regular en puntos estratégicos según normativas y objetivos internos.

Cumplimiento legal:

Verificar límites de contaminantes según leyes locales.

Revisar compromisos adquiridos con partes interesadas.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 21 de 24

9.1.1. Generalidades

Se deben realizar mediciones periódicas de parámetros clave con frecuencias definidas en normativa (RTS 13.05.01:24)

9.1.2. Evaluación del cumplimiento

La evaluación periódica asegura que las operaciones de la PTAR y el ingenio cumplen con normativas y compromisos ambientales.

Métodos de evaluación:


- Auditorías internas y externas para validar emisiones y manejo de residuos.
- Monitoreo continuo del agua tratada y revisiones de almacenamiento y disposición de residuos sólidos.

Acciones correctivas y preventivas:

- Corrección inmediata de incumplimientos mediante capacitación, actualización de equipos y modificación de procesos.
- Prevención de futuros problemas mediante análisis de causas y mejoras proactivas.

Documentación y trazabilidad:

- Registrar auditorías, inspecciones y resultados de evaluaciones.
- Incluir acciones correctivas/preventivas y reportes a la dirección.
- Este proceso refuerza el compromiso del ingenio azucarero con la sostenibilidad y la mejora continua.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 22 de 24

9.2. Auditoría interna

El ingenio debe realizar auditorías internas planificadas para verificar que el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) cumple con la norma y los objetivos organizacionales. Estas auditorías permiten identificar no conformidades, oportunidades de mejora y garantizar la mejora continua del SGA.

Programa de auditoría interna

Frecuencia: Según el riesgo ambiental de cada proceso; la PTAR puede requerir auditorías más frecuentes.

Ámbitos y criterios: Efluentes, emisiones, residuos y uso de energía.

Audidores: Calificados e imparciales.

Un formato estándar para auditorías internas se detalla en el anexo **IA-MAN03**.

9.3. Revisión de la dirección


La revisión por la dirección asegura el compromiso con la sostenibilidad y la mejora continua del SGA.

Frecuencia: Al menos anual o según incidentes, cambios normativos o resultados de auditorías.

Entradas clave:

Resultados de auditorías internas/externas.

Cumplimiento de objetivos ambientales.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 23 de 24

Indicadores clave: energía, calidad del agua, emisiones, residuos.

Avances en acciones correctivas/preventivas.

Cambios normativos y quejas de partes interesadas.

Salidas:

Mejoras al SGA, como nuevos procedimientos o tecnologías.

Reajuste de objetivos y metas ambientales.

Asignación de recursos para mejorar el desempeño.

Planificación de auditorías futuras.


MEJORA

10.1. Generalidades

El ingenio debe mejorar su Sistema de Gestión Ambiental (SGA) a partir del análisis de resultados de desempeño ambiental, auditorías internas y revisiones por la dirección. Estas mejoras incluyen acciones correctivas para reducir impactos negativos y promover la mejora continua, asegurando la participación activa y el compromiso de todas las partes interesadas.

10.2. No conformidades y acciones correctivas


La empresa azucarera identifica y aborda las no conformidades de su Sistema de Gestión Ambiental (SGA) mediante un enfoque estructurado que incluye la evaluación de su origen, la implementación de acciones correctivas y la prevención de su recurrencia. La organización reacciona ante las no conformidades aplicando el informe de no conformidad **IA-INF03**, diseñado para analizar las causas raíz, determinar las acciones

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de SGA		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 24 de 24

correctivas y la revisión de su eficacia para evitar recurrencias. Los resultados se documentan y se realizan ajustes al SGA cuando es necesario, garantizando la mejora continua.


10.3. Mejora continua

El ingenio se compromete en mejorar continuamente su Sistema de Gestión Ambiental (SGA) mediante la identificación de acciones necesarias, el análisis sistemático de datos y la implementación de medidas que aseguren su adaptación a los cambios y el cumplimiento de los requisitos.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de roles		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 5

ALTA DIRECCIÓN

Nombre del cargo	Objetivo del puesto
Alta dirección	Apoyar, monitorear y controlar la implementación y funcionamiento del sistema de gestión ambiental
Funciones	
Establecer la política ambiental	
Proveer recursos necesarios para el SGA	
Asegurar la comunicación del SGA a todas las partes interesadas	
Monitoreo del SGA e identificación de oportunidades de mejora	

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de roles		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 5

GERENTE DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Nombre del cargo	Objetivo del puesto
Gerente de Medio Ambiente	Coordinar y dar seguimiento al sistema de gestión ambiental, velando por el cumplimiento de las políticas, planes y programas.

Funciones

Planificación de auditorías internas en el SGA

Elaboración de informe del desempeño

Informar a la alta dirección sobre el desarrollo y avances del SGA

Proponer mejoras en el SGA

Dar seguimiento al cumplimiento de políticas, planes y programas en el SGA

Requisitos mínimos para el puesto

Título	Carreras afines al cargo
Experiencia	Normas internacionales y nacionales de procesos ambientales, legislación ambiental, procedimientos ambientales, trámites institucionales relacionados con el área ambiental. Experiencia mínima de dos años en puestos similares.
Habilidades	Trabajo en equipo, liderazgo, comunicación eficaz, responsabilidad social y ambiental.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de roles		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 5

SUPERVISOR DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Nombre del cargo	Objetivo del puesto
Supervisor de Medio Ambiente	Ejecutar y supervisar el cumplimiento de prácticas ambientales.

Funciones

Implementar procedimientos ambientales en el área de trabajo.

Capacitar al personal sobre prácticas sostenibles


Reportar resultados al gerente de medio ambiente

Dar seguimiento a los planes y programas que minimicen impactos ambientales

Establecer e implementar acciones encaminadas al cumplimiento del SGA


Requisitos mínimos para el puesto

Título	Carreras afines al cargo
Experiencia	Normas internacionales y nacionales de procesos ambientales, legislación ambiental, procedimientos ambientales, trámites institucionales relacionados con el área ambiental. Experiencia mínima de dos años en puestos similares
Habilidades	Trabajo en equipo, liderazgo, comunicación eficaz, responsabilidad social y ambiental.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de roles		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 4 de 5


OPERARIOS EN LA PTAR

Nombre del cargo	Objetivo del puesto
Operario en PTAR	Apoyar en aseguramiento y verificación procesos con el fin de dar cumplimiento
Funciones	
Cumplir con los procedimientos establecidos	
Participar activamente en las capacitaciones y brindar retroalimentación	
Proponer mejoras al supervisor	
Requisitos mínimos para el puesto	
Título	Carreras afines al cargo
Experiencia	Experiencia mínima de un año en puestos similares
Habilidades	Trabajo en equipo, manejo de herramientas y equipo.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de roles		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 5 de 5

AUDITORES

Nombre del cargo	Objetivo del puesto
Auditor	Evaluar la eficacia del SGA
Funciones	
Planificar y llevar a cabo auditorías internas	
Realizar informe de los hallazgos y proponer recomendaciones	
Verificar el cumplimiento de la normativa y procedimientos	
Requisitos mínimos para el puesto	
Título	Carreras afines al cargo
Experiencia	Experiencia mínima de un año en puestos similares
Habilidades	Dinámico, pensamiento analítico.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 15

4.1. Compresión de la organización y de su contexto ¿Cumplimiento? Observaciones/
Si/No Hallazgos

¿Dispone la organización de una metodología para el análisis, seguimiento y revisión del contexto interno y externo?


¿Ha detectado la organización todas las condiciones ambientales capaces de afectar o de verse afectadas por la organización?

¿Se han tenido en cuenta las condiciones ambientales en la definición y planificación del sistema de gestión?

4.2. Compresión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

¿Dispone la organización de una metodología para la detección y el análisis de expectativas y necesidades de las partes interesadas?

¿Se han detectado todas las necesidades y expectativas (requisitos) de las partes interesadas que puedan afectar al desempeño del sistema de gestión?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 15

¿Se realiza el seguimiento y la revisión de la información relacionada con las partes interesadas y sus requisitos pertinentes?

¿Se han identificado requisitos legales y otros requisitos en relación con las necesidades y expectativas de las partes interesadas?

4.3. Determinación del alcance del sistema de gestión ambiental

¿Tiene documentado la organización el alcance del sistema de gestión?


¿Se han delimitado claramente los límites físicos y las actividades del sistema?

¿El alcance del sistema se encuentra disponible para las partes interesadas?

4.4. Sistema de Gestión Ambiental

¿Se han identificado todos los procesos necesarios y sus interacciones, incluyendo entradas, salidas y secuencia?

¿Se han definido actividades de seguimiento e indicadores para el control de estos procesos?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 15

¿Se han identificado los recursos necesarios y las responsabilidades y autoridades de cada proceso?

¿Se han definido los procesos teniendo en cuenta los riesgos y oportunidades?

¿Se evidencia la mejora en el desempeño de los procesos y el sistema de gestión ambiental?

5.1. Liderazgo y compromiso


¿Demuestra la dirección el liderazgo y compromiso respecto al sistema de gestión ambiental?

¿Asume la alta dirección la responsabilidad y obligación de rendir cuentas en relación a la eficacia del sistema de gestión ambiental?

¿Se asegura y promueva la dirección el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión?

¿Se asegura la alta dirección del establecimiento de la política y los objetivos ambientales, de una forma compatible con la dirección estratégica y el contexto de la organización?

5.2. Política ambiental

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 4 de 15

¿Mantiene la organización una política ambiental apropiada al propósito y contexto de la organización, teniendo en cuenta los impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios?

¿Incluye la política los compromisos de protección del medio ambiente, incluida la prevención de la contaminación, de cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos y de la mejora continua?


¿Existe una relación entre la política y los objetivos ambientales?

¿La política se encuentra disponible para las partes interesadas?

¿La política es comunicada y entendida dentro de la organización?

5.3. Roles, responsabilidades y autoridades en la organización

¿Existe evidencia de la definición de responsabilidades y autoridades para cada uno de los roles de la organización?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 5 de 15

¿Estas responsabilidades y autoridades han sido comunicadas y entendidas en toda la organización?

¿Ha asignado la alta dirección la responsabilidad para el aseguramiento del cumplimiento de los requisitos de la norma, el correcto funcionamiento de los procesos, etc.?

6.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades

6.1.1. Generalidades

¿Se han identificado los riesgos y oportunidades relacionados con el análisis de contexto, las necesidades y expectativas de las partes interesadas y los procesos?


¿Se han evaluado estos riesgos y oportunidades para determinar acciones proporcionales al impacto potencial?

¿Se han planificado acciones para abordar los riesgos y las oportunidades?

6.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades

6.1.2. Aspectos ambientales

¿Se han identificado todos los aspectos ambientales de las actividades, productos y servicios que puede controlar y de aquellos en los

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 6 de 15

que puede influir, y sus impactos ambientales asociados, desde una perspectiva de ciclo de vida?

¿Se han considerado las condiciones anormales y las situaciones de emergencia?

¿Se ha realizado una evaluación de la significancia de los aspectos ambientales identificados?

¿Se encuentran establecidos los criterios para la evaluación de aspectos ambientales?


6.1.3. Requisitos legales y otros requisitos

¿Se ha determinado la metodología de acceso a los requisitos legales y otros requisitos aplicables?

¿Se ha identificado la aplicación de los requisitos legales en la organización?

¿Se han tenido en cuenta los requisitos legales y otros requisitos en la implementación, mantenimiento y mejora del sistema de gestión ambiental?

6.1.4. Planificación de acciones

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 7 de 15

¿Se han planificado las acciones emprendidas relativas a los aspectos ambientales significativos, los requisitos legales y los riesgos y oportunidades identificados?

6.2. Objetivos ambientales y planificación para lograrlos

¿Se han establecido objetivos coherentes con la política ambiental?

¿Los objetivos están relacionados con los aspectos ambientales significativos, los requisitos legales y los riesgos y oportunidades?


¿Los objetivos son medibles y disponen de metodología de seguimiento?

¿La planificación de los objetivos contempla las actividades, los recursos, los plazos y las responsabilidades para su realización?

¿Se han comunicado los objetivos en la organización en los niveles pertinentes?

7.1. Recursos

¿La organización dispone de los recursos necesarios para el correcto desempeño del sistema de gestión ambiental?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 8 de 15

¿La organización ha determinado y proporcionado las personas necesarias para la implementación eficaz del sistema de gestión ambiental?

7.2. Competencia

¿Se han determinado las competencias necesarias de las personas para realizar las tareas del sistema de gestión ambiental?

¿Se han emprendido acciones para asegurar o mejorar la competencia del personal de la organización?


¿Existen evidencias documentadas de la competencia necesaria?

7.3. Toma de conciencia

¿Se han realizado acciones para asegurar que las personas tomen conciencia de la política y los objetivos ambientales?

¿Se ha comunicado su contribución a la eficacia del sistema y los beneficios de una mejora del desempeño?

¿Se han realizado acciones para que las personas tomen conciencia de las consecuencias de

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 9 de 15

incumplir los requisitos del sistema de gestión ambiental?

7.4. Comunicación

¿Se han determinado las comunicaciones internas y externas pertinentes al sistema de gestión ambiental?

¿Se encuentra definido qué, cuándo, a quién, cómo y quién realiza cada comunicación?

¿Existe una metodología para la comunicación tanto interna como externa?

¿Responde la organización a las comunicaciones externas pertinentes?


7.5. Información documentada

¿Se ha identificado la documentación requerida por la norma y el propio sistema de gestión?

¿La identificación y descripción de los documentos es apropiada?

¿Se encuentra definido el formato y soporte de cada documento?

¿Existe una metodología de revisión y aprobación adecuada?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 10 de 15

¿La documentación está disponible en los puntos de uso para su consulta?

¿La documentación está protegida adecuadamente contra pérdida o uso inadecuado?

¿Se han definido metodologías para la distribución, acceso, recuperación y uso de los documentos?

¿Se contemplan actividades para el almacenamiento y preservación de los documentos (copias de seguridad)?


¿Existe un control de cambios en los documentos del sistema?

¿Se ha identificado la documentación de origen externo necesaria para el desempeño de los procesos?

8.1. Planificación y control operacional

¿Se han identificado los procesos necesarios para cumplir los requisitos del sistema de gestión ambiental?

¿Se han establecido criterios para la operación de los procesos?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 11 de 15

¿Se han establecido criterios para la operación de los procesos?

¿Se han definido los requisitos ambientales para la compra de productos y servicios?

¿Se han comunicado los requisitos ambientales pertinentes a los proveedores externos?

8.2. Preparación y respuesta ante emergencias


¿Se han establecido los procesos necesarios para prepararse y responder a situaciones potenciales de emergencia?

¿Se dispone de medidas planificadas para la prevención y mitigación de los impactos ambientales adversos provocados por situaciones de emergencia?

¿Se tienen previstas las medidas para la respuesta ante situaciones de emergencia?

¿Existe una planificación de pruebas para las acciones de respuesta previstas?

¿Se tiene en cuenta la comunicación con partes interesadas, cuando sea oportuno?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 12 de 15

9.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación

9.1.1. Generalidades

9.1.2. Evaluación del cumplimiento

¿La organización evalúa el desempeño y la eficacia del sistema de gestión ambiental?

¿Se han identificado procesos y aspectos con necesidades de seguimiento y medición?

¿Los equipos de medición se encuentran calibrados o verificados de manera adecuada?


¿Se comunica externa e internamente la información pertinente a su desempeño ambiental?

¿Existe una metodología y planificación para realizar la evaluación de cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos?

9.2. Auditoría interna

¿Las auditorías internas se realizan de forma planificada?

¿Se garantiza la competencia e independencia de los auditores internos?

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 13 de 15

¿El alcance de la auditoría y los métodos son apropiados para evaluar la eficacia del sistema de gestión ambiental?

¿La dirección pertinente es informada de los resultados de auditoría?

¿Se emprenden acciones para solventar los incumplimientos detectados en las auditorías internas?

9.3. Revisión por la dirección


¿Se han incluido todas las entradas de la revisión presentes en la norma de referencia?

¿Se han tratado todas las salidas necesarias requeridas por la norma de referencia?

¿Existe una metodología definida y una planificación para la realización de las revisiones por la dirección?

¿Se está empleando la revisión por la dirección como una herramienta de mejora del sistema de gestión ambiental?

10.1. Generalidades

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 14 de 15

¿La organización planifica acciones para la mejora de su desempeño ambiental y del desempeño del sistema de gestión ambiental?

¿Se contemplan para la mejora las necesidades y expectativas de las partes interesadas?

¿Se contemplan los riesgos y oportunidades para emprender acciones para la mejora?

10.2. No conformidad y acción correctiva


¿Existe una metodología para el tratamiento de las no conformidades?

¿Se está realizando análisis de las causas de las no conformidades para emprender acciones correctivas?

¿Existe análisis de la repetitividad de las no conformidades para emprender acciones correctivas?

¿La documentación de las no conformidades y acciones correctivas es adecuada para conocer las causas, responsabilidades, resultados y análisis de la eficacia?

10.3. Mejora continua


		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Manual de auditoría interna		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-MAN03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 15 de 15

¿La organización dispone de las herramientas adecuadas para favorecer la mejora continua (objetivos, acciones, salidas de la revisión, etc.)?

¿Existen evidencias de estas mejoras planificadas por la organización?

¿Las mejoras a emprender tienen en cuenta las necesidades y expectativas de las partes interesadas, el análisis de contexto y los riesgos y oportunidades?

Fuente: Herrera consultores, s.f.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Glosario		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-GLO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 3

GLOSARIO

Afluente: caudal de aguas residuales que entra a las unidades de conducción o tratamiento.


Agua residual: agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes resultante de cualquier uso, las cuales son de dos tipos: ordinario y especial.

Agua residual de tipo especial: agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinaria.

Alta dirección: persona o grupo de personas que dirige y controlan una organización al más alto nivel.

Aspecto ambiental: elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente. Un aspecto ambiental puede provocar uno o varios impactos(s) ambiental.

Desempeño ambiental: desempeño relacionado con la gestión de aspectos ambientales

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Glosario		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-GLO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 3


Disposición final: proceso de disponer los residuos en forma definitiva en lugares especialmente seleccionados y diseñados con criterios técnicos y sanitarios para evitar la contaminación, los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Efluente: caudal de aguas residuales que sale de la última de conducción o tratamiento.

Impacto ambiental: cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

Límites permisibles: valores, rangos y concentraciones de los parámetros establecidos en el RTS 13.05.01:24 y otras normativas vigentes que deben cumplir los responsables previos a su descarga, reúso o disposición.

Medio ambiente: El sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobrevivencia, en el tiempo y el espacio.


		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Glosario		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-GLO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 3

Medio receptor: río, quebrada, lago, laguna, embalse, mar, estero, manglar, pantano, donde se vierten aguas residuales tratadas, excluyendo el sistema de alcantarillado y el suelo.

No conformidad: incumplimiento de un requisito.

Parte interesada: persona u organización que puede afectar, verse afectada, o percibirse como afectada por una decisión o actividad. Las partes interesadas pueden incluir personas y grupos involucrados con el desempeño ambiental de una organización, o afectados por éste.


Residuo peligroso: material que reviste características peligrosas, que después de servir a un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles, y por lo tanto puede ser reusado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Política ambiental		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-POL01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 1

En el ingenio somos conscientes de que nuestro proceso productivo consume recursos naturales y genera una considerable cantidad de residuos, emisiones y vertidos. Por ello, nos comprometemos a ser responsables con el medio ambiente, buscando minimizar los impactos negativos de nuestras operaciones. Nuestro enfoque de gestión ambiental incluye:

- Cumplimiento de los requisitos legales aplicables.
- Proporcionar capacitaciones a los empleados sobre prácticas sostenibles.
- Promover el uso responsable de los recursos naturales, especialmente el agua en cada una de las etapas del proceso productivo.
- Implementación de prácticas que reduzcan la generación de efluentes.
- Gestión adecuada de tratamiento del agua residual para minimizar impacto ambiental.
- Disminuir los impactos ambientales generados durante el proceso productivo.
- Mantener contacto con las comunidades cercanas para conocer las inquietudes relacionadas con temas ambientales.
- Informar sobre prácticas y resultados ambientales anualmente.

Aprobado el 20 de septiembre 2024

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de gestión de residuos sólidos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 5


1. **PROPÓSITO:** Definir de forma clara y ordenada los lineamientos generales para el manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos generados en la PTAR.

2. **ALCANCE:** Planta de tratamiento de aguas residuales

3. **DEFINICIONES**

- **Disposición final:** proceso de disponer los residuos en forma definitiva en lugares especialmente seleccionados y diseñados con criterios técnicos y sanitarios para evitar la contaminación, los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.
- **Embalaje:** envoltura exterior protectora que cubre, o en donde se deposita para su manejo, los envases de sustancias, desechos y/o residuos peligrosos.
- **Envase de sustancias, residuos o desechos peligrosos:** recipientes en que se depositan, conservan o transportan sustancias, residuos o desechos peligrosos.
- **Residuo peligroso:** material que reviste características peligrosas, que después de servir a un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles, y por lo tanto puede ser reusado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente.

4. **RESPONSABILIDADES**

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de gestión de residuos sólidos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 5

Alta dirección:

- Supervisar el cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad en el manejo de desechos
- Asegurar la implementación de este manual.

Operadores PTAR:


- Realizar el manejo, tratamiento y disposición de desechos conforme a los procedimientos establecidos.
- Informar sobre cualquier incidente o irregularidad en el manejo de desechos.

Gerente de gestión medioambiental

- Asegurar el cumplimiento de las normativas medioambientales relacionadas con el manejo de desechos peligrosos.
- Gestionar las auditorías ambientales y las inspecciones.
- Supervisar el uso de equipos de protección personal (EPP) y la correcta disposición de residuos.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Clasificación y segregación:

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de gestión de residuos sólidos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 5

- Identificar y clasificar los residuos en función de sus características peligrosas, tales como corrosividad, reactividad, toxicidad, inflamabilidad, explosividad, entre otros, así como los residuos no peligrosos.
- Segregar los residuos de acuerdo con su tipo, utilizando recipientes adecuados, resistentes y correctamente etiquetados, conforme a las características de cada material.


5.2 Recolección y traslado interno:

- Recoger los residuos en recipientes apropiados para cada tipo de material, utilizando el equipo de protección personal (EPP) necesario para garantizar la seguridad del personal.
- Transportar los residuos al área de almacenamiento temporal de manera segura, evitando cualquier riesgo de derrame, fuga o exposición durante el proceso.

5.3 Almacenamiento temporal:

- Depositar los residuos en áreas designadas dentro del almacén temporal, cumpliendo con las normativas de almacenamiento.
- Mantener registros precisos y actualizados de los residuos almacenados, especificando la cantidad, el tipo de sustancia y su clasificación de riesgo, según corresponda.

5.4 Transporte y disposición final:

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de gestión de residuos sólidos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 4 de 5

- Asegurar que las especificaciones y características del envase y embalaje de los residuos que garanticen la gestión adecuada de los mismos.
- Coordinar el transporte con empresas autorizadas para el manejo de residuos.
- Asegurarse de que los residuos sean llevados a instalaciones de disposición final certificadas.

5.5 Mantenimiento de registros:


- Documentar todas las actividades de manejo de residuos en bitácoras, formularios y manifiestos requeridos por la normativa.

5.6 Capacitación y auditorías:

- Capacitar periódicamente al personal en el manejo adecuado de residuos peligrosos, asegurando que todos los involucrados comprendan la importancia del uso correcto de los EPP y los procedimientos de seguridad.
- Realizar auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento de los procedimientos establecidos, identificar áreas de mejora y garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes.

6. DOCUMENTOS RELACIONADOS

- 6.1. Reglamento especial en materia de sustancias, residuos y desechos peligrosos.
- 6.2. Ley de gestión integral de residuos y fomento al reciclaje

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de gestión de residuos solidos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO01	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 5 de 5


6.3. Informe de residuos sólidos.

7. APROBACIÓN

7.1. Sello copia controlada y firma de autorización:

Gerente de gestión medioambiental

REGISTRO HISTORICO		
Versión #	Fecha de Revisión	Razón
0		Inicio

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento ¿Qué hacer en caso de un incendio?		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 4

1. PROPÓSITO

Establecer las acciones a seguir en caso de incendio dentro de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del ingenio azucarero, con el fin de proteger la integridad física y emocional de los empleados o cualquier persona que se encuentre en el lugar, el medio ambiente y los bienes materiales.


2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todas las áreas de la PTAR, a todo el personal que labora en la planta y a las visitas presentes en el área en el momento de un incendio.

3. DEFINICIONES

- **Incendio:** Combustión no controlada que genera calor, humo y gases, pudiendo poner en riesgo la seguridad de las personas y el entorno.
- **Equipo de Respuesta a Emergencias (ERE):** Personal capacitado encargado de coordinar y ejecutar acciones de emergencia ante incendios.
- **Zonas Seguras:** Áreas designadas como puntos de reunión y evacuación seguras

4. RESPONSABILIDADES

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento ¿Qué hacer en caso de un incendio?		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 4

Gerente de Planta:

- Aprobar el procedimiento y asegurar su difusión y cumplimiento.

Jefe de Seguridad:

- Coordinar las actividades de prevención, capacitación y respuesta ante incendios.

Equipo de Respuesta a Emergencias (ERE):

- Ejecutar las acciones de emergencia y asistir en evacuaciones.

Todo el personal de la PTAR:

- Conocer y seguir las indicaciones de este procedimiento y participar en simulacros.


5. PROCEDIMIENTO

5.1 Detección de Incendio:

- Activar el sistema de alarma en caso de observar humo, fuego o sentir calor.
- Avisar inmediatamente al ERE o al jefe de Seguridad.

5.2 Notificación:

- Contactar a los bomberos y autoridades locales.
- Informar al personal a través de sistemas de alarma y altavoces.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento ¿Qué hacer en caso de un incendio?		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 4

5.3 Evacuación:

- Todo el personal debe dirigirse a las Zonas Seguras designadas, siguiendo las rutas de evacuación.
- No utilizar elevadores (si los hubiera) durante la evacuación.

5.4 Control y Extinción de Incendios:


- El ERE intentará controlar el incendio con extintores portátiles, siempre que la situación sea segura.
- En caso de que el fuego esté fuera de control, evacuar el área de inmediato y esperar la llegada de bomberos.

5.5 Evaluación de Daños y Reporte:

- Una vez controlado el incendio, el jefe de Seguridad evaluará los daños y elaborará un informe.

6. DOCUMENTOS RELACIONADOS

- Manual de uso de extintores y equipos de emergencia.
- Reportes de inspección y mantenimiento de equipos contra incendios.


		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento ¿Qué hacer en caso de un incendio?		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO02	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 4 de 4

7. APROBACIÓN

7.1. Sello copia controlada y firma de autorización:

Gerente de gestión medioambiental

REGISTRO HISTORICO		
Versión #	Fecha de Revisión	Razón
0		Inicio

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 7

1. PROPÓSITO


Establecer un procedimiento técnico para la ejecución y supervisión de actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), con el fin de minimizar riesgos, optimizar la operación de los equipos críticos y garantizar el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos los equipos y sistemas de la PTAR involucrados en el pretratamiento, tratamiento primario, secundario y final, cubriendo desde la inspección y monitoreo hasta las acciones correctivas necesarias para restablecer la operatividad.

3. DEFINICIONES

- **LMP (Límites Máximos Permisibles):** Concentración máxima de un parámetro de calidad permitido para aguas residuales vertidas a cuerpos receptores.
- **DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno):** Medida de la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos durante la descomposición de materia orgánica en un periodo de 5 días.
- **DQO (Demanda Química de Oxígeno):** Indicador de la cantidad de materia orgánica e inorgánica presente en un agua residual.


		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 7

- **SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno):** Medida de la presencia de surfactantes en aguas residuales.
- **SST (Sólidos Suspendidos Totales):** Partículas sólidas suspendidas en el agua que pueden ser separadas por filtración.
- **Mantenimiento Correctivo:** Acciones realizadas para corregir fallos que han generado paradas operativas o disminución del rendimiento debido a la falta de mantenimiento preventivo o predictivo.
- **Mantenimiento Preventivo:** Actividades planificadas para evitar fallos, garantizar la continuidad operativa y prolongar la vida útil de los equipos.
- **Mantenimiento Predictivo:** Análisis y evaluaciones periódicas del desempeño de los equipos para anticipar fallos y realizar las reparaciones necesarias antes de que estos se presenten.

4. RESPONSABILIDADES

Gerente de PTAR:

- Aprobar los planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Garantizar los recursos técnicos y financieros necesarios para las actividades de mantenimiento
- Supervisar el cumplimiento general del programa de mantenimiento.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 7

Supervisor de PTAR:

- Coordinar y planificar las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo
- Validar los informes de desempeño y propone mejoras continuas
- Monitorear la ejecución de las tareas según los estándares establecidos.

Técnicos de Mantenimiento:


- Ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo según el cronograma
- Realizar análisis predictivos y reportar desviaciones en el desempeño de los equipos.

Operadores de Planta:

- Inspeccionar diariamente los equipos, reportar fallos y asistir en actividades de mantenimiento preventivo programadas.

5. PROCEDIMIENTO

Cada área relacionada con las funciones de la PTAR, realizará actividades que tendrán por objetivo mitigar fallos en los equipos y calidad del agua del tipo especial tratada.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 4 de 7

Responsable: Gerente de Planta

Tipo de mantenimiento: Preventivo/Correctivo

Acciones:


- Aprobar planes de acción correctiva en caso de exceder los LMP establecidos.
- Garantizar la disponibilidad de recursos para análisis, mantenimiento preventivo y correctivo.
- Supervisar el cumplimiento general del procedimiento.

Responsable: Supervisores de Planta

Tipo de mantenimiento: Preventivo

Acciones:

- Coordinar las mediciones y muestreos periódicos:
 - **Diarios:** pH, sólidos sedimentables, temperatura y caudal (Tabla 2.3).
 - **Trimestrales:** DBO₅, DQO, Aceites y Grasas, SST, Fósforo Total, Nitrógeno Total, SAAM, Sulfitos y Turbidez (Tablas 2.3 y 2.4).
- Coordinar la limpieza semanal de rejillas y tamices para evitar fallos en el pretratamiento.
- Verificar las condiciones microbiológicas de los lodos mensualmente (Tabla 2.5).
- Revisar trimestralmente datos históricos y tendencias, ajustando los procesos operativos según sea necesario.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 5 de 7

Responsable: Operadores

Tipo de mantenimiento: Preventivo/Correctivo

Acciones:


- Realizar mediciones diarias en la salida del efluente de pH, sólidos sedimentables, temperatura y caudal.
- Inspeccionar visualmente el estado de los equipos y reportar fallas.
- Ajustar cargas de entrada en caso de detección de parámetros fuera de rango.

Responsable: Equipo de Mantenimiento

Tipo de mantenimiento: Predictivo/Preventivo/Correctivo

Acciones:

- Realizar análisis predictivos y reportar desviaciones en el desempeño de los equipos.
- Llevar a cabo pruebas finales para verificar que todo funcione correctamente y realizar ajustes según sea necesario.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo en equipos y sistemas de monitoreo.
- Asegurar la limpieza semanal de rejillas y tamices.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 6 de 7

Responsable: Laboratorio Externo

Tipo de mantenimiento: Preventivo/Correctivo


Acciones:

- Analizar y reportar resultados de los muestreos trimestrales para parámetros básicos y específicos.
- Realizar análisis microbiológicos (Tabla 2.5) y físico-químicos de lodos (Tabla 2.6) según la periodicidad establecida en (RTS 13.05.01:24 – 1ra revisión) .
- Asegurar trazabilidad y precisión en los informes entregados.

NOTA: Tablas indicadas en las acciones son provenientes de la sección 2 del documento en base al reglamento técnico Salvadoreño. (RTS 13.05.01:24 – 1ra revisión)

6. DOCUMENTOS RELACIONADOS

- Reglamento Técnico Salvadoreño: Agua. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de Lodos Residuales (RTS 13.05.01:24 – 1ra revisión).
- Manuales de mantenimiento de los respectivos equipos y sustancias empleados en la PTAR.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de mitigación de fallos en PTAR		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 7 de 7

7. APROBACIÓN

7.1. Sello copia controlada y firma de autorización:

Gerente de gestión medioambiental

REGISTRO HISTORICO		
Versión #	Fecha de Revisión	Razón
0		Inicio

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento a seguir en caso de derrames de productos químicos peligrosos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO04	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 5

1. PROPÓSITO

Establecer las medidas y acciones necesarias para responder de manera segura y eficiente ante un derrame de productos químicos peligrosos en la PTAR, con el fin de minimizar riesgos a la salud de los trabajadores y proteger el medio ambiente.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todas las áreas de la PTAR donde se almacenen, manipulen o transporten productos químicos peligrosos y es de cumplimiento obligatorio para todo el personal y visitantes del ingenio azucarero.

3. DEFINICIONES

- **Derrame:** Escape de cualquier sustancia química, líquida o sólida, fuera de su contenedor, que puede presentar un riesgo para la salud, seguridad o el ambiente.
- **Producto químico peligroso:** Sustancia que, por sus propiedades físicas o químicas, representa un riesgo significativo para la salud o el ambiente.
- **EPP:** Equipo de Protección Personal que incluye guantes, gafas de seguridad, mascarillas, entre otros, necesarios para proteger al personal.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento a seguir en caso de derrames de productos químicos peligrosos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO04	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 5

Operadores de Planta:

- Informar cualquier derrame, participar en la contención y limpieza del mismo y seguir las instrucciones del Encargado de Seguridad y Medio Ambiente.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Detección e identificación del derrame:

- Identificar el tipo de producto derramado y su peligrosidad.
- Evaluar la magnitud del derrame y su impacto potencial en el ambiente y la salud.

5.2 Activación de la alerta:

- Notificar inmediatamente al Encargado de Seguridad y Medio Ambiente.
- Activar las alarmas de emergencia si el derrame representa un riesgo alto.

5.3 Evacuación y delimitación de área:

- Evacuar al personal no autorizado de la zona afectada.
- Colocar señales de seguridad y delimitar el área para evitar el ingreso de personas.

5.4 Contención del derrame:

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento a seguir en caso de derrames de productos químicos peligrosos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO04	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 4 de 5

- Utilizar absorbentes, barreras o equipos de contención adecuados según el tipo de químico.
- Evitar que el derrame llegue a los sistemas de drenaje o cause contaminación al suelo.

5.5 Limpieza y disposición:

- Usar los EPP adecuados y seguir las instrucciones del Encargado de Seguridad para limpiar el derrame.
- Recoger el material contaminado y desecharlo según los procedimientos de manejo de residuos peligrosos.

5.6 Registro e informe del incidente:

- Completar el formulario de reporte de derrames y entregarlo al Encargado de Seguridad.
- Documentar las acciones correctivas y realizar una evaluación de las causas para prevenir futuros derrames.

6. DOCUMENTOS RELACIONADOS

- Manual de uso y mantenimiento de equipos de contención.
- Formulario de reporte de derrames.

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento a seguir en caso de derrames de productos químicos peligrosos		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO04	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 5 de 5

7. APROBACIÓN

7.1. Sello copia controlada y firma de autorización:

Gerente de gestión medioambiental

REGISTRO HISTORICO		
Versión #	Fecha de Revisión	Razón
0		Inicio

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de toma de muestras		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO05	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 3

1. **PROPÓSITO:** Definir de forma clara y ordenada los lineamientos generales para tomar muestras de agua en diversos puntos de la PTAR.

2. **ALCANCE:** Planta de tratamiento de aguas residuales

3. **DEFINICIONES**

- Afluente: caudal de aguas residuales que entra a la unidad de conducción o tratamiento.
- Efluente: caudal de agua residual que sale de la última unidad de conducción o tratamiento.

4. **RESPONSABILIDADES**

Operadores PTAR:

- Responsables de realizar la toma de muestras de acuerdo con el procedimiento.

5. **PROCEDIMIENTO**

5.1 Preparación:

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de toma de muestras		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO05	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 2 de 3

- Revisar que todos los frascos estén esterilizados y que el equipo esté limpio y listo para usar. Coloca guantes desechables antes de manipular las muestras.
- Asegurar de conocer los puntos establecidos para la toma de muestras dentro de la planta (afluente, efluente, etc.).
- Preparar bitácora para documentar los datos obtenidos.

5.2 Rotular el recipiente:


Cada etiqueta debe de incluir:

- Fecha y hora de la toma.
- Ubicación del punto de muestreo.
- Parámetros que se analizarán.
- Nombre del operador que tomó la muestra.

5.3 Toma de muestras:

- Rotular el recipiente
- Elegir un lugar adecuado para la toma de la muestra
- Abrir el frasco y llevarlo al flujo de agua
- Rellenar con agua (no hasta el cuello del frasco) y tapan el recipiente inmediatamente después de tomar la muestra.
- Guardar la muestra en un lugar seguro y evitar la exposición al sol

5.4 Transporte de muestras:

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Procedimiento de toma de muestras		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-PRO05	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 3 de 3

- Si las muestras deben ser enviadas a un laboratorio externo, asegúrate de que se transporten en condiciones apropiadas (temperatura adecuada y tiempo mínimo de transporte y evitar derrames).

6. DOCUMENTOS RELACIONADOS

6.1. Registro de toma de muestras

7. APROBACIÓN

7.1. Sello copia controlada y firma de autorización:

Gerente de gestión medioambiental

REGISTRO HISTORICO		
Versión #	Fecha de Revisión	Razón
0		Inicio
1		



Departamento de Sistema de Gestión
Políticas y Procedimientos

Informe de desechos sólidos

Aprobado por: Gerente de Gestión Medioambiental

Doc. ID:
IA-INF01

Fecha de Aprobación:
Noviembre/2024

Fecha de Revisión:
Noviembre/2024


Versión #:
0

Página:
1 de 1

Fecha de entrada	Fecha de salida	Calidad	Cantidad (Kg)	Grado de peligrosidad	Origen	Destino

Nombre de responsable: _____

Firma de responsable: _____

		Departamento de Sistema de Gestión <i>Políticas y Procedimientos</i>		
Informe de no conformidad		Aprobado por: Gerente de Gestión		
Doc. ID: IA-INF03	Fecha de Aprobación: Octubre/2024	Fecha de Revisión: Octubre/2024	Versión #: 0	Página: 1 de 1

Área relacionada con la no conformidad:	Detectada por:
Descripción de la no conformidad:	Evidencia:
Análisis de las causas de la no conformidad:	
Encargados de realizar el análisis:	
Soluciones:	
¿Es necesario realizar acciones correctivas? Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Mencione las acciones correctivas	