

Propuesta de plan de manejo ambiental para el centro de transformación de limón comunidad Rancho Pampa, municipio de Torotoro del departamento de Potosí

Proposed environmental management plan for the lemon processing center in the Rancho Pampa community, Torotoro municipality, Potosí department

LAIME - Alvaro^{1*}

¹Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Carrera de Ingeniería Ambiental.

Recibido septiembre,10, 2024; Aceptado octubre,04,2024

Resumen

Este estudio presenta el desarrollo de un Plan de Manejo Ambiental (PMA) para un Centro de Transformación de Limón ubicado en la comunidad Rancho Pampa, municipio de Torotoro, departamento de Potosí, Bolivia. La investigación surge ante la ausencia de instrumentos de regulación ambiental en la industria, lo que conlleva a la generación de impactos negativos sin estrategias de mitigación, agravado por su emplazamiento dentro de un área protegida. El objetivo principal fue diseñar un PMA que estableciera acciones detalladas para la prevención, reducción y mitigación de los impactos ambientales asociados a la operación de la planta. Para ello, se integraron fundamentos teóricos y conceptuales de la gestión ambiental con una metodología mixta que incluyó la revisión documental exhaustiva, el análisis y la síntesis de información relevante, la observación directa, la medición de parámetros ambientales críticos y la aplicación de técnicas e instrumentos de investigación específicos para la identificación y caracterización de los impactos. Los resultados del análisis revelaron incumplimientos normativos significativos, particularmente en los niveles de presión sonora, que superaron los 70 dB(A) establecidos en la legislación ambiental boliviana (Ley N° 1333 y su Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero). El PMA propuesto, basado en la normativa vigente, incluye medidas específicas para mitigar los impactos identificados. Un análisis técnico-económico demostró la viabilidad financiera de la implementación del PMA, arrojando una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 35,72% y un valor actual neto (VAN) de \$37.287,48, con un periodo de recuperación de la inversión estimado en dos años. Se concluye que el PMA elaborado proporciona un marco estructurado y económicamente viable para la gestión ambiental de la industria, asegurando el cumplimiento normativo y la minimización de su huella ecológica en un ecosistema sensible. Se recomienda la adopción del PMA considerando los promedios de producción de los últimos dos años para una implementación más efectiva.

Palabras clave: Área Protegida, Impacto Ambiental, Monitoreo Acústico, Viabilidad Económica

Abstract

This study presents the development of an Environmental Management Plan (EMP) for a Lime Processing Plant located in the Rancho Pampa community, Torotoro municipality, Potosí department, Bolivia. The research arose from the lack of environmental regulatory instruments in the industry, which leads to the generation of negative impacts without mitigation strategies, aggravated by its location within a protected area. The main objective was to design an EMP that established detailed actions for the prevention, reduction, and mitigation of environmental impacts associated with the plant's operation. To this end, theoretical and conceptual foundations of environmental management were integrated with a mixed methodology that included a comprehensive documentary review, analysis and synthesis of relevant information, direct observation, measurement of critical environmental parameters, and the application of specific research techniques and instruments for the identification and characterization of impacts. The results of the analysis revealed significant regulatory noncompliance, particularly in sound pressure levels, which exceeded the 70 dB(A) established in Bolivian environmental legislation (Law No. 1333 and its Environmental Regulations for the Manufacturing Industrial Sector). The proposed EMP, based on current regulations, includes specific measures to mitigate the identified impacts. A technical-economic analysis demonstrated the financial viability of implementing the EMP, yielding an Internal Rate of Return (IRR) of 35.72% and a Net Present Value (NPV) of \$37,287.48, with an estimated investment payback period of two years. It is concluded that the developed EMP provides a structured and economically viable framework for the environmental management of the industry, ensuring regulatory compliance and minimizing its ecological footprint in a sensitive ecosystem. Adoption of the EMP is recommended, considering the production averages of the last two years for more effective implementation.

Keywords: Protected Area, Environmental Impact, Acoustic Monitoring, Economic Viability

Citación: Laime A. Propuesta de plan de manejo ambiental para el centro de transformación de limón comunidad Rancho Pampa, municipio de Torotoro del departamento de Potosí, Revista Ingeniería Sostenible Ambiental 2024,1(2),51-114

Introducción

El desarrollo económico y tecnológico a nivel mundial, junto con el crecimiento demográfico y la creciente demanda de productos industriales, ha impulsado la creación de numerosas empresas que, en muchos casos, operan sin un Plan de Manejo Ambiental (PMA). Esta ausencia de regulación ambiental ha generado impactos negativos significativos, como la contaminación de cuerpos de agua, la degradación del suelo y la pérdida de ecosistemas y hábitats naturales (Ortuño, 2017).

En Bolivia, el incremento reciente en la producción de alimentos industriales ha llevado a la proliferación de industrias que, debido a la flexibilidad de las autoridades ambientales y la falta de exigencia normativa, no cuentan con PMA que regule y mitiguen sus impactos ambientales (Ortuño, 2017). Particularmente en el departamento de Potosí, las industrias y centros de transformación de cítricos carecen de herramientas adecuadas para prevenir, reducir y mitigar los efectos ambientales adversos derivados de sus actividades, lo que afecta la calidad de vida de las comunidades locales y limita su integración efectiva en la economía regional (Romero, 2022). El Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Fabricante establece la obligatoriedad de elaborar un PMA para las industrias alimenticias, incluyendo los centros de transformación de cítricos. Este plan busca que las entidades reconozcan los impactos potenciales de sus operaciones y adopten programas de cumplimiento que aseguren el respeto a los parámetros ambientales vigentes (Fernández, 1997). La gestión ambiental basada en el conocimiento de las causas y efectos de los impactos es esencial para la prevención y corrección de daños ambientales, garantizando el cumplimiento de la legislación ambiental en todos los procesos industriales (Gahona, 2023)

El Parque Nacional Torotoro, con una extensión de 166 km², es el área protegida más pequeña de Bolivia, pero destaca por su diversidad ecosistémica y alto nivel de endemismo. Sin embargo, enfrenta serios desafíos para la conservación y manejo sostenible de sus recursos naturales y culturales. En su zona de amortiguamiento se encuentra el Centro de Transformación de Limón, ubicado a menos de 2 km del núcleo del parque, lo que incrementa la vulnerabilidad ambiental de esta área protegida (García, 2020).

En este contexto, resulta imprescindible la elaboración de un Plan de Manejo Ambiental para el Centro de Transformación de Limón en la comunidad Rancho Pampa, municipio de Torotoro, departamento de Potosí, con el fin de establecer medidas técnicas y normativas que permitan minimizar los impactos ambientales y promover un desarrollo industrial.

Materiales y métodos

Métodos de investigación

Análisis Documental y Bibliográfico: Se aplicó un análisis exhaustivo de documentos técnicos, normativos y científicos relacionados con la gestión de impactos ambientales en industrias de transformación de cítricos, específicamente para el Centro de Transformación de Limón en la comunidad Rancho Pampa (Torotoro). Este método permitió seleccionar y fundamentar los referentes teóricos pertinentes para el diseño del Plan de Manejo Ambiental.

Análisis y Síntesis: Se realizó un diagnóstico integral de la situación ambiental actual del Centro de Transformación de Limón, sintetizando la información recopilada para interpretar y evaluar los impactos ambientales identificados.

Métodos empíricos

Observación Científica: Se llevaron a cabo visitas de campo para la identificación directa de afectaciones en los factores ambientales (agua, suelo, aire, biodiversidad) vinculados a la operación industrial.

Esta observación permitió detectar modificaciones y tendencias asociadas a los impactos generados.

Medición: Se efectuó la caracterización cuantitativa de los impactos ambientales mediante la medición de parámetros físicos y químicos relevantes, tales como niveles de ruido, calidad de agua y generación de residuos sólidos, con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares ambientales vigentes.

Técnicas

Entrevistas Semi-estructuradas: Se recopilaron datos cualitativos a través de entrevistas dirigidas a los responsables del Centro de Transformación de Cítricos y miembros de la comunidad local, con el propósito de identificar percepciones, falencias y necesidades relacionadas con la gestión ambiental.

Instrumentos de investigación

Cuestionarios: Se aplicaron cuestionarios estructurados a 60 trabajadores y habitantes de Rancho Pampa para obtener información cuantitativa sobre prácticas ambientales, percepción de impactos y condiciones laborales.

Planillas de Registro: Se emplearon para documentar sistemáticamente la caracterización y cuantificación de residuos sólidos generados en el Centro de Transformación.

Monitoreos Ambientales: Se implementaron monitoreos periódicos para cuantificar emisiones atmosféricas y partículas contaminantes, con el objetivo de evaluar su incidencia en los factores ambientales circundantes.

Marco legal

La investigación se fundamentó en la normativa ambiental boliviana vigente, incluyendo:

- Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (2009)
- Ley N° 1333 del Medio Ambiente
- Reglamento General de Áreas Protegidas (DS N° 24781, 31 de julio de 1997)
- Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Fabricante (RASIM)

Instrumentos de gestión ambiental

Se consideraron los siguientes instrumentos para la regulación y gestión ambiental del Centro de Transformación:

- Instrumentos de Regulación de Alcance Particular (IRAP)
- Registro Ambiental Industrial (RAI)
- Plan de Manejo Ambiental (PMA)

Resultados

Antecedentes de la actividad

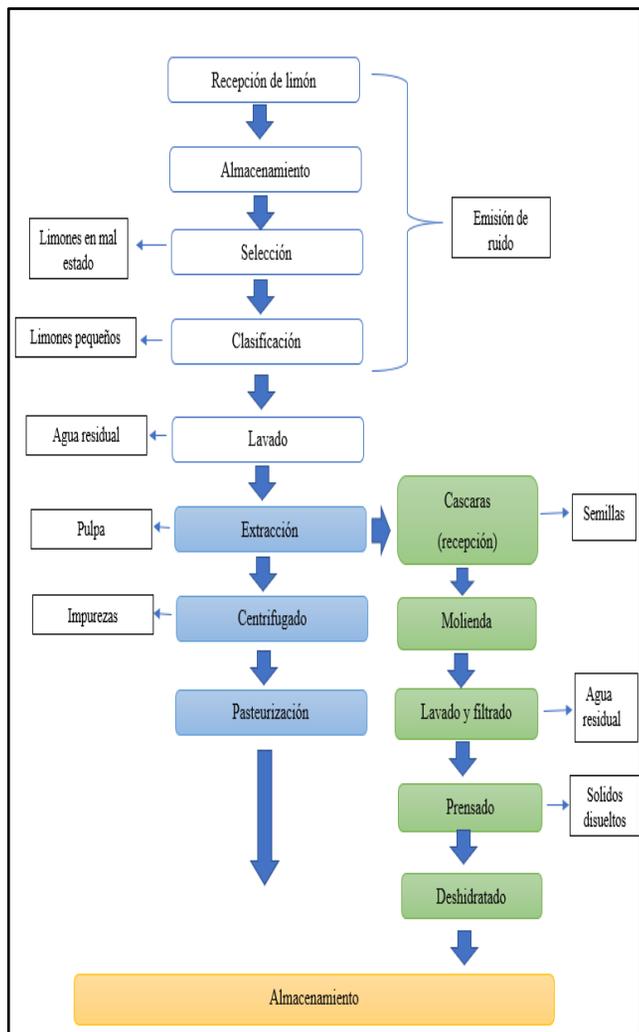
El Centro de Transformación de Limón de la comunidad Rancho Pampa, ubicado en las coordenadas 18°04'54.92" de latitud sur y 65°44'43.52" de longitud oeste, a una altitud promedio de 2.057 m snm, inició sus operaciones el 15 de marzo de 2022. Durante los últimos dos años, la planta ha operado consistentemente por encima del 80% de su capacidad instalada, lo que refleja un desempeño sostenido y eficiente en la producción de derivados de limón. La proyección de vida útil de la industria es de 15 años, en concordancia con los estándares de planificación industrial para infraestructuras agroindustriales en la región
Nombre de la unidad industrial: Centro de Transformación de Limón comunidad Rancho pampa - Torotoro

Razón social: Centro de Transformación de Limón Comunidad Rancho Pampa - Torotoro
Código RAI: 050502-003-CA4-2022
Código CAEB: 15132

Descripción de las operaciones del proceso

Dentro de la industria tenemos dos líneas de producción que son el jugo de limón y las cascaras deshidratadas para lo cual mostraremos un diagrama de flujo de producción

Diagrama 1 Operaciones del proceso



Producción jugo de limón

- **Recepción y descarga de materia prima:** Se acondiciona y recepción la materia prima en costales de 46kg en el proceso se genera polvo, ruido
- **Almacenamiento:** Se almacena la materia prima a 20°C de temperatura
- **Selección:** Ingresa por las bandas transportadoras a una capacidad de 1200 ton teniendo un 2,5% de pérdida llegando a ser 30 ton de materia en mal estado que quedaría generando esa cantidad de residuo anual, esto resto de materia en descomposición no cuentan con un lugar adecuado de almacenamiento ni disposición final (Relleno sanitario).

- **Clasificación:** Se clasifica a la materia prima por tamaños para que pueda entrar a la etapa de extracción de jugo, teniendo una cantidad de 1170 ton anuales de materia prima, con una 2,5% de perdidas llegando ser 26,91 ton anuales de materia residual que se genera en esta etapa de producción, como en la anterior etapa esta no tiene una disposición final adecuada de sus residuos.
- **Lavado:** En esta etapa se realiza el lavado de la materia prima ya seleccionada y clasificada con 1170 de materia prima, con un 0,6% de pérdida llegando a ser 6,86 ton anuales de residuo de impurezas las cuales no cuentan con una disposición final adecuada de los residuos.
- **Extracción:** En esta etapa se cortan los limones para luego extraer el jugo, teniendo 1137,91 ton anuales de materia prima y un 70% de perdidas llegando a ser 796,53 ton de residuo (semillas, pulpa, cascara), generando anualmente de residuos las cuales pasara a la otra línea de producción que son las cascara deshidratadas.
- **Centrifugado:** En esta etapa tenemos 341,38 ton anuales de materia prima que ingresa y una pérdida mínima de 0,1% de llegando a ser 3,41ton anuales las cuales terminan directamente en el desagüe de la industria.
- **Pasteurizado:** En esta etapa tenemos 337,97 ton de materia prima que ingresa de las cuales no tenemos perdidas de ningún tipo.

- **Embotellado:** Es la etapa donde se envasa al producto final en botellas de plástico PRT de 500ml y de 1lt

Cáscaras deshidratadas

- **Recepción:** Acondicionamiento y recepción de las cáscaras para su posterior transformación, teniendo una entrada de 300kg /h de las cuales no se presenta ningún tipo de perdidas mediante la duración de esta etapa.
- **Molienda y trituración:** El proceso de obtención de la cáscara deshidratada comienza con la trituración de la cáscara en un molino de martillos, esta etapa además de reducir el tamaño de la cáscara para facilitar el secado en esta etapa no se presenta ningún tipo de pérdidas.

- **Lavado y filtrado:** La cáscara se lava con agua en un tanque con el fin de solubilizar y eliminar las impurezas solubles que de otro modo darían un color indeseable durante el secado, en esta etapa no se presenta ningún tipo de pérdidas, por lo contrario, se liberan sólidos solubles.
- **Prensado:** En esta etapa la cáscara debe ser separada del agua del lavado por lo que es filtrada en un filtro parabólico, donde la cáscara filtrada es transportada directamente hacia el prensado, teniendo como entrada 300kh/h de materia, en esta etapa tenemos un 30% de pérdidas llegando a ser 90kg/h, 720 kg diarios y 187.200kg anuales de materia residual como ser los sólidos disueltos.
- **Deshidratado:** Se extrae la humedad contenida en la cáscara utilizando aire caliente capas de retirar agua hasta obtener los valores finales de 8 – 12 % de humedad. La cáscara es distribuida en bandejas que luego ingresan en la cámara de secado donde un quemador inyecta aire caliente. Este proceso tiene una duración de 8-10 hs para finalmente obtener la cáscara deshidratada, en el proceso tenemos un ingreso de 210kh/h, es en esta etapa donde se presentan la mayor cantidad de pérdidas con un estimado del 70% llegando a ser 147,02 kg/h, unos 1.476 kg diarios llegando a generar 305.801,6 kg anuales.
- **Envasado:** Una vez secado, se debe envasar para que la cáscara deshidratada no absorba agua del ambiente en una embolsadora de sacos/bolsas 25 a 50 kg.

Balance hídrico y energía

Balance hídrico del proceso productivo del centro de transformación. - Se utiliza una cantidad anual de 3.229,9 m³ de agua en el Centro de Transformación de Limón, 12,41 m³ de agua por día. Y la gestión de agua que se realiza dentro del centro de transformación de limón es la es de la siguiente manera.

El agua para proceso de producción del centro de transformación del limón es abastecida por la empresa local de agua potable del municipio, trasladada mediante ductos hacia un tanque de 50000 litros de hormigón armado.

El agua residual del proceso productivo es descargada directamente a campos abiertos, desembocando al río. Para el descargo de estas aguas se realiza previamente la separación de sólidos suspendidos mediante mallas de colectoras ubicadas en los canales dentro del proceso productivo.

Tabla 1 Promedios de consumo de agua por etapas

Etapa	Entrada (m ³ /año)	Salida(m ³ /año)
Jugo de limón	1851,8	1795,24
Cascara deshidratada	811,3	792,41
Limpieza de instalaciones y oficinas	566	566

El consumo de agua en la etapa de producción es de 2663,1 m³/año con una generación de agua residual de 2587,65 m³/año, y el consumo para la limpieza de las instalaciones es de 566 m³/año y la misma cantidad de agua residual generada.

Consumo de energía eléctrica. -En toda la línea de producción, se implementaron conexiones individuales diseñadas específicamente para minimizar las pérdidas de energía durante su transporte, logrando así una eficiencia energética óptima con pérdidas reducidas al mínimo. El consumo energético anual total asciende a 708.040 kWh, destacándose que el proceso de deshidratación de cáscaras representa la mayor demanda energética dentro de la planta. Esta distribución del consumo energético permite identificar áreas clave para la optimización y mejora continua en la gestión energética del centro productivo

Descripción de instalaciones y recursos humanos

La industria cuenta con dos áreas que son; área admirativa, área de transformación lo cual igual podemos misionar que cuenta con 40 trabajadores entre administrativos, operadores, supervisores, mantenimiento y serenos.

Identificación de impactos ambientales según el RASIM

Por las características que posee este tipo de Industria y por el lugar donde se sitúa, se asume que los posibles impactos ambientales afecten en los factores aire, agua y suelo por el vertido de sus descargas como se detallan en las tablas siguientes.

Tabla 2 Codificación

Componente	Código	Proceso y/o Actividad
Emisiones atmosféricas	AI 01	Transporte de materia prima y almacenamiento de producto-emisión de gases de efecto invernadero
	AI 02	Almacenamiento de material en mal estado – emisión de olores
	AI 03	Tanques sépticos – emisión de malos olores
Hídrico	AG 01	Lavado de la materia prima Limpieza de herramientas y/o equipos
	AG 02	Limpieza de oficinas
Residuos solidos	RS 01	Descarga de materia prima seleccionada (en mal estado)
	RS 02	Perdidas por impurezas
	RS 04	Actividad humana
	RS 05	Oficina
	Sustancias peligrosas	SP 01

Tabla 3 Fuentes y puntos de emisiones atmosféricas

Código	Fuentes/ puntos	Tipo de emisión de contaminante	Impacto
AI 01	Descarga de materia prima	Emisión de gases de efecto invernadero	Afecciones fisiológicas para el personal y de la población adyacente
AI 02	Almacenamiento de Material en mal estado	Emisión de olores	
AI 03	Tanques sépticos		

Tabla 4 Fuentes y puntos de emisiones de ruido.

Código	Fuente / Punto	Impacto
RV 01	Sección de descarga de materia prima	
RV 02	Transporte de materia prima mediante las bandas transportadoras	Afecciones fisiológicas para el personal y la población adyacente
RV 03	Extracción de jugo	
RV 04	Embazado del producto final	

Tabla 5 Fuentes y puntos de descargas líquidas.

Código.	Fuentes.	Volumen. m ³ /año	Tratamiento previo a la descarga.	Puntos de descarga.
AG 01	Lavado de materia prima	limón 1795,24	Solo realiza captura de solidos suspendidos en canales	Quebrada adyacente al centro de transformación
	Casca- ras	722,41		
AG 02	Limpieza de Instalaciones y oficinas	566	ninguno	Pozo séptico – quebrada adyacente

Tabla 6 Identificación de fuentes de generación de residuos sólidos

Código.	Fuente.	Tipos de residuos.	Disposición final.
RS 01	Selección de materia prima	Materia prima en descomposición, dañados y pequeños	No cuenta con un lugar adecuado para la disposición final de este tipo de residuos
RS 02	Perdida por impurezas	Producto que tiene un grado alto de impureza	No cuenta con una disposición final adecuada
RS 03	Actividad humana	Residuos asimilables a restos de limpieza de desechos orgánicos	No cuenta con un medio de transporte de residuos, tampoco con un relleno sanitario
RS 04	Oficinas	Papel, cartón, etc.	

Tabla 7 Caracterización de las emisiones atmosféricas por olor

Código.	Fuente.	Características.	Límites permisibles.
AI 02	Descomposición de materia seleccionada	Olores que se desprenden por la descomposición de los residuos en mal estado	No existen parámetros
AI 03	Pozo séptico	Olores que se desprenden del pozo séptico	

Tabla 8 Emisiones de gases AI 03

Movilidad	Punto de Muestreo	Combustible	Método	Co	No2	So2	Opacidad
				% Pp	%Vol	%	
				Vo m	L		
Camión	Caño de escape	Diesel	Electroquímico	1,8	247	0,62	9,4
Tractor	Caño de escape	Diesel	Electroquímico	2,1	219	0,47	7,6

Tabla 9 Caracterización de las emisiones atmosféricas por emisión de ruido.

Áreas emisoras de ruido							
Nº	Área de medición	Coordenadas	Método	Medición db (A)	Resultado		
				1	2	3	
1	Lado oeste	209467 E 7998593 S	NTP 270	75,2	74,9	74,8	74,97
2	Lado sur	209418 E 7998609 S	NTP 271	70,8	71,2	71,6	71,20
3	Lado este	209376 E 7998594 S	NTP 272	75,1	74,5	75,5	75,03
4	Lado norte	209417 E 7998565 S	NTP 273	69,8	69,1	69,0	69,30

Plan de prevención y mitigación (PPM)

Aspectos en materia de contaminación atmosférica:

Partículas y olores:

Objetivos: Mantener los parámetros que determinen la calidad del aire dentro de los límites permisibles, Limpieza y recolección de la materia en descomposición, y disposición final, Reducir la emisión de los gases que se generan por la maquinaria, Reducir la emisión de olores provenientes del material desechado.

Metas: Minimizar la emisión de olores en el área de desechos, minimizar la emisión de gases de las maquinarias.

Acciones: Realizar los mantenimientos preventivos de la maquinaria, dotación y uso de equipos de protección personal, limpieza y recolección y almacenamiento adecuado de los residuos, armonización en la unidad industrial en los predios de la industria.

Ruido:

Objetivos: Evitar que el ruido generado en el proceso productivo del centro de transformación de limón, ocasione molestias en la población circundante y a los trabajadores.

Metas: Que los niveles de emisión sonora bajen hasta debajo de límites permisibles que nos indica norma ambiental vigente.

Acciones: Mantenimiento constante de los equipos, herramientas e instalaciones para su adecuado funcionamiento, cumpliendo con las condiciones de seguridad industrial, Realizar monitoreos de ruido para que estas no sobrepasen los límites permisibles, Dotar al personal de equipos de protección auditiva.

Aspectos en materia de contaminación hídrica.

Objetivos: Implementar una gestión adecuada para el uso de recursos hídricos, implementación de un filtro de agua, realizar el tratamiento de aguas residuales.

Metas: optimización de los procesos donde existen el uso de agua, reutilizar el agua filtrada en el proceso de lavado, minimizar la concentración de contaminantes hasta alcanzar los límites permisibles y exigidos por la ley

Acciones: Capacitar al personal sobre la optimización del uso del agua en los procesos. implementar un filtro de agua para poder optimizar el consumo de los recursos hídricos, mejorar y realizar el mantenimiento constante de las mallas de retención y filtración de residuos en los puntos de conductos de desagüe de aguas en todo el proceso, implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales para sus descargas líquidas, reutilizar el agua obtenida de acuerdo a sus características previo, tratamiento.

Aspectos en materia de residuos sólidos.

Objetivos: Implementar un sistema de gestión y clasificación de los residuos sólidos adecuados, de acuerdo a la normativa boliviana NB. 758 en peligrosos y no peligrosos, disposición final adecuada de los residuos sólidos.

Metas: Minimizar los efectos de contaminación por residuos sólidos, cumplir con los requisitos para el manejo y almacenamiento temporal de los residuos sólidos exigidos en RASIM, tener un registro adecuado de las cantidades generadas de residuos sólidos y de sus transferencias a terceros o disposición final

Acciones: Implementación de un sistema de gestión y clasificación de residuos sólidos, capacitar al personal sobre el manejo y uso de residuos sólidos, implementación de una planta de compostaje, implementar registros por tipo y volumen de los residuos sólidos, realizar

convenios con la empresa local de aseos del Gobierno municipal de Torotoro para la disposición final adecuada de los residuos sólidos.

Aspectos en materia de sustancias peligrosas.

Objetivos: La industria no ase uso de ninguna sustancia peligrosa

Presupuesto: la implementación de un PMA en la industria tiene un costo de 49255,15

\$ con un costo de inversión de 32605,73 \$ y un costo de operación de 16646,42 \$

Plan de aplicación y seguimiento ambiental (PASA)

El PASA requerido para el seguimiento a las acciones propuestas deberán permitir efectuar un control para que las medidas de mitigación propuestas en el PPM sean cumplidas y los. Impactos reales puedan ser evaluados. Para mejorar o modificar las medidas propuestas durante la operación del proceso de producción del Centro de Transformación de Limón.

Objetivo general: El principal objetivo del PASA es el de establecer medidas para asegurar el cumplimiento y desarrollo de las acciones, en conformidad a los lineamientos propuestos para tales efectos.

Objetivos específicos:

- Controlar el cumplimiento de las recomendaciones de ajuste ambiental y las medidas de mitigación.
- Proporcionar información de los impactos que resultan de las acciones propuestas. Con esta información es posible hacer una predicción más confiable de los impactos.
- Tomar datos y control puntual de determinados factores que permitan ir llenando un registro de Estado del medio ambiente.
- Proporcionar información que puedan usarse para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación instrumental y para verificar los impactos predichos, por lo tanto, validados, modificar y/o ajustar las técnicas de predicción utilizadas.

Discusión

La industria presenta emisiones significativas de gases y olores derivados de la división de residuos orgánicos y del funcionamiento de la maquinaria.

El mantenimiento adecuado de los equipos es fundamental para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, optimizando su eficiencia energética y prolongando su vida útil, tal como se ha evidenciado en sectores similares donde la modernización y mantenimiento de maquinaria han disminuido la huella de carbono industrial. Además, la gestión oportuna de residuos orgánicos minimiza la generación de olores desagradables y evita su acumulación, contribuyendo a mejorar la calidad ambiental interna. La implementación de barreras vegetales, mediante la plantación de árboles dentro y alrededor de la industria, actúa como sumidero de contaminantes atmosféricos y ayuda a mitigar olores, favoreciendo la calidad del aire en el entorno inmediato

El ruido generado por la industria, asociado al mal mantenimiento de equipos ya la alta producción, representa un riesgo para la salud ocupacional y ambiental. El mantenimiento preventivo de la maquinaria es una medida eficaz para disminuir las emisiones sonoras, garantizando un funcionamiento óptimo y reduciendo vibraciones y ruidos excesivos. El monitoreo periódico de los niveles de ruido es indispensable para asegurar el cumplimiento de los límites normativos y para detectar posibles desviaciones que requieran intervención inmediata. Además, el uso adecuado de equipos de protección personal, especialmente protectores auditivos, es esencial para prevenir daños auditivos en el personal expuesto

El consumo elevado de agua y la descarga de efluentes contaminados constituyen un problema crítico que afecta tanto a la comunidad local como al área protegida de Torotoro. La implementación de tecnologías de recirculación, como sistemas de filtración con capacidad de 2 m³/h, permite reducir el consumo hídrico en hasta un 50%, con un bajo consumo energético gracias a la tecnología moderna empleada.

El mantenimiento regular de mallas de retención de sólidos es clave para disminuir la carga contaminante en las aguas residuales, evitando la acumulación de sólidos suspendidos que afecta la calidad del agua. La instalación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales representa una solución eficiente, económica y ambientalmente amigable para reducir parámetros contaminantes como DBO, DQO y sólidos disueltos, contribuyendo a la restauración de la calidad hídrica en zonas sensibles

La generación y disposición inadecuada de residuos sólidos es una fuente importante de contaminación y riesgos ambientales. La implementación de un sistema integral de recolección y clasificación de residuos permite minimizar la acumulación y facilitar su manejo adecuado. La capacitación del personal en la segregación de residuos (orgánicos, peligrosos y asimilables a domésticos) es fundamental para reducir impactos negativos asociados a la mala gestión. La planta de compostaje transforma los residuos orgánicos en abono y fertilizante natural, promoviendo un ciclo cerrado de nutrientes que beneficia tanto al medio ambiente como a la comunidad agrícola local. Esta medida puede reducir más del 90% de los residuos sólidos generados, disminuyendo significativamente los impactos ambientales derivados de su disposición final. Finalmente, el registro sistemático de los tipos y volúmenes de residuos generados es indispensable para planificar y ejecutar una disposición final adecuada y conforme a la normativa vigente.

La evaluación económica del Plan de Manejo Ambiental (PMA) para el Centro de Transformación de Limón de Rancho Pampa evidencia la viabilidad financiera de su implementación a mediano plazo. Según los resultados presentados en la Tabla 1, la inversión inicial requerida asciende a 49.255,15 USD, desembolsada en el año cero del proyecto.

A partir del primer año de operación, se observa una tendencia creciente en los ingresos anuales, que pasan de 46.629,14 \$ en el primer año a 59.932,24 \$ en el quinto año. Los egresos anuales, asociados a los costos operativos y de mantenimiento del PMA, se mantienen constantes en 19.187,34 \$ a partir del segundo año. El flujo de efectivo neto evidencia que la recuperación de la inversión se produce a partir del segundo año, con valores positivos crecientes que alcanzan los 40.744,90 \$ en el año quinto. Este comportamiento indica que el proyecto no solo es capaz de cubrir los costos iniciales y operativos, sino que también genera un excedente económico significativo. Los indicadores financieros calculados refuerzan esta conclusión: la Tasa Interna de Retorno (TIR) es del 35,72%, valor considerablemente superior a la tasa de descuento utilizada (15%), lo que demuestra la rentabilidad del proyecto. Asimismo, el Valor Actual Neto (VAN) asciende a 37.287,48 \$, confirmando la generación de valor económico a lo largo del horizonte de evaluación. En conjunto, estos resultados demuestran que la implementación del PMA no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental y al cumplimiento normativo, sino que también representa una alternativa económicamente atractiva para la industria, con un período de recuperación de la inversión inferior a dos años y una rentabilidad robusta en el mediano plazo.

Conclusiones

La propuesta del Plan de Manejo Ambiental (PMA) fue elaborada conforme a la Ley N° 1333 del Medio Ambiente y al Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM), incorporando todos los lineamientos y normativas vigentes para garantizar su cumplimiento integral.

Se identificaron y caracterizaron los principales impactos ambientales en los factores aire, agua y suelo, lo que permitió diseñar medidas específicas de prevención, reducción y mitigación adaptadas a las particularidades de la industria.

La elaboración del PMA se basó en los datos de producción correspondientes al año 2023, debido a la imposibilidad de acceder a información de años anteriores por políticas internas de confidencialidad de la empresa.

Durante el diagnóstico ambiental y los monitoreos realizados, se constató que la industria no cumple con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental, especialmente en lo referente a la contaminación acústica, superando en tres puntos de medición el umbral de 70 dB(A). Los resultados de los monitoreos de ruido confirmaron que las emisiones sonoras de la planta exceden los niveles permisibles, lo que evidencia la necesidad urgente de implementar medidas correctivas.

La inversión estimada para la implementación del PMA asciende a 49.255,15 dólares americanos, con una proyección de ejecución y evaluación a cinco años.

El análisis económico proyectado a cinco años demuestra la viabilidad financiera del PMA, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 36% y un Valor Actual Neto (VAN) de 38.222,26 dólares, recuperando la inversión inicial a partir del segundo año de implementación.

Referencias

- Badgley, C. (2007). "Can Organic Agriculture Feed the World? Preface". *Renewable Agriculture and Food Systems* 22(2): 80-86. DOI <https://doi.org/10.1017/s1742170507001986>
- Beltrán, C. A. & Vela, Z. K. (2024). Apoyo a la actualización al plan de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) en la Plaza de mercado Las Flores en Bogotá D.C, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11349/95295>

- Candelaria, B., Ruiz, O., Pérez, P., Gallardo, F., Vargas, L., Martínez, A. y Flota, F. (2014). “Sustentabilidad de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas 1, Veracruz, México”. *Revista Cuadernos de Desarrollo Rural* 73(11): 87-104. DOI <https://doi.org/10.11144/javeriana.cd.r11-73.sdsm>
- Cardoso, A. N. & Moreno, E. (2024). Formulación del plan de manejo ambiental de la finca de La Ruta Vereda el Ocaso, sector San Cayetano del municipio de Zipacón Cundinamarca. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11349/94348>
- Fernandez, V. C. (1997). elaboración de un plan de manejo ambiental. conseca.
- Clavijo, P., Pérez, S., Guanoquiza, J., & Caguana, M. (2024). Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental en los Páramos de los Illinizas Sur: un estudio de caso en las termas de Cunuyacu, Ecuador. *REVISTA DELOS*, 18(63), e3661. <https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n63-131>
- García, G. (2018). Análisis financiero ambiental de la administración de los desechos sólidos y su incidencia en la viabilidad financiera en los centros de distribución de productos de tocador en el municipio de Mixco. [Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_5968.pdf
- G.A.M.Torotoro. (2021). resumen ejecutivo. rodriguez.
- Gahona, M. (2023). problemas ambientales en la industria. Gahona.
- Garcia, G. (2020). parque naciona Torotoro. Garcia.
- Gutierrez, E. & Cortes, J. S. (2021). Diseño del plan de gestión ambiental para el Centro de Autoservicios Santa Bárbara ubicado en la localidad Suba – Bogotá. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.14625/22429>
- Liverman, D., Hanson, M., Brown, B. y Merideth, R. (1988). “Global Sustainability: Toward Measurement”. *Environmental Management* 12(2):133-143. DOI <https://doi.org/10.1007/bf01873382>
- Ortuño, S. G. (2017). PMA, industria de los alimentos. sonia.
- Otero Martínez, G. (2024). Implementación de un plan de manejo ambiental en un centro logístico e industrial: estrategia para minimizar impactos ambientales negativos. Universidad de Córdoba.
- Pimentel, D. (2005). “Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems”. *BioScience* 55(7): 573-582. DOI [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0573:EEAECO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0573:EEAECO]2.0.CO;2)
- Pineda Ortiz, A. (2010). Implementación del sistema de gestión ambiental en la empresa G.L. Ingenieros S.A. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11059/1223>
- RASIM – Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero.
- Rios Coz, I y Padilla Coz, N. (2024). Percepción sobre actitud ambiental y manejo de residuos sólidos en los estudiantes de secundaria de la I.E. 32737 Santa Virginia -Huánuco, 2023. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Disponible en: <https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/11842>

- Santistevan, M., Borjas, R., Alvarado, L., Anzules, V., Castro, V. y Julca, A. (2018). “Sustainability of Lemon (*Citrus aurantifolia Swingle*) Farms in the Province of Santa Elena, Ecuador”. *Peruvian Journal of Agronomy* 2(3): 44-53. DOI <https://doi.org/10.21704/pja.v2i3.1210>
- Silva Ayala, J. (2018). Propuesta para la elaboración de un programa de gestión ambiental en base a los requisitos de la norma ISO 14.001 para el uso y almacenamiento de insumos peligrosos en una planta de tratamiento de aguas servidas. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/1528>
- Zamilpa, J. (2016). “Estado de la cuestión sobre las críticas a la agricultura orgánica”. *Acta Universitaria* 26(2): 40-49. DOI <https://doi.org/10.15174/au.2016.854>