ATMIRE

Title	Propuesta de un Plan de Gestión Ambiental basado en la evaluación y priorización de impactos ambientales mediante la matriz de Leopold en Industrias Nettalco S.A., empresa del sector textil de Lima, Perú (Línea de Investigación: Ecoeficiencia y Producción más Limpia)
Item Type	http://purl.org/coar/resource_type/c_bdcc
Authors	Hurtado Arriola, Alejandro Aldo;Casas Deza, Ana Cristina
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	https://purl.org/coar/access_right/c_abf2
Download date	2026-11-27 21:40:27
Item License	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Link to Item	https://hdl.handle.net/10757/690650

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD

Propuesta de un Plan de Gestión Ambiental basado en la evaluación y priorización de impactos ambientales mediante la matriz de Leopold en Industrias Nettalco S.A., empresa del sector textil de Lima, Perú (Línea de Investigación: Ecoeficiencia y Producción más Limpia)

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado como parte de los requisitos para optar el grado académico de Maestro en Gestión Ambiental y Sostenibilidad

AUTOR(ES)

Hurtado Arriola, Alejandro Aldo 0009-0005-1042-1743
Casas Deza, Ana Cristina 0009-0000-9701-4596

ASESOR(ES)

Champin Luy, Giovanni Martín 0009-0000-2046-6201

Lima, 02 de julio de 2026

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo proponer un plan de gestión ambiental, sustentado en la evaluación y priorización de los impactos ambientales generados por el proceso productivo de Industrias Nettalco S.A., empresa del sector textil en Lima, Perú, utilizando como herramienta la matriz de Leopold. El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y no experimental, empleando como técnica principal la revisión documental de registros ambientales correspondientes al año 2025, incluyendo monitoreos de efluentes, emisiones atmosféricas, inventarios de gases de efecto invernadero, huella hídrica y declaraciones de residuos sólidos de las plantas Vulcano y Cercado de Lima.

Los resultados evidencian que la calidad del agua constituye la variable de mayor criticidad ambiental, asociada principalmente a los procesos de tintorería y acabado, debido al uso intensivo de agua y la generación de efluentes con alta carga contaminante. Asimismo, los residuos sólidos presentan la mayor carga acumulada de impactos, concentrados en la etapa de corte, mientras que las emisiones gaseosas y la calidad del aire muestran una menor significancia relativa, aunque requieren control continuo.

A partir de estos resultados, se plantean lineamientos generales orientados a la prevención, control y mejora del desempeño ambiental, estructurados en programas asociados a las variables priorizadas. El estudio contribuye a la aplicación de herramientas de evaluación ambiental en el sector textil y a la toma de decisiones basada en criterios técnicos y cuantitativos.

Palabras clave: matriz de Leopold; impactos ambientales; industria textil; gestión ambiental; calidad del agua

Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado: [Selecciona con (X) uno o más ODS relacionados con el tema de investigación del trabajo]

Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS)	**Marque**
ODS 1: Fin de la pobreza||SDG 1: No poverty	
ODS 2: Hambre cero||SDG 2: Zero hunger	
ODS 3: Salud y bienestar||SDG 3: Good health and well-being	
ODS 4: Educación de calidad||SDG 4: Quality education	
ODS 5: Igualdad de género||SDG 5: Gender equality	
ODS 6: Agua limpia y saneamiento||SDG 6: Clean water and sanitation	X
ODS 7: Energía asequible y no contaminante||SDG 7: Affordable and clean energy	
ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico||SDG 8: Decent work and economic growth	
ODS 9: Industria, innovación e infraestructura||SDG 9: Industry, innovation and infrastructure	X
ODS 10: Reducción de las desigualdades||SDG 10: Reduced inequalities	
ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles||SDG 11: Sustainable cities and communities	X
ODS 12: Producción y consumo responsables||SDG 12: Responsible consumption and production	X
ODS 13: Acción por el clima||SDG 13: Climate action	X
ODS 14: Vida submarina||SDG 14: Life below water	
ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres||SDG 15: Life on land	
ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas||SDG 16: Peace, justice and strong institutions	
ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos||SDG 17: Partnerships for the goals	

Abstract

The present study aims to propose an environmental management plan, based on the evaluation and prioritization of the environmental impacts generated by the production process of Industrias Nettalco S.A., a company in the textile sector in Lima, Peru, using the Leopold matrix as the main analytical tool. The study was developed under a descriptive and non-experimental approach, using documentary review as the main technique, based on environmental records from 2025, including wastewater monitoring, air emissions, greenhouse gas inventories, water footprint, and solid waste reports from the Vulcano and Cercado de Lima plants.

The results show that water quality is the most critical environmental variable, mainly associated with dyeing and finishing processes due to intensive water use and the generation of high-load effluents. Likewise, solid waste presents the highest accumulated impact, concentrated in the cutting stage, while gaseous emissions and air quality show lower relative significance, although they require continuous control.

Based on these findings, general guidelines are proposed to support prevention, control, and improvement of environmental performance, structured into programs associated with the prioritized variables. This study contributes to the application of environmental assessment tools in the textile sector and supports decision-making based on technical and quantitative criteria.

Keywords: Leopold matrix; environmental impacts; textile industry; environmental management; water quality

N° 25789_Hurtado Arriola, Alejandro Aldo_Propuesta de un Plan de Gestión Ambiental basado e

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	11%	11%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1 libros.edicionesclio.com
Fuente de Internet

2 www.coursehero.com
Fuente de Internet

3 hdl.handle.net
Fuente de Internet

4 repositorio.uns.edu.pe
Fuente de Internet

5 POBLETE HERNANDEZ VANESSA. "PAMA de las Instalaciones de Comercialización de Residuos Sólidos-IGA0000030", R.D. Nº 511-2015/DSB/DIGESA/SA, 2020
Publicación

6 es.scribd.com
Fuente de Internet

7 ria.utn.edu.ar
Fuente de Internet

8 ECOGESTION CONSULTORES S.A.C.. "Actualización de la DIA del Proyecto Nueva Planta Estructuras Pretensadas-IGA0003036", R.D. N° 872-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI 2020
Publicación

9 repositorio.ulima.edu.pe
Fuente de Internet

10 APS INGENIEROS S.A.C.. "PAMA de Instalaciones de Comercialización de Residuos Sólid IGA0001480", R.D. Nº 0412-2017/DSA/DIGESA/SA, 2020
Publicación

11 CONSULTORIA Y SOLUCIONES TECNOLOGICAS AMBIENTALES S.A.C.. "Atualización del P de Manejo Ambiental del DAP para la Actividad Línea de Producción de Jabones-IGA0006833", R.D. N° 243-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020
Publicación

12 repositorio.uasb.edu.ec
Fuente de Internet

Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC

Dedicatorias

A Dios, por la fortaleza durante este proceso.

A mis padres, por su formación y valores.

A mi esposa Rocío y a mis hijos Camilo y Amelia, por su apoyo constante e inspiración.

Alejandro A. Hurtado Arriola

A Dios, por guiar cada paso de este camino.

A mis padres, por motivarme siempre a ser una mejor versión de mí.

A mi hermano, por ser mi guía y ejemplo.

Finalmente, a mis mascotas, por ser mi compañía incondicional.

Ana C. Casas Deza

Agradecimientos

Agradecemos al profesor Giovanni Champin por su orientación y acompañamiento durante el desarrollo de la presente investigación.

Asimismo, a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por la formación brindada, y a Industrias Nettalco S.A. por facilitar la información y el contexto requeridos para la realización del estudio.

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1 Problema de investigación 1
1.1. Planteamiento del Problema 1
1.2. Justificación 6
1.3. Preguntas de Investigación 6
1.3.1. Pregunta General 6
1.3.2. Preguntas Específicas 7
1.4. Objetivos de Investigación 7
1.4.1. Objetivo General 7
1.4.2. Objetivos Específicos 7
1.5. Alcance y Delimitación 7
CAPÍTULO 2 Marco teórico 9
2.1. Bases teóricas de los impactos ambientales en la industria textil 9
2.1.1. Calidad del agua en la industria textil 9
2.1.2. Calidad del aire en zonas industriales textiles 10
2.1.3. Emisiones gaseosas industriales 11
2.1.4. Residuos sólidos textiles 11
2.2. Contexto sectorial del rubro textil 12
2.2.1. Importancia económica del sector textil en el Perú 12
2.2.2. Características del proceso productivo textil 13
2.2.3. Impactos ambientales del sector textil 15
2.3. Marco normativo ambiental 17
2.4. Herramientas de gestión y diagnostico ambiental 18
2.4.1. Diagnostico ambiental 18
2.4.2. Matrices de priorización de impactos ambientales 19
2.4.3. Métodos de monitoreo ambiental 20
2.5. Producción Más Limpia (PML) 21
2.6. Revisión Investigativa 21
CAPÍTULO 3 Metodología 33
3.1. Enfoque de investigación 33
3.2. Tipo y diseño de investigación 33
3.3. Variables de estudio 34
3.4. Población y muestra 34
3.5. Operacionalización de variables 36

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 45
3.7. Procedimiento de evaluación de impactos mediante la Matriz de Leopold..... 45
CAPÍTULO 4 Resultados 54
4.1. Resultados del diagnóstico ambiental 54
4.1.1. Calidad del agua 54
4.1.2. Calidad del aire 57
4.1.3. Emisiones gaseosas 59
4.1.4. Residuos sólidos 61
4.2. Evaluación de impactos ambientales mediante la Matriz de Leopold 64
4.2.1. Aplicación de la matriz de Leopold 64
4.2.2. Análisis de resultados de la evaluación de impactos ambientales 68
4.2.3. Priorización de impactos ambientales 74
CAPÍTULO 5 Discusión de resultados 77
5.1. Relación entre impactos ambientales y proceso productivo 77
5.2. Relación entre resultados y el marco teórico 78
5.3. Análisis crítico de la evaluación de impactos 79
5.4. Implicancias del estudio 81
CAPÍTULO 6 Propuesta del plan de gestión ambiental 83
6.1. Enfoque de la propuesta 83
6.2. Lineamientos del plan de gestión ambiental 84
6.3. Programas de gestión ambiental por variable 85
6.3.1. Programa de gestión de la calidad de agua 85
6.3.2. Programa de gestión de residuos sólidos 86
6.3.3. Programa de control de emisiones atmosféricas 87
6.4. Plan de implementación 88
CAPÍTULO 7 Conclusiones y recomendaciones 89
7.1. Conclusiones 89
7.2. Recomendaciones 90
7.2.1. Recomendaciones para la gestión de la calidad de agua 90
7.2.2. Recomendaciones para la gestión de residuos sólidos textiles 90
7.2.3. Recomendaciones para la gestión de emisiones atmosféricas 90
7.2.4. Recomendaciones para el fortalecimiento del sistema de gestión ambiental ... 91
Referencias……..... 92
Anexos……. 98

Lista de Tablas

Tabla 1 *Parámetros ambientales e instrumentos normativos aplicados a las variables de estudio*.....38
Tabla 2 *Matriz de Operacionalización*.....41
Tabla 3 *Escala de valoración de la magnitud (M) de los impactos ambientales*.....46
Tabla 4 *Escala de valoración de la importancia (I) de los impactos ambientales* 46
Tabla 5 *Clasificación de los impactos ambientales según el valor del producto MxI* 47
Tabla 6 *Matriz de Leopold adaptada para la industria textil objeto de estudio*.....51
Tabla 7 *Resultados comparativos de calidad de agua en efluentes industriales-Planta Vulcano*.....55
Tabla 8 *Recuperación de agua en el sistema de tratamiento – Año 2025*.....57
Tabla 9 *Resultados de monitoreo de calidad de aire* 58
Tabla 10 *Emisiones de gases de efecto invernadero por planta (2025)*.....59
Tabla 11 *Distribución estimada de residuos textiles por etapa del proceso productivo* 61
Tabla 12 *Matriz de Leopold aplicada para la evaluación de impactos ambientales en el proceso textil* 65
Tabla 13 *Impacto ambiental acumulado por variable* 69
Tabla 14 *Frecuencia de impactos por variable ambiental*.....70
Tabla 15 *Indicador de intensidad promedio de impactos por variable ambiental* 72
Tabla 16 *Impactos ambientales más representativos según valor de significancia (MxI)*..75
Tabla 17 *Programa de gestión de la calidad del agua en el proceso productivo textil*.....85
Tabla 18 *Programa de gestión de residuos sólidos textiles en el proceso productivo textil* 86
Tabla 19 *Programa de control de emisiones atmosféricas en el proceso productivo textil*87
Tabla 20 *Plan de implementación del plan de gestión ambiental*.....88

Lista de Figuras

Figura 1 *Análisis PESTEL de la industria textil en Lima Metropolitana*.....5
Figura 2 *Tratamiento de efluentes textiles en Industrias Nettalco S.A.*.....25
Figura 3 *Detalle del proceso de tratamiento de efluentes textiles*.....26
Figura 4 *Flujograma de la metodología para la evaluación y priorización de impactos ambientales.*.....50
Figura 5 *Distribución porcentual de emisiones de gases de efecto invernadero por planta (2025).* 60
Figura 6 *Distribución porcentual de residuos textiles por etapa del proceso productivo (2025).* 63
Figura 7 *Frecuencia de impactos ambientales por variable*.....71
Figura 8 *Impactos ambientales de mayor significancia por variable ambiental* 73

CAPÍTULO 1 Problema de investigación

1.1. Planteamiento del Problema

La industria textil es reconocida a nivel mundial como uno de los sectores productivos con mayor presión sobre los recursos naturales, especialmente sobre el agua, la energía y el ambiente atmosférico. Diversos estudios señalan que este sector es responsable de aproximadamente el 20 % de la contaminación industrial del agua y cerca del 10 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), debido al uso intensivo de procesos húmedos, sustancias químicas, combustibles fósiles y a la generación de efluentes con alta carga contaminante (Ellen MacArthur Foundation, 2021; PNUMA, 2023). Esta situación ha motivado que, a nivel internacional, se promuevan modelos de producción más limpia y economía circular orientados a reducir los impactos ambientales de la actividad textil.

En paralelo a su relevancia ambiental, la industria textil cumple un rol económico estratégico por su aporte al empleo, a las exportaciones y a la dinamización de las cadenas productivas. En América Latina, países como Brasil, Argentina, Uruguay y Perú han desarrollado importantes complejos textiles, especialmente vinculados a fibras naturales como el algodón, la lana y la alpaca (Jarpa & Halog, 2021).

Desde el punto de vista ambiental, la magnitud de los impactos asociados al sector textil también resulta relevante para los países latinoamericanos. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2023b), “la industria textil consume 215 billones de litros de agua al año”, asimismo, se estima que “las microfibras procedentes de textiles sintéticos representan entre el 16 % y el 35 % de la contaminación marina por micro plásticos”. En relación con las materias primas utilizadas por el sector, “el algodón se cultiva únicamente en el 2,5 % de la superficie agrícola mundial, representa el 22,5 % del uso mundial de insecticidas” y que “más de 150 millones de árboles son talados anualmente para la producción de fibras celulósicas artificiales como la viscosa y el modal” (UNEP, 2023b).

Por otro lado, el sector textil genera entre el 2 % y el 8 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y cada año se generan 92 millones de toneladas de residuos textiles, equivalentes a un camión lleno de ropa desechada o incinerada cada

segundo. Adicionalmente, se reporta que, en 2023 solo el 8 % de las fibras textiles se produjeron a partir de fuentes recicladas y menos del 1 % del mercado total de fibras provino del reciclaje textil a textil (UNEP, 2023a, 2025).

Estos indicadores evidencian que la expansión y permanencia de la industria textil plantean importantes retos en materia de sostenibilidad ambiental, especialmente en relación con el uso eficiente de los recursos naturales, la reducción de emisiones y la gestión adecuada de residuos.

En el contexto peruano, y particularmente en Lima Metropolitana, la problemática se intensifica debido a la alta concentración de actividades industriales. Estudios recientes evidencian que la contaminación atmosférica en Lima presenta una tendencia creciente, asociada principalmente a fuentes móviles e industriales, entre las que se incluyen las plantas textiles, curtiembres y fábricas de procesos químicos (Liliana Fabiola Moretti-Villegas et al., 2023). Estas instalaciones emiten material particulado, gases de combustión y vapores orgánicos que deterioran la calidad del aire y generan riesgos para la salud pública. A ello se suma la debilidad y fragmentación de la fiscalización ambiental, que limita la capacidad de control efectivo sobre estas fuentes contaminantes.

Desde el punto de vista ambiental, diversos estudios técnicos muestran que los procesos de teñido y acabado son altamente intensivos en agua, energía y productos químicos. A partir de campañas de muestreo en pequeñas y microempresas de teñido en Lima, Eckert (2023) documenta casos en los que el consumo de agua puede alcanzar del orden de cientos de kilogramos de agua por kilogramo de producto acabado y en los que el caudal de aguas residuales y la generación de lodos son muy elevados. Sin embargo, el propio autor enfatiza que estos valores corresponden a configuraciones específicas de proceso y que el consumo real varía significativamente según el tipo de fibra, el equipamiento, el grado de recirculación y las tecnologías de tratamiento implementadas (Eckert, 2023; PNUMA, 2023).

A ello se suma un contexto de alta informalidad laboral y empresarial, que limita la implementación sistemática de sistemas de tratamiento de efluentes, controles de emisiones atmosféricas y gestión adecuada de residuos sólidos. (PRODUCE, 2021) estima que alrededor del 76 % del empleo en el sector textil y confecciones es informal, lo que implica talleres que operan fuera del alcance pleno de la fiscalización ambiental y con

capacidades técnicas y financieras restringidas para adoptar Producción Más Limpia (PML) y planes de gestión ambiental robustos. En el Perú, la gestión de aguas residuales y de los aspectos ambientales asociados se encuentra regulada por el D.S. N.° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Agua; el D.S. N.° 010-2019-VIVIENDA, que establece los Valores Máximos Admisibles para descargas de aguas residuales no domésticas; el D.S. N.° 003-2017-MINAM y el D.S. N.° 030-2021-MINAM, relacionados con la gestión ambiental y el control de la contaminación; así como por la Ley General del Ambiente N.° 28611 y la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N.° 1278.

En este escenario, la industria textil aporta de manera directa a la problemática ambiental de Lima, no solo por sus emisiones atmosféricas, sino también por los vertimientos de aguas residuales con colorantes, metales pesados y carga orgánica, así como por la creciente generación de residuos sólidos textiles. Sin embargo, gran parte de estas actividades operan con limitaciones en su gestión ambiental, ya sea por informalidad, carencia de diagnósticos técnicos integrales o baja adopción de herramientas de ecoeficiencia.

En consecuencia, el problema central de esta investigación no se circunscribe a un único tipo de contaminación, sino que se delimita de manera integral en la insuficiente gestión ambiental de la industria textil de Lima, la cual genera impactos significativos sobre el recurso hídrico, el aire, las emisiones y los residuos, sin disponer en muchos casos de instrumentos de planificación ambiental que permitan anticipar, reducir y controlar dichos efectos de forma eficiente.

El presente trabajo aporta una aplicación sistemática de herramientas de evaluación ambiental: matriz de Leopold y matriz de operacionalización de variables, orientadas al sector textil formal de Lima Metropolitana. Para ello, se tomó como objeto de estudio a Industrias Nettalco S.A., empresa textil formal ubicada en Lima Metropolitana, cuyas características operativas y disponibilidad de información técnica la constituyen en una unidad de análisis pertinente para el desarrollo de la propuesta, utilizando información documental correspondiente al año 2025.

El valor del estudio radica en que permite identificar, priorizar y jerarquizar los impactos ambientales generados en los principales procesos productivos textiles (tejeduría, tintorería, acabados, confección y lavandería), generando una línea base ambiental

cuantificada, útil para la toma de decisiones técnicas y el diseño de estrategias de gestión ambiental y mejora continua acordes con la normativa ambiental peruana vigente.

Asimismo, el estudio contribuye a reducir brechas de información ambiental en empresas textiles que, si bien cumplen parcialmente con la normativa, no cuentan con un sistema estructurado de evaluación y priorización de impactos, fortaleciendo principalmente la fase de planificación de la gestión ambiental, al proporcionar insumos técnicos, evaluación y jerarquización de impactos ambientales. De este modo, el estudio contribuye a la elaboración de planes de gestión ambiental, programas de prevención y control, así como a la adopción de decisiones enfocadas en la mejora continua y en el cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental. Como resultados del estudio se espera obtener:

- La priorización de impactos ambientales por proceso productivo y por variable ambiental, mediante la valoración de magnitud e importancia.
- La identificación de actividades críticas con mayor incidencia ambiental dentro de la cadena productiva textil.
- Una matriz de operacionalización que establezca indicadores ambientales medibles y comparables para el año 2024.
- La formulación de recomendaciones técnicas orientadas a la mitigación, control y mejora del desempeño ambiental de la empresa.

Con la finalidad de complementar el análisis del contexto de la industria textil en Lima Metropolitana, se realizó un análisis PESTEL que nos permite identificar los principales factores externos que influyen en la gestión ambiental y en el desempeño del sector, cuyos resultados se presentan en la Figura 1.

Figura 1

Análisis PESTEL de la industria textil en Lima Metropolitana



1.2. Justificación

La presente investigación se justifica desde un enfoque teórico, metodológico y práctico en el contexto de la industria textil de Lima Metropolitana. Desde el punto de vista teórico, contribuye al desarrollo del conocimiento aplicado sobre la gestión ambiental en el sector textil peruano, integrando variables clave como la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y la generación de residuos sólidos, las cuales han sido abordadas de manera fragmentada y no integrada en estudios previos.

Desde el enfoque metodológico, el estudio aporta una aplicación sistemática de la Matriz de Leopold orientada al diagnóstico y jerarquización de impactos en el contexto productivo textil de Lima. Esta herramienta posibilita medir la magnitud y la importancia de los impactos generados por los procesos productivos, facilitando su jerarquización y priorización en función de su significancia ambiental, y contribuyendo a una toma de decisiones basada en criterios técnicos.

En el ámbito práctico, la investigación proporciona una línea base ambiental cuantificada para la empresa Industrias Nettalco S.A., permitiendo identificar y priorizar actividades críticas dentro de los procesos productivos textiles. Esto facilita la formulación de un plan de gestión ambiental orientado a la prevención, mitigación y control de impactos, alineado con la normativa ambiental peruana vigente y con enfoques de Producción Más Limpia.

Desde una perspectiva ambiental y social, el estudio contribuye a fortalecer las capacidades técnicas en el sector textil formal de Lima, un segmento con déficits notorios en diagnóstico, evaluación de efectos ambientales y planificación de respuestas organizadas.

1.3. Preguntas de Investigación

1.3.1. Pregunta General

¿Cómo diseñar un plan de gestión ambiental mediante la aplicación de la Matriz de Leopold para la adecuada gestión de los impactos ambientales en la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos generados por el proceso productivo de Industrias Nettalco S.A.?

1.3.2. Preguntas Específicas

- ¿Cuál es la situación actual de la gestión ambiental de Industrias Nettalco S.A., en relación con la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos?
- ¿Cuáles son los impactos ambientales significativos que deben ser priorizados mediante la aplicación de la Matriz de Leopold en los procesos productivos de Industrias Nettalco S.A?
- ¿Cómo formular un plan de gestión ambiental basado en estrategias de gestión ambiental y de Producción Más Limpia para la prevención, control y reducción de los impactos ambientales priorizados en Industrias Nettalco S.A?

1.4. Objetivos de Investigación

1.4.1. Objetivo General

Proponer un plan de gestión ambiental mediante la aplicación de la Matriz de Leopold, orientado a la gestión, prevención y control de los impactos ambientales en la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos generados por el proceso productivo de Industrias Nettalco S.A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la gestión ambiental asociados a la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos en Industrias Nettalco S.A.
- Evaluar mediante la aplicación de la Matriz de Leopold los impactos ambientales significativos generados en los procesos productivos de Industrias Nettalco S.A.
- Formular un plan de gestión ambiental basado en estrategias de gestión ambiental y de Producción Más Limpia para la prevención, control y reducción de los impactos ambientales priorizados en Industrias Nettalco S.A.

1.5. Alcance y Delimitación

La presente investigación tiene como alcance el análisis y evaluación de los impactos ambientales generados por las actividades productivas de la industria textil, tomando como caso de estudio la empresa Industrias Nettalco S.A., ubicada en Lima Metropolitana. El estudio se centra en la identificación, evaluación y priorización de

impactos ambientales asociados a los procesos productivos textiles, mediante la aplicación de la Matriz de Leopold como herramienta metodológica.

El análisis considera específicamente cuatro variables ambientales: calidad del agua, calidad del aire, emisiones gaseosas y generación de residuos sólidos, las cuales representan los principales componentes afectados por las operaciones industriales del sector textil. A partir de estas variables, se analizan las afectaciones ambientales que se originan a lo largo del proceso productivo, lo que permite establecer una base técnica para la gestión ambiental de la empresa.

En cuanto a la delimitación espacial, la investigación se circunscribe a las instalaciones de la empresa Industrias Nettalco S.A., incluyendo sus plantas ubicadas en el Cercado de Lima y en el distrito de Ate, donde se desarrollan las principales actividades productivas de la empresa.

Respecto a la delimitación temporal, el estudio se enfoca en el periodo comprendido en el año 2025, considerando información documentaria, registros operativos y reportes ambientales disponibles correspondientes a dicho intervalo.

En relación con la delimitación metodológica, la investigación es de tipo descriptivo y no experimental, respaldada por la revisión y el análisis de la información secundaria proveniente de registros internos de la empresa, informes técnicos, monitoreos ambientales y normativa vigente. Asimismo, se emplea la Matriz de Leopold como instrumento principal para la evaluación de impactos, sin incluir modelamientos predictivos ni simulaciones ambientales.

Finalmente, el estudio no contempla la implementación del plan de gestión ambiental propuesto, limitándose a su formulación como resultado del análisis realizado. Asimismo, no se incluyen evaluaciones económicas detalladas ni análisis de costo-beneficio de las medidas propuestas, centrándose exclusivamente en el diagnóstico y priorización de impactos ambientales.

CAPÍTULO 2 Marco teórico

2.1. Bases teóricas de los impactos ambientales en la industria textil

2.1.1. Calidad del agua en la industria textil

Según Gupta & Mukhopadhyay (2025) “la industria textil es uno de los sectores manufactureros que mayor presión ejerce sobre los recursos hídricos, especialmente en las etapas de teñido, lavado, vaporizado y acabado”. Estos procesos utilizan grandes volúmenes de agua y sustancias químicas como colorantes, sales fijadoras, tensioactivos, suavizantes y agentes estabilizantes, que posteriormente se descargan como efluentes líquidos con alta carga contaminante. “La composición de estos efluentes suele presentar valores elevados de DQO, DBO_5, sólidos suspendidos totales (SST) y presencia de metales pesados, lo cual afecta la transparencia, la disponibilidad de oxígeno y la vida acuática en los cuerpos receptores” (Gupta & Mukhopadhyay, 2025).

A nivel global, se estima que la industria textil es responsable de aproximadamente el 20% de la contaminación industrial del agua debido al uso constante de colorantes sintéticos y auxiliares de procesamiento (PNUMA, 2023). En el contexto peruano, la regulación de la calidad del agua se rige por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, mientras que los vertimientos industriales al sistema de alcantarillado deben cumplir los Valores Máximos Admisibles (VMA) del D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA. La aplicación de estos instrumentos normativos es esencial para orientar la prevención de impactos y el seguimiento de la calidad de los efluentes generados.

Según (ANA, 2023; MINAM, 2017a; OEFA, 2023) “La calidad del agua se refiere al estado físico, químico y biológico del recurso hídrico”, determinado por la presencia de contaminantes como colorantes, sales, metales pesados y carga orgánica (DBO y DQO), provenientes de los procesos de tintorería, acabados y lavandería en la industria textil. Esta variable contemplada no se limita a los parámetros de control establecidos por la normativa vigente, sino también los impactos ambientales vinculados a un manejo inadecuado de los efluentes, tales como la contaminación de cuerpos receptores, la afectación de ecosistemas acuáticos, la degradación del suelo y los riesgos a la salud humana.

Los colorantes textiles generan contaminación en los ecosistemas acuáticos y pueden resultar tóxicos para los organismos que habitan en ellos, con la posibilidad de incorporarse a la cadena trófica. Uno de los impactos ambientales más evidentes de los colorantes es su capacidad para absorber y reflejar la luz solar en el agua, lo que limita la penetración de la radiación hacia la zona fótica del ecosistema acuático. Esta reducción de luz disponible altera las condiciones naturales del ambiente y genera consecuencias ecológicas importantes, como modificaciones en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, así como una disminución de los procesos fotosintéticos en la vegetación acuática. (Al-Tohamy et al., 2022)

La relevancia de la calidad del agua como variable ambiental prioritaria en el sector textil se explica por la convergencia de múltiples fuentes de contaminación en una misma etapa del proceso productivo. Las operaciones de tintorería y acabado generan simultáneamente efluentes con alta carga orgánica, colorantes sintéticos y sales, cuya interacción intensifica el impacto sobre el recurso hídrico. Esta concentración de presiones ambientales justifica que la gestión del agua constituya el eje central de cualquier propuesta de plan de gestión ambiental orientada al sector textil.

2.1.2. Calidad del aire en zonas industriales textiles

La calidad del aire en zonas textiles está condicionada por emisiones puntuales y difusas. Las emisiones puntuales se originan principalmente en calderas, hornos y secadores, mientras que las emisiones difusas se relacionan con la manipulación de fibras, la aplicación de resinas y solventes, y los procesos térmicos de acabado. Estas operaciones liberan material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), compuestos orgánicos volátiles (COV) y mezclas odoríferas con potencial de afectar la salud respiratoria y generar molestias comunitarias (Sharpe et al., 2022).

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2022) ha identificado concentraciones superiores a los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM) en zonas industriales de Lima, particularmente en áreas con presencia de plantas textiles y curtiembres. Este comportamiento se asocia tanto a la falta de sistemas de captación y filtración de partículas, como al uso persistente de productos químicos con volatilidad elevada. Por ello, la gestión de la calidad del aire en el sector requiere estrategias combinadas de optimización de procesos térmicos, sustitución progresiva de químicos volátiles y ventilación industrial controlada.

Estas partículas contribuyen al deterioro de la calidad del aire y pueden provocar efectos adversos en la salud humana, especialmente en el sistema respiratorio. Además, el material particulado puede formarse secundariamente a partir de reacciones atmosféricas de precursores como NO_x y SO_2 emitidos durante la producción textil, incrementando la carga contaminante atmosférica (Guo et al., 2022).

2.1.3. Emisiones gaseosas industriales

Las emisiones gaseosas en la industria textil provienen principalmente de la combustión de combustibles en calderas, secadores, vaporizadores y generadores térmicos, los cuales son necesarios para garantizar condiciones adecuadas de temperatura y fijación química durante el teñido y acabado. Estas operaciones generan emisiones de dióxido de carbono (CO_2) como gas de efecto invernadero, y de óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO_2), que contribuyen a la contaminación atmosférica y fenómenos como la lluvia ácida (Guo et al., 2022). Esta variable abarca tanto el volumen de emisiones producidas como sus efectos a distintas escalas: desde la contribución al cambio climático hasta el deterioro del aire local y las molestias generadas en las comunidades aledañas a las instalaciones (IPCC, 2023; MINAM, 2017a; OEFA, 2023).

En el Perú, los Límites Máximos Permisibles (LMP) para emisiones atmosféricas de fuentes fijas están establecidos en el D.S. N.º 030-2021-MINAM, el cual regula los niveles autorizados de contaminantes según tipo de caldera y combustible empleado. Investigaciones recientes señalan que la eficiencia térmica y la selección de combustible (diésel, gas natural o biomasa) son variables determinantes para la reducción de estas emisiones (Bilancia et al., 2025). Por ello, la transición hacia matrices energéticas más limpias representa una oportunidad estratégica para el sector.

2.1.4. Residuos sólidos textiles

Los residuos sólidos textiles son uno de los impactos ambientales más significativos en volumen, especialmente en la etapa de corte, donde los recortes pueden representar entre 15% y 25% del material procesado dependiendo del diseño y la eficiencia de los patrones de corte (Ulgiati et al., 2025). Estos residuos suelen ser mezclas de fibras naturales, sintéticas o semisintéticas, lo que dificulta su separación y valorización. En muchos casos, terminan siendo dispuestos en rellenos sanitarios o, peor aún, en botaderos informales.

“Los residuos sólidos son subproductos inevitables de las actividades humanas y abarcan una amplia variedad de materiales según su origen (industrial, doméstico, atención

en salud), su composición (orgánicos, inertes o peligrosos) y las etapas de su gestión (minimización, segregación, almacenamiento, transporte, tratamientos y disposición final" (PNUMA, 2021, párr. 1).

Con respecto a los residuos sólidos dentro del sector textil, se refieren a los residuos textiles, recortes de tela, fibras, lodos del tratamiento de efluentes, empaques contaminados y otros subproductos generados en las distintas etapas del proceso productivo de la industria textil. Esta variable no solo considera su volumen, composición y potencial de valorización, sino también los impactos ambientales asociados a su manejo inadecuado, tales como la contaminación del suelo y cuerpos de agua, la generación de emisiones atmosféricas por disposición o quema informal, la saturación de infraestructuras de disposición final y los riesgos a la salud humana y a los ecosistemas (MINAM, 2017a; OEFA, 2023).

La Ley N.º 1278 y el D.S. N.º 014-2017-MINAM establecen la jerarquía de gestión de residuos basada en prevención, reducción, reutilización y reciclaje, lo cual implica que la industria textil debe implementar acciones de optimización de corte, reincorporación de retazos, co-procesamiento y alianzas para reciclaje. La adopción de enfoques de economía circular se presenta como una alternativa clave para la valorización de residuos preconsumo y la reducción de pérdidas materiales.

2.2. Contexto sectorial del rubro textil

2.2.1. Importancia económica del sector textil en el Perú

Según PRODUCE (2025) "El sector textil y de confecciones constituye una actividad estratégica dentro de la industria manufacturera peruana, tanto por su aporte a la economía nacional como por su capacidad de generación de empleo.". De acuerdo con el análisis sectorial elaborado por el Ministerio de la Producción, durante el año 2024 la industria textil y de confecciones aportó aproximadamente 0.9 % al Producto Bruto Interno (PBI) nacional y 7.3 % al PBI manufacturero, alcanzando un valor estimado de S/ 5,246 millones, lo que representó un crecimiento de 10.1 % respecto al año 2023 (PRODUCE, 2025).

Desde el punto de vista empresarial, el sector registró 46,693 empresas formales a nivel nacional (último año estadístico cerrado), de las cuales el 66 % se concentra en Lima Metropolitana, evidenciando una marcada centralización de la actividad textil en la capital del país. Asimismo, la estructura empresarial del sector se caracteriza por una alta

predominancia de micro y pequeñas empresas, que representan más del 99 % del total, lo cual refleja un tejido productivo altamente atomizado y con limitadas capacidades de gestión ambiental estructurada (PRODUCE, 2025).

En términos laborales, según PRODUCE (2025) “durante el año 2024 el sector textil y de confecciones generó 448,983 puestos de trabajo, lo que equivale aproximadamente al 2.5 % de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada a nivel nacional. Destaca, además, una elevada participación femenina, que alcanza alrededor del 68 % del empleo total del sector, lo que refuerza su relevancia social”. No obstante, el informe sectorial advierte que más del 77 % del empleo es de carácter informal, situación que limita la adopción de prácticas de gestión ambiental sistemática en gran parte de las unidades productivas.

Desde una perspectiva productiva, la industria textil y de confecciones mostró en 2024 una recuperación significativa, luego de las contracciones observadas en años anteriores, impulsada principalmente por la reactivación del mercado externo y del consumo interno. Sin embargo, este crecimiento productivo conlleva una mayor presión sobre el uso de recursos naturales y la generación de impactos ambientales asociados a procesos intensivos en agua, energía y materias primas, especialmente en contextos urbanos como Lima Metropolitana (PRODUCE, 2025).

2.2.2. Características del proceso productivo textil

El proceso productivo en la industria textil se caracteriza por ser una cadena de transformación secuencial que integra diversas etapas, desde la obtención del tejido hasta la confección del producto final. Estas etapas implican el uso intensivo de recursos naturales, especialmente agua y energía, así como la utilización de productos químicos en los procesos húmedos, lo que genera diversas interacciones con el entorno ambiental (European Environment Agency, 2022; PNUMA, 2023).

En el caso de empresas con integración vertical, como Industrias Nettalco S.A., el proceso productivo se inicia en la etapa de tejeduría a partir de hilados adquiridos, e incorpora posteriormente procesos húmedos, de acabado y de confección, lo que permite un mayor control sobre la calidad del producto, pero también concentra los aspectos ambientales a lo largo de toda la cadena productiva.

En términos generales, el proceso productivo textil comprende las siguientes etapas principales:

a) Tejeduría (formación del tejido)

Esta etapa consiste en la transformación del hilado en tejido mediante procesos de tejido de punto (knitting). Se emplean máquinas circulares o rectilíneas que permiten generar estructuras textiles con diferentes características físicas y mecánicas. Es una fase predominantemente mecánica, asociada principalmente al consumo de energía eléctrica y a la generación de residuos textiles, como mermas de hilado y defectos de tejido.

b) Tintorería y procesos húmedos

La tintorería constituye una de las etapas más críticas desde el punto de vista ambiental, debido al uso intensivo de agua, energía térmica y productos químicos, tales como colorantes, auxiliares, sales y agentes alcalinos. En esta fase se desarrollan operaciones como descrude, blanqueo, teñido y lavado, generando efluentes líquidos con carga orgánica, sólidos disueltos y posibles compuestos peligrosos, lo que representa un impacto significativo sobre la calidad del agua (European Environment Agency, 2022; PNUMA, 2023).

c) Acabados textiles

En esta etapa se aplican tratamientos físicos y químicos para otorgar propiedades específicas al tejido, como suavidad, estabilidad dimensional, resistencia o apariencia estética. Incluye procesos como secado, termofijado, compactado y aplicación de acabados químicos. Estas operaciones implican consumo de energía térmica y pueden generar emisiones atmosféricas, incluyendo material particulado y compuestos orgánicos volátiles.

d) Corte

El proceso de corte implica convertir el tejido en distintas piezas siguiendo los moldes establecidos para la confección de prendas. Este puede llevarse a cabo de forma manual o mediante sistemas automatizados. Es una etapa importante debido a la generación de residuos sólidos textiles, como retazos y mermas, que representan uno de los principales flujos de desechos en la industria de la confección.

e) Confección (costura)

En esta etapa se unen las piezas previamente cortadas para obtener la prenda final a través de operaciones de costura. Se caracteriza por ser un proceso intensivo en mano de obra, con un bajo impacto directo en el uso de agua, aunque implica consumo de energía eléctrica y la generación de residuos menores, como hilos y descartes derivados de fallas en la costura.

f) Lavandería y acabados finales (cuando aplica)

En algunos casos, especialmente en prendas que requieren efectos especiales o tratamientos adicionales, se realizan procesos de lavado o acabado final. Estas operaciones pueden implicar nuevamente el uso de agua, productos químicos y energía, generando efluentes líquidos que deben ser gestionados adecuadamente.

En conjunto, el proceso productivo textil presenta una alta complejidad operativa y una diversidad de interacciones con el entorno, lo que da lugar a distintos aspectos ambientales que, a su vez, generan impactos sobre la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y la generación de residuos sólidos. Estas características justifican la aplicación de herramientas de evaluación ambiental, como la Matriz de Leopold, para la identificación, valoración y priorización de los impactos ambientales asociados a las actividades productivas.

2.2.3. Impactos ambientales del sector textil

Agua (efluentes, químicos)

Una elevada concentración de colorantes textiles en el agua provoca la disminución de los niveles de oxígeno disuelto, reduce la penetración de la luz solar y afecta la actividad biológica de la flora y fauna acuáticas. Esta situación interfiere con los procesos de fotosíntesis en las plantas acuáticas y puede desencadenar procesos de eutrofización debido a la liberación descontrolada de nutrientes minerales, generando riesgos ambientales de carácter prolongado. Según (OMS, 2016) “la eutrofización es un proceso de enriquecimiento excesivo de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, en cuerpos de agua, lo que provoca un crecimiento acelerado de algas y plantas acuáticas; como consecuencia, se reduce el oxígeno disuelto, afectando negativamente la calidad del agua y la vida acuática”. Debido a su carácter persistente, algunos colorantes presentan resistencia a la degradación, capacidad de bioacumulación y potenciales efectos tóxicos, mutagénicos e incluso carcinogénicos. (Al-Tohamy et al., 2022)

Según (Al-Tohamy et al., 2022) “el elevado consumo de agua en la fabricación de tejidos genera, en consecuencia, grandes volúmenes de aguas residuales con altas concentraciones de sólidos disueltos, materia orgánica, metales, sales y colorantes persistentes”. Además, factores como las altas temperaturas, los elevados valores de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), variaciones de pH, intensa coloración y la presencia de metales pesados suelen dificultar la aplicación y eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales textiles.

Aire (material particulado, SO2)

El monóxido de carbono (CO) es un contaminante asociado a procesos de combustión que deteriora la calidad del aire ambiente cuando sus concentraciones aumentan. En estudios de monitoreo atmosférico, el CO se evalúa como indicador de combustión incompleta y su presencia elevada puede generar riesgos para la salud humana, especialmente por su interferencia en el transporte de oxígeno en la sangre. (Wójcik-Gront & Gozdowski, 2025)

El dióxido de azufre (SO_2) es un contaminante medido en estaciones de calidad del aire y presenta variaciones estacionales relacionadas con el uso de combustibles fósiles y condiciones meteorológicas. Su incremento contribuye a problemas respiratorios y a la formación de lluvia ácida, afectando ecosistemas y salud pública. (Wójcik-Gront & Gozdowski, 2025)

El NO_2 es un contaminante clave medido en estaciones de monitoreo urbano, con tendencias evaluadas a partir de series de tiempo y correlaciones con factores climáticos, indicando su persistencia como degradador de calidad del aire e irritante de vías respiratorias. (Wójcik-Gront & Gozdowski, 2025)

Emisiones (GEI)

El monóxido de carbono (CO) es emitido en procesos textiles que involucran combustión incompleta de combustibles fósiles en calderas y equipos térmicos. En evaluaciones ambientales del sector textil, el CO se considera un contaminante relevante asociado al consumo energético del proceso productivo (Guo et al., 2022).

El dióxido de azufre (SO_2) se lo considera un contaminante atmosférico derivado del uso de combustibles con contenido de azufre en la generación de energía térmica en la industria textil. Las emisiones de SO_2 en la producción textil contribuyen significativamente al impacto ambiental atmosférico, participando en la formación de lluvia ácida y partículas secundarias. Esto puede generar acidificación de ecosistemas y efectos adversos en la salud respiratoria de poblaciones expuestas (Guo et al., 2022).

El dióxido de nitrógeno (NO_2), componente de los óxidos de nitrógeno (NO_x), se origina en procesos de combustión a altas temperaturas durante la producción textil. Estos compuestos contribuyen a la formación de ozono troposférico, smog fotoquímico y material particulado secundario, afectando la calidad del aire y los ecosistemas (Guo et al., 2022).

Residuos sólidos

La generación de residuos textiles incrementa los residuos sólidos urbanos y la carga ambiental por fibras sintéticas, productos químicos adheridos y potenciales contaminantes persistentes, dificultando su manejo y tratamiento adecuadamente.(Yadav et al., 2024). Los residuos textiles ocupan espacio en rellenos sanitarios y pueden contribuir a lixiviados contaminantes y emisiones de gases, generando costos ambientales significativos si no se gestionan con estrategias de reciclaje o economía circular.(Yadav et al., 2024). Una reducción en la generación de residuos textiles (a través de diseños sostenibles, reutilización y reciclaje) representa un impacto ambiental positivo, disminuyendo presión sobre sistemas de gestión de residuos, emisiones asociadas y consumo de recursos naturales. (Liu et al., 2024)

2.3. Marco normativo ambiental

La normativa ambiental constituye un elemento clave para promover la sostenibilidad en el sector textil peruano. A continuación, se presentan los principales marcos regulatorios, tanto nacionales como institucionales e internacionales, que resultan relevantes para la gestión de los impactos ambientales en esta actividad industrial.

El marco institucional ambiental del Perú está liderado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), responsable de formular y coordinar las políticas públicas ambientales. Como entes técnicos adscritos, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) cumplen funciones específicas. El OEFA supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las obligaciones ambientales, mientras que el SENACE revisa y aprueba los Estudios de Impacto Ambiental detallados (EIA-d) de grandes proyectos (MINAM, 2025).

A nivel internacional, destaca el uso del Best Available Techniques Reference Document (BREF) (Roth et al., 2023) para el sector textil, desarrollado por la Unión Europea como guía para aplicar las mejores técnicas disponibles (MTD) en procesos industriales. Este documento proporciona parámetros técnicos de referencia sobre consumo de agua, productos químicos y emisiones. Este documento, en el marco de su Directiva de Emisiones Industriales (IED 2010/75/EU), describe las mejores técnicas disponibles para el control de la contaminación industrial. Existe un BREF específico para el sector textil (TXT BREF), el cual proporciona criterios técnicos detallados para la gestión de residuos, emisiones atmosféricas y vertimientos líquidos. Esta referencia puede

guiar el diseño de políticas nacionales, y resulta relevante para nuestro estudio porque aporta estándares que podrían adaptarse al contexto peruano como parte del plan de gestión ambiental propuesto.

Asimismo, la norma ISO 14001:2015 del Sistema de Gestión Ambiental es ampliamente utilizada para estructurar procesos empresariales sostenibles. Su implementación en empresas textiles permite identificar aspectos ambientales significativos, establecer controles operacionales, y promover la mejora continua en la gestión de impactos (Organización Internacional de Normalización, 2015).

2.4. Herramientas de gestión y diagnostico ambiental

2.4.1. Diagnostico ambiental

Según el Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2025), la correcta identificación, evaluación y jerarquización de impactos ambientales en el sector textil exige el uso de herramientas técnicas que permitan organizar la información disponible y priorizar acciones de mejora ambiental. Destacando el Principio de Jerarquía en el Manejo de Residuos, el cual, "establece un orden de preferencia, que considera como primera alternativa la prevención en la generación de residuos" (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2025, p. 7). Estas herramientas son especialmente útiles en contextos industriales donde los recursos son limitados y se requiere focalizar la intervención en los aspectos más críticos.

El diagnóstico ambiental técnico constituye una herramienta clave para evaluar los aspectos e impactos ambientales de una organización, especialmente en sectores con alta carga contaminante como el textil. Este proceso comprende la identificación de puntos críticos de emisión, consumo de recursos y generación de residuos, a partir de mediciones específicas y revisión de procesos operativos (MINAM, 2010).

En el caso de industrias textiles, un diagnóstico riguroso permite establecer una línea base sobre la calidad del agua residual, emisiones gaseosas y calidad del aire, lo cual resulta fundamental para la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad. Estos diagnósticos pueden apoyarse en metodologías establecidas en instrumentos normativos como el DS N.º 010-2019-VIVIENDA, que regula los Valores Máximos Admisibles (VMA) para vertimientos industriales (VIVIENDA, 2019), o el DS N.º 003-2017-MINAM (MINAM, 2017b), que establece Límites Máximos Permisibles (LMP) para emisiones atmosféricas de fuentes fijas.

Asimismo, guías operativas como la publicada por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2025), para la elaboración de líneas base ambientales permiten estructurar diagnósticos técnicos en sectores industriales, incluso cuando no se requiera formalmente un EIA, adaptando criterios de monitoreo y caracterización ambiental. La aplicación de este tipo de herramientas no solo mejora el cumplimiento normativo, sino que también facilita la adopción de medidas de Producción Más Limpia (PML).

2.4.2. Matrices de priorización de impactos ambientales

Las matrices de priorización ambiental permiten identificar, clasificar y jerarquizar los principales aspectos e impactos ambientales de una actividad o proceso industrial. Estas herramientas son fundamentales para guiar la toma de decisiones en la planificación de medidas correctivas y de mejora continua dentro de un sistema de gestión ambiental (SGA).

Una de las matrices más empleadas es la Matriz de Leopold (Leopold et al., 1971), desarrollada originalmente para evaluaciones de impacto ambiental. Esta permite valorar de forma cruzada las acciones del proyecto y los factores del medio ambiente, asignando una magnitud y una importancia a cada interacción. De esta manera, se obtienen resultados cuantificables que facilitan la jerarquización de impactos (MINAM, 2025).

Por otro lado, la Matriz de Eisenhower, adaptada al ámbito ambiental, permite clasificar acciones según su urgencia e importancia, siendo útil para establecer prioridades en la gestión ambiental, especialmente en empresas con recursos limitados. Esta matriz facilita la toma de decisiones estratégicas en torno a qué acciones implementar de inmediato, cuáles planificar a futuro, delegar o incluso eliminar si carecen de relevancia ambiental significativa (MINAM, 2025).

En el presente estudio se adopta la Matriz de Leopold como instrumento central de evaluación, dado que su estructura permite relacionar sistemáticamente cada actividad productiva con los componentes ambientales afectados, cuantificando esa relación mediante criterios de magnitud e importancia. Su aplicación es particularmente pertinente en procesos textiles húmedos, como tintorería, acabados y lavado de prendas; donde la complejidad de insumos químicos y el alto consumo hídrico incrementan la probabilidad de impactos significativos. Investigaciones contemporáneas confirman la utilidad de matrices ponderadas para caracterizar impactos en este tipo de operaciones, destacando la importancia del análisis estructurado en la toma de decisiones ambientales (Bailey et al., 2022; Figueiredo et al., 2020). Asimismo, estudios recientes sobre tecnologías limpias y

ecoeficiencia en procesos textiles refuerzan la pertinencia de este tipo de metodologías para orientar medidas de mitigación basadas en evidencia (Binti Norarmi et al., 2022; Martha et al., 2025). En conjunto, su incorporación en esta investigación garantiza un análisis robusto, transparente y alineado con las mejores prácticas de la evaluación ambiental.

2.4.3. Métodos de monitoreo ambiental

El monitoreo ambiental constituye una herramienta clave para evaluar de manera objetiva la calidad del entorno y el desempeño ambiental de las actividades productivas. En el contexto industrial, permite obtener información técnica sobre los niveles de contaminación generados y verificar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por la normativa vigente.

Entre los principales métodos de monitoreo ambiental se encuentran:

- Monitoreo puntual o directo, que se basa en la recolección de muestras en campo en puntos específicos del proceso (aguas residuales, emisiones, etc.) y su análisis en laboratorio, generalmente en condiciones controladas.
- Monitoreo continuo, mediante sensores o equipos automatizados que registran en tiempo real los niveles de contaminantes o parámetros físicos, permitiendo detectar desviaciones rápidamente.
- Monitoreo ex situ, que implica la toma de muestras en el sitio de generación y su traslado a laboratorios especializados para análisis más detallados, aplicando técnicas normalizadas.

En el caso de industrias textiles, el monitoreo ambiental es esencial para identificar los impactos asociados a los procesos de teñido, acabado y operación de calderas, así como para establecer líneas base y proponer medidas de Producción Más Limpia (PML). Estos procesos deben alinearse con las exigencias del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y las guías técnicas elaboradas por el MINAM, que incluyen recomendaciones sobre frecuencias, parámetros, procedimientos de muestreo y control de calidad (MINAM, 2025).

Un sistema de monitoreo bien diseñado provee la base técnica para adoptar decisiones orientadas a anticipar, reducir y corregir los efectos ambientales relevantes,

aportando tanto al cumplimiento normativo como a la continuidad sostenible de las operaciones.

2.5. Producción Más Limpia (PML)

La transición hacia modelos de producción más limpia (PML) en la industria textil se enmarca en un enfoque más amplio de sostenibilidad empresarial y economía circular. En este contexto, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) destaca que los modelos de negocio circulares buscan desvincular el crecimiento económico del consumo intensivo de recursos naturales mediante estrategias como el ecodiseño, la reutilización de materiales, la remanufactura y el reciclaje, lo cual está estrechamente vinculado con los objetivos del PML (OECD, 2019a).

Desde esta perspectiva, la producción más limpia se define como “una estrategia preventiva que busca mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, minimizar la generación de residuos y reducir los riesgos ambientales y para la salud humana” (OECD, 2019a). A diferencia de enfoques correctivos, la PML se basa en intervenciones tecnológicas, organizativas y de gestión que permiten la reducción del impacto ambiental desde el origen del proceso productivo.

Tiene relación directa con el plan propuesto porque este aplica el enfoque de PML al identificar puntos críticos del proceso productivo, reducir consumos innecesarios, prevenir la generación de residuos desde el origen e incorporar mejoras tecnológicas y de gestión. Por tal motivo, la PML asegura que la implementación contribuya a mejorar la eficiencia productiva y a avanzar hacia prácticas más sostenibles.

El informe de la OECD resalta que, para la implementación efectiva de estos modelos, es necesario identificar oportunidades en los ciclos de vida de los productos, generar incentivos regulatorios y financieros, y fortalecer capacidades institucionales. Además, subraya que las industrias intensivas en recursos, como la textil, presentan un alto potencial de reconversión hacia prácticas más limpias y circulares, particularmente en economías emergentes donde los marcos normativos y las prácticas empresariales aún están en proceso de maduración (OECD, 2019b)

2.6. Revisión Investigativa

El sector textil figura entre las actividades productivas con mayor impacto sobre el entorno natural, al ser responsable de cerca del 20 % de la contaminación hídrica industrial

y aproximadamente el 10 % de las emisiones globales de GEI debido al uso intensivo de agua, energía y químicos (Jarpa & Halog, 2021). Sus procesos, especialmente en teñido, acabado y lavado, generan efluentes con colorantes sintéticos, metales pesados y solventes, así como emisiones atmosféricas de CO_2, NO_x y SO_2, afectando la calidad del agua y del aire (Guo et al., 2022; Gupta & Mukhopadhyay, 2025).

En este contexto, en Latinoamérica, países como Brasil, Argentina y Uruguay han avanzado en la promoción de tecnologías limpias y materias primas sostenibles (Jarpa & Halog, 2021). Sin embargo, en Perú, las micro y pequeñas empresas textiles concentran alrededor del 76 % del empleo del sector, mucho operando sin sistemas adecuados de tratamiento de efluentes ni monitoreo ambiental, lo que incrementa la contaminación hídrica y la emisión de gases nocivos en Lima (Gupta & Mukhopadhyay, 2025; Tiburcio Bernabe, 2025).

Asimismo, los residuos sólidos generados, especialmente en corte y confección, representan entre el 15 % y 25 % del material procesado y son en su mayoría depositados en rellenos sanitarios o botaderos informales (Ulgiati et al., 2025). La falta de integración de datos ambientales sobre agua, aire y emisiones limita la capacidad de priorizar medidas correctivas y de diseñar planes de gestión ambiental basados en evidencia.

En relación con los marcos técnicos, existe un BREF específico para el sector textil (TXT BREF), el cual constituye una referencia clave para establecer límites de vertimientos, emisiones atmosféricas y gestión de residuos, sirviendo como modelo técnico para países que buscan fortalecer sus regulaciones ambientales en el rubro textil. Este instrumento técnico resulta especialmente valioso para el presente estudio, al ofrecer parámetros de referencia adaptables al contexto normativo peruano.

En cuanto a la aplicación de metodologías de evaluación, se han empleado principalmente el muestreo y análisis fisicoquímico de matrices ambientales, estudios de diagnóstico y auditorías ambientales (Guillén Zevallos et al., 2020). Estos enfoques han permitido caracterizar la magnitud de los impactos y proponer alternativas de mitigación.

El diagnóstico técnico ambiental, junto con matrices de priorización como la de Leopold y herramientas de monitoreo puntual o ex situ, constituyen instrumentos esenciales para identificar y jerarquizar impactos significativos en la industria textil (Figueiredo et al., 2020). La adopción de la Producción Más Limpia (PML) permite reducir consumos de agua, energía y químicos, minimizar residuos y optimizar procesos

productivos, lo que resulta fundamental para la sostenibilidad industrial (de Oliveira Neto et al., 2019).

Pese a la disponibilidad de marcos normativos y herramientas técnicas, las empresas textiles formales de Lima Metropolitana muestran avances aún insuficientes en la adopción de diagnósticos ambientales integrados y estrategias de PML (Julio & Achachagua, 2024). Asimismo, son escasas las investigaciones que proponen la creación de un plan de gestión ambiental para la mitigación de los impactos ambientales en la calidad agua, aire, emisiones y residuos sólidos en la industria textil del Perú. Esta situación evidencia una brecha importante entre los problemas ambientales y las investigaciones científicas dirigidas a abordarlo de forma aplicada y práctica.

En ese sentido, el biodiseño se centra en la creación de soluciones que integran organismos vivos y biomateriales como ejemplo el uso de hongos, algas, levaduras, bacterias o tejidos cultivados, así como de componentes derivados de la biología sintética, como la síntesis de biomoléculas. “La finalidad del biodiseño es disminuir los impactos ambientales asociados a la extracción, producción, uso y disposición final de los materiales empleados en las prendas” (PRODUCE, 2024). Esta propuesta busca que, durante el ciclo de vida de los productos, estos no se conviertan en desechos, sino que puedan descomponerse o convertirse en compost gracias a su origen biológico, imitando los procesos de la naturaleza. En este contexto, la selección de materias primas e insumos resulta fundamental, dado que suelen concentrar los efectos ambientales más significativos de todo el ciclo de vida, principalmente vinculados a las prácticas de cultivo, crianza, extracción y manufactura. (PRODUCE, 2024).

De forma similar, el Lean Manufacturing es un enfoque sistemático de producción que enfatiza la eficiencia, la reducción de desperdicios y la mejora continua. En este ámbito, las prácticas lean ayudan a mantener una alta calidad del producto y la personalización, atributos esenciales en la producción de lujo dentro de la industria textil. La implementación de prácticas lean, mejora la eficiencia de costos y optimiza la gestión de altos volúmenes de producción, lo que conduce a una reducción significativa de los desperdicios y de las actividades que no agregan valor.

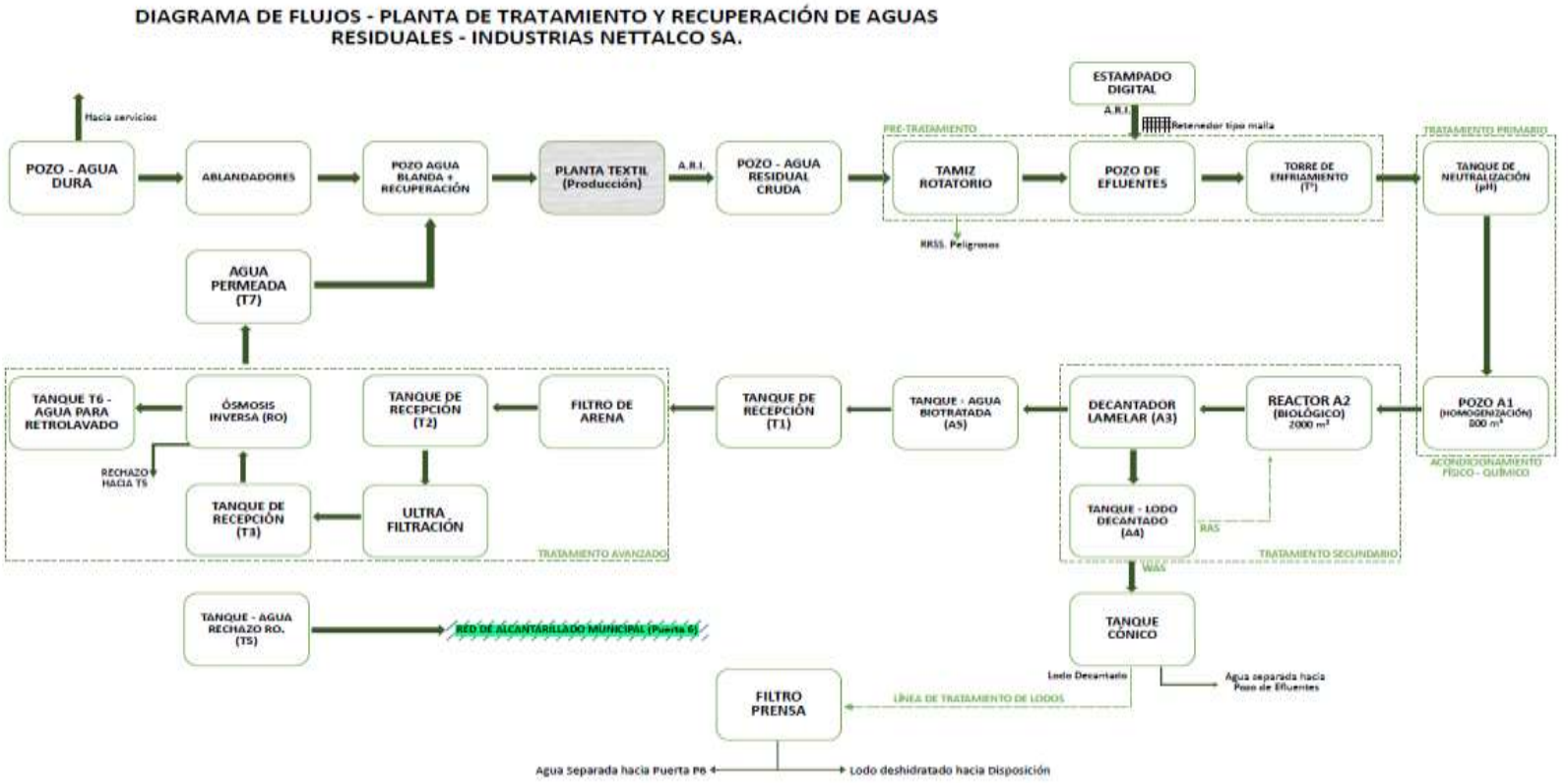
Se ha demostrado que las prácticas lean mejoran de manera significativa el desempeño en sostenibilidad, particularmente en la gestión de residuos y en la promoción de los principios de la economía circular. Además, la sinergia entre la Lean Manufacturing

y las tecnologías de la Industria textil desempeña un papel crucial en el fortalecimiento de la competitividad y la sostenibilidad dentro de la industria (Bilancia et al., 2025).-

En Nettalco el esquema general del tratamiento de efluentes se observa en la Figura 2, mientras que la Figura 3 presenta el detalle del proceso de sedimentación.

Figura 2

Tratamiento de efluentes textiles en Industrias Nettalco S.A.



.

Figura 3

Detalle del proceso de tratamiento de efluentes textiles

RESUMEN:

UNIDAD/PROCESO	DESCRIPCIÓN
Pozo – Agua dura →	Fuente subterránea con alto contenido de sales de Ca y Mg. Provee agua para servicios y alimentación a planta.
Ablandadores →	Reducen la dureza del agua mediante intercambio iónico. Protegen equipos y procesos industriales.
Pozo agua blanda + recuperación →	Almacena agua tratada para reutilización. Permite recircular flujos y optimizar consumo.
Planta textil (producción) →	Genera agua residual industrial con color, químicos y carga orgánica. Es el origen del A.R.I.
Pozo – Agua residual cruda →	Primer tanque de recepción del efluente textil. Actúa como punto de bombeo hacia el pretratamiento.
Tamiz rotatorio →	Retiene sólidos gruesos, fibras y partículas grandes. Protege equipos posteriores del taponamiento o deterioro.
Pozo de efluentes →	Mezcla agua residual cruda (sin sólidos medianos/grandes) con la del estampado digital. Incluye un retenedor tipo malla para sólidos medianos.
Torre de enfriamiento →	Disminuye la temperatura del agua residual. Mejora condiciones para el tratamiento biológico.
Tanque de neutralización (pH) →	Inyecta CO_2 para ajustar acidez/alcalinidad. Previene choques de pH en el sistema biológico.
Pozo A1 – Homogenización (800 m^3) →	Estabiliza caudales y cargas contaminantes. Garantiza condiciones constantes al reactor biológico.
Reactor A2 – Biológico (2000 m^3) →	Sistema de lodos activados aeróbico/anóxico. Degrada materia orgánica y compuestos contaminantes.
Decantador lamelar (A3) →	Sedimenta sólidos suspendidos y biomasa. Mejora la clarificación del efluente.
Tanque – Lodo decantado (A4) →	Recibe los lodos separados del decantador. Facilita el manejo hacia espesamiento/disposición y recirculación al reactor biológico.
Tanque – Agua biotratada (A5) →	Acopia agua clarificada tras el decantador. Sirve como alimentación a procesos avanzados.
Tanque de recepción (T1) →	Almacena agua biotratada para tratamiento avanzado. Funciona como pulmón de regulación.
Filtro de arena →	Retiene sólidos finos y partículas en suspensión. Actúa como etapa de pulimento físico.
Tanque de recepción (T2) →	Intermedio entre filtración y ultrafiltración. Garantiza flujo estable hacia membranas.
Ultrafiltración →	Elimina sólidos coloidales y microorganismos. Proporciona agua de alta calidad para etapas siguientes.
Tanque de recepción (T3) →	Acumula agua ultrafiltrada antes de ósmosis inversa. Sirve como reserva intermedia.
Ósmosis inversa (RO) →	Retiene coloides restantes, sales disueltas y compuestos químicos. Produce agua de muy baja conductividad.
Tanque T6 – Agua para retrolavado →	Reserva de agua para limpieza de membranas. Garantiza operación continua del sistema.
Tanque T7 – Agua permeada →	Acopia agua de alta pureza tras la Ósmosis Inversa. Se reutiliza en procesos productivos.
Tanque T5 – Agua rechazo RO →	Recibe la fracción concentrada en sales y coloides de la Ósmosis Inversa. Se deriva hacia descarga controlada.
Tanque cónico →	Espesa y concentra los lodos biológicos en exceso. Reduce el volumen previo a deshidratación.
Filtro prensa →	Deshidrata lodos por presión mecánica. Genera tortas sólidas para disposición final.

En el Perú existe una marcada escasez de investigaciones aplicadas a empresas textiles formales de Lima Metropolitana, la literatura nacional se ha centrado mayoritariamente en micro y pequeñas empresas, muchas de ellas informales, lo que limita la extrapolación de resultados hacia unidades productivas formales con mayores capacidades tecnológicas, obligaciones regulatorias y niveles de producción superiores (Tiburcio Bernabe, 2025). Según (Jarpa & Halog, 2021) el sector textil requiere evaluaciones contextualizadas debido a la gran variabilidad en insumos y tecnologías, por lo que la falta de estudios aplicados en empresas formales representa un vacío crítico que justifica la necesidad de investigaciones que generen evidencia técnica sólida para la gestión ambiental del sector en Lima.

En los últimos años, diversas investigaciones, tanto a nivel nacional como internacional, han abordado la gestión ambiental en la industria textil desde distintos enfoques, como el aprovechamiento eficiente del agua, la ecoeficiencia, el modelo circular y la reducción de efectos sobre el entorno. Estos estudios ofrecen aprendizajes relevantes para Industrias Nettalco S.A., al proporcionar ejemplos aplicados de mejora ambiental en contextos similares.

Estudios Nacionales

- El estudio de (Brañez Sánchez, 2018) examinó los efectos de los efluentes textiles en cuerpos de agua peruanos, encontrando altas concentraciones de compuestos tóxicos vinculados a los tintes. Como resultado, se reportaron incrementos superiores al 40 % en parámetros como la DBO, además de presencia significativa de compuestos tóxicos asociados a tintes evidenciando un deterioro significativo en la calidad del agua de los cuerpos receptores, lo que genera efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos. En cuanto a sus limitaciones, el análisis se centra en el componente hídrico, sin considerar aire ni emisiones, y no desarrolla propuestas de gestión ambiental a nivel empresarial. Esta investigación aporta en evidenciar la problemática asociada a los efluentes textiles y sus efectos sobre la calidad del agua, lo cual nos da sustento técnico para el análisis de esta variable ambiental dentro de la evaluación de impactos propuesta.
- El estudio de (García Frutos, 2021) utilizó el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para analizar los impactos ambientales del sector textil a lo largo de su cadena de producción, proponiendo estrategias de economía circular. Como resultado, se identificaron las etapas del ciclo productivo con mayor carga ambiental, destacando

principalmente que más del 60 % de la carga ambiental se concentra en las etapas de teñido y acabado, lo que permitió proponer estrategias orientadas a la reducción de impactos y mejora de la sostenibilidad del sector. En relación con sus limitaciones, el estudio se desarrolla a escala global y no incorpora mediciones directas en el contexto peruano, lo que reduce su aplicación para el diseño de planes de gestión ambiental basados en datos locales. Su principal aporte al presente estudio radica en identificar las etapas del proceso textil con mayor carga ambiental, lo que contribuye a la identificación de actividades críticas y a la priorización de impactos ambientales en el sector.

- El estudio de (Díaz Bravo, 2023) aborda cómo degradar colorantes directos y reactivos usados en la industria textil, analizando métodos avanzados para removerlos eficientemente de los efluentes. Esta investigación nos aporta medidas de tratamiento de aguas residuales textiles, especialmente en la parte del plan orientada a mejorar la calidad del agua, reducir cargas contaminantes, y promover tecnologías de Producción Más Limpia. También respalda la selección de tecnologías de tratamiento más eficientes para tintes y compuestos difíciles de degradar. Por consiguiente, se alcanzaron eficiencias de remoción superiores al 85 % en la eliminación de colorantes, demostrando alta efectividad en la reducción de contaminantes. Respecto a sus limitaciones, el estudio se enfoca únicamente en el tratamiento de efluentes, sin integrar otros componentes ambientales ni la priorización de impactos a nivel del sistema productivo. Los hallazgos de esta investigación permiten proporcionar alternativas técnicas para el tratamiento de aguas residuales textiles, las cuales pueden ser consideradas dentro de las estrategias de mejora y mitigación propuestas en el plan de gestión ambiental.
- El estudio de (Montoya Flores & Salhofer, 2025) también aplicó la metodología de ACV, pero limitado a la evaluación ambiental de un solo producto específico: una camiseta de algodón Pima peruano. El ACV se asemeja a la Matriz de Leopold en la evaluación de impactos ambientales, pero se diferencia en su alcance, ya que el primero analiza el ciclo de vida de un producto, mientras que la Matriz de Leopold evalúa actividades a nivel de empresa. En consecuencia, se determinó que aproximadamente el 70 % del impacto ambiental total se concentra en las etapas de producción de fibra y teñido, identificando los principales puntos críticos del ciclo de vida. En cuanto a sus limitaciones, el análisis se limita a un producto específico y no

aborda la industria en su conjunto ni incluye mediciones ambientales directas en planta. Los resultados obtenidos constituyen un aporte en la aplicación de herramientas de evaluación ambiental en el sector textil, permitiendo identificar procesos con mayor incidencia ambiental y complementar el análisis de impactos desarrollado en la presente investigación.

- El estudio de (Tiburcio Bernabe, 2025) presenta de caso en Gamarra- Lima, que analiza el proceso de tintura y acabados de telas con el propósito de reducir el consumo de agua y energía. El estudio identifica medidas concretas de ecoeficiencia en acabados textiles y estima reducciones significativas en el uso de recursos, aportando un ejemplo nacional concreto de mejora ambiental en la industria textil peruana. Como resultado, se lograron reducciones de hasta 30 % en consumo de agua y 25 % en consumo energético, evidenciando mejoras en la eficiencia de los recursos. En relación con sus limitaciones, el enfoque se concentra en procesos específicos, sin integrar una evaluación completa de todos los componentes ambientales ni una priorización global de impactos. Los hallazgos de presentados sirven como referencia para medidas de ecoeficiencia aplicables al contexto peruano, sirviendo como referencia para la formulación de estrategias enfocadas en la reducción de consumo y mejora del desempeño ambiental.

Estudios Internacionales

- (Bick et al., 2018) estudiaron los impactos sociales y ambientales de la industria textil global, con énfasis en condiciones laborales, contaminación hídrica y uso de químicos peligrosos, proponiendo la trazabilidad como medida de mejora. Como resultado, identificaron que la industria textil genera impactos significativos tanto ambientales como sociales, destacando la contaminación del agua por sustancias tóxicas y condiciones laborales deficientes en la cadena de suministro, se identificó que “el sector textil es responsable de aproximadamente el 20 % de la contaminación industrial del agua a nivel mundial”, destacando la magnitud de su impacto en el agua por sustancias tóxicas y condiciones laborales deficientes en la cadena de suministro. En cuanto a sus limitaciones, el enfoque es general y no considera contextos locales específicos ni mediciones ambientales directas aplicables a nivel empresarial. Este estudio aporta en sustentar la relevancia ambiental de la industria textil a nivel global, reforzando la necesidad de implementar herramientas de evaluación y gestión ambiental en el sector.

- (Yousaf & Aqsa, 2023) en una revisión crítica sobre prácticas sostenibles en la industria textil, los autores analizaron la integración de metodologías como la economía circular, los objetivos basados en la ciencia climática (SBTi), el análisis de ciclo de vida digital (Digital LCA) y los criterios ESG. Se destaca el caso de empresas textiles que han migrado de procesos de teñido tradicionales a tecnologías con menor huella hídrica y química. Sus resultados evidencian que adoptar tecnologías sostenibles puede reducir hasta 50 % el consumo hídrico en teñido, lo que refuerza la viabilidad técnica de las estrategias propuestas en este trabajo. El estudio se basa en revisión bibliográfica, sin incluir mediciones de campo propias. Este antecedente aporta demostrando la viabilidad de tecnologías y prácticas sostenibles para la reducción del consumo de agua y recursos, las cuales constituyen una referencia para la selección de estrategias de mejora ambiental.
- (Glogar et al., 2025) demuestran que la digitalización de procesos textiles, desde el diseño computacional hasta el prototipado virtual, representa una palanca concreta para reducir el consumo de recursos, minimizar residuos y fortalecer la trazabilidad ambiental de los productos. Como resultado, se reportaron reducciones de hasta 35 % en desperdicios y mejoras en la eficiencia del uso de materiales. El enfoque tecnológico es presentado como catalizador de la sostenibilidad, permitiendo a las empresas optimizar recursos y cumplir con estándares ambientales más estrictos. Sus hallazgos aportan al presente trabajo estrategias concretas de mejora que complementan el análisis de impactos desarrollado. Respecto a sus limitaciones, el análisis se centra en innovación tecnológica, sin incorporar herramientas específicas de evaluación de impactos ambientales y no considera una evaluación directa de impactos ambientales mediante herramientas como la Matriz de Leopold. Esta investigación permite evidenciar el potencial de la digitalización para optimizar procesos, contribuyendo a la identificación de oportunidades de mejora en la gestión ambiental de la industria textil.
- (de Oliveira Neto et al., 2019) el estudio analiza cómo la Producción Más Limpia (PML) puede transformar la industria textil al reducir el consumo de agua, energía y sustancias químicas, y al mismo tiempo disminuir residuos, efluentes coloreados y emisiones. Evalúa casos internacionales donde la implementación de PML ha permitido optimizar procesos, introducir tecnologías más eficientes, sustituir insumos peligrosos y mejorar prácticas de gestión ambiental. Como resultado, se registraron

reducciones de hasta 40 % en consumo de agua y 20 % en generación de residuos, evidenciando mejoras en la eficiencia de procesos. Este estudio aporta fundamentos técnicos que respaldan las medidas de mejora propuestas en esta investigación, particularmente en lo relacionado con la reducción de consumos y la optimización de procesos. En cuanto a sus limitaciones, los resultados provienen de contextos internacionales y no incluyen una cuantificación mediante metodologías específicas de evaluación de impactos. Este estudio sustenta los fundamentos técnicos sobre la aplicación de la Producción Más Limpia en la industria textil, los cuales sirven de base para la formulación de estrategias orientadas a la prevención y reducción de impactos ambientales.

- (Ulgiati et al., 2025) documentan cómo el rediseño de procesos y el uso de materiales de menor impacto han generado mejoras medibles en consumo energético, emisiones y gestión de residuos en empresas de Europa y Asia, confirmando que este tipo de innovaciones sostenibles son técnicamente alcanzables y con resultados cuantificables. Como resultado, se evidenciaron disminuciones de hasta 30 % en consumo energético y 25 % en emisiones en procesos optimizados, reflejando avances en sostenibilidad. En relación con sus limitaciones, el enfoque se centra en experiencias internacionales, sin desarrollar evaluaciones detalladas aplicables a contextos empresariales específicos. Los resultados obtenidos respaldan los beneficios ambientales derivados de la implementación de innovaciones sostenibles en los procesos productivos, respaldando las propuestas de mejora planteadas en la presente investigación.

Uno de los vacíos más críticos identificados es la falta de integración de datos ambientales. Las estadísticas relacionadas con calidad de agua, calidad del aire y emisiones gaseosas suelen ser publicadas por entidades diferentes SEDAPAL, SENAMHI, OEFA, sin un sistema de interconexión o plataforma única para el análisis integral del desempeño ambiental por sector económico. Esta fragmentación de información dificulta la formulación de políticas públicas específicas, la auditoría ambiental y la implementación de planes de mejora continua en empresas industriales. Según (SENAMHI, 2024), las estaciones de monitoreo de calidad del aire están orientadas a zonas urbanas densamente pobladas, pero no necesariamente cruzadas con mapas industriales o de actividad económica. Esto genera un vacío para el análisis sectorial del impacto ambiental urbano-industrial.

Estudios nacionales recientes muestran avances parciales, tales como (Brañez Sánchez, 2018) evidenció la contaminación de cuerpos de agua por efluentes textiles; (García Frutos, 2021) evaluó impactos ambientales mediante análisis de ciclo de vida (ACV) global; (Díaz Bravo, 2023) identificó métodos avanzados para degradar colorantes; (Montoya Flores & Salhofer, 2025) aplicaron ACV a productos específicos; y (Tiburcio Bernabe, 2025) documentó mejoras concretas de ecoeficiencia en Lima. A nivel internacional, investigaciones señalan la importancia de la PML y la economía circular en la reducción de impactos hídricos, energéticos y químicos, así como la digitalización de procesos para mejorar trazabilidad y eficiencia (Bick et al., 2018; de Oliveira Neto et al., 2019; Ulgiati et al., 2025; Yousaf & Aqsa, 2023).

En el sector textil formal de Lima Metropolitana, la adopción de enfoques de ecoeficiencia sigue siendo insuficiente, en especial en lo referido a la aplicación de diagnósticos técnicos integrales. A pesar de contar con marcos normativos generales y herramientas metodológicas disponibles, muchas empresas del sector no han adoptado procesos sistemáticos para evaluar sus aspectos e impactos ambientales ni para priorizar medidas de mejora.

Asimismo, desde una perspectiva internacional, se ha identificado que la incorporación de modelos de negocio circulares y herramientas de diagnóstico ambiental sigue siendo más incipiente en sectores de economías en desarrollo, especialmente en industrias intensivas en recursos como la textil (OECD, 2019a). Esto refuerza la necesidad de generar más conocimiento local, asistencia técnica y políticas diferenciadas para cerrar esta brecha en Perú.

CAPÍTULO 3 Metodología

3.1. Enfoque de investigación

El estudio se lleva a cabo bajo un enfoque cuantitativo, dado que se sustenta en el análisis de datos numéricos objetivos, relacionados con la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y la generación de residuos sólidos en la industria textil. De acuerdo con Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2023), el enfoque cuantitativo se distingue por trabajar con datos medibles, procesarlos de forma sistemática y emplear instrumentos definidos para caracterizar fenómenos en su contexto.

3.2. Tipo y diseño de investigación

Debido a que la investigación es de tipo descriptivo, no se plantean hipótesis, ya que este tipo de estudio no tiene como finalidad comprobar relaciones causales entre variables, sino describir, caracterizar y analizar el fenómeno en su contexto real. Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2023), los estudios de alcance descriptivo buscan precisar rasgos, atributos y perfiles de las unidades de análisis, ya sean personas, grupos, procesos u otros elementos objeto de estudio, sin establecer relaciones de causa y efecto entre ellas, con el fin de retratar con precisión la forma en que se manifiesta un fenómeno en un contexto determinado.

En ese marco, el estudio busca describir y caracterizar los efectos sobre el agua, el aire, las emisiones y los residuos en el sector textil de Lima, empleando instrumentos técnicos de diagnóstico ambiental como la Matriz de Leopold adaptada y la Matriz de Operacionalización de variables. No se pretende establecer relaciones de causa–efecto ni contrastar variables mediante pruebas estadísticas inferenciales, sino diagnosticar la situación ambiental existente como base para la formulación de un plan de gestión ambiental.

Asimismo, el estudio no se considera de enfoque mixto, debido a que no se realizará recolección de datos cualitativos mediante entrevistas, encuestas, grupos focales u observaciones de campo, ni se ejecutarán mediciones ambientales directas. La información utilizada en la investigación provendrá exclusivamente de fuentes secundarias y registros internos de la empresa objeto de estudio, tales como reportes mensuales de operación, reportes de sostenibilidad, registros de consumo de agua y energía, controles de efluentes, reportes de emisiones y registros de generación de residuos sólidos.

En consecuencia, los datos numéricos que alimentarán la Matriz de Leopold adaptada y la Matriz de Operacionalización de variables serán obtenidos a partir de mediciones internas previamente realizadas por la empresa y de documentación técnica existente, lo que permite fortalecer la consistencia del enfoque cuantitativo del estudio. Esta estrategia garantiza que el análisis de impactos ambientales se base en información real, verificable y sistemáticamente registrada.

3.3. Variables de estudio

La definición de las variables del análisis — agua, aire, emisiones gaseosas y residuos textiles — se sustenta en criterios técnicos y metodológicos consolidados en la literatura especializada sobre sostenibilidad y desempeño ambiental del sector textil. Diversos estudios señalan que esta industria se caracteriza por un uso intensivo de agua, energía y productos químicos, así como por la generación significativa de emisiones atmosféricas y residuos sólidos, especialmente en las etapas de tintorería, acabados, confección y lavandería (PNUMA, 2023; Roth et al., 2023).

En particular, los procesos húmedos textiles presentan elevados consumos de agua y generación de efluentes, mientras que la operación de calderas y equipos térmicos constituye una fuente relevante de emisiones gaseosas asociadas a la combustión de combustibles (IPCC, 2019; Roth et al., 2023). Asimismo, la generación de residuos textiles preconsumo ha sido identificada como un aspecto ambiental prioritario desde un enfoque de economía circular y mejora del desempeño ambiental (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Finalmente, las variables seleccionadas se encuentran alineadas con el marco normativo ambiental peruano vigente, particularmente en materia de gestión integral de residuos sólidos, lo que garantiza la pertinencia regulatoria del análisis y la aplicabilidad de los resultados obtenidos (MINAM, 2017a).

3.4. Población y muestra

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque de estudio de caso, por lo que el análisis se centra en una unidad de estudio específica, sin que resulte pertinente la definición de población, muestra ni la aplicación de técnicas de muestreo. Este enfoque es coherente con investigaciones de tipo descriptivo y no experimental, en las cuales el interés principal radica en el análisis profundo y contextualizado de un caso específico

dentro de su entorno real, más que en la generalización estadística de los resultados. En el presente estudio, dicho caso corresponde a Industrias Nettalco S.A.

De acuerdo con Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2023), los estudios de caso se caracterizan por examinar de manera detallada una unidad concreta, como una organización, proceso o situación particular, utilizando información proveniente del propio contexto del caso. En este tipo de diseños metodológicos, el uso de categorías como población y muestra resulta inapropiado, ya que el objeto de análisis corresponde al caso en su totalidad.

En concordancia con lo anterior, la unidad de estudio de la presente investigación está constituida por la empresa Industrias Nettalco S.A., una empresa textil formal ubicada en Lima Metropolitana, cuyas actividades productivas incluyen procesos de tejeduría, tintorería, acabados, confección y lavandería industrial. El análisis se basa en registros documentales y reportes técnicos internos relacionados con la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y la generación de residuos sólidos.

Criterios de selección del caso

Relevancia sectorial y posicionamiento en el mercado

La empresa Industrias Nettalco S.A. fue seleccionada por su relevancia sectorial objetiva dentro del subsector exportador formal de prendas de vestir de tejido de punto. De acuerdo con los rankings oficiales de exportación elaborados por la Asociación de Exportadores(ADEX, 2020, 2021), la empresa ocupó el primer lugar nacional en los años 2020 y 2021. Asimismo, se ha mantenido de forma sostenida dentro del Top 5 de empresas exportadoras del subsector en el periodo 2020–2025 (ADEX, 2022, 2023, 2024, 2025). Este posicionamiento evidencia su liderazgo competitivo y peso económico dentro del sector textil formal peruano.

Integración de procesos productivos

Adicionalmente, la empresa cuenta con procesos productivos integrados que abarcan las principales etapas de la cadena de valor textil (tejeduría, tintorería, acabados, confección y lavandería), lo que permite evaluar de manera integral los impactos ambientales asociados a la calidad del agua, calidad del aire, emisiones gaseosas y generación de residuos sólidos.

Disponibilidad de información

Asimismo, la empresa dispone de información ambiental documentada correspondiente al periodo de estudio, la cual se encuentra organizada y sistematizada, facilitando su acceso y análisis. Esta disponibilidad de datos garantiza la trazabilidad, consistencia técnica y confiabilidad de la información, lo que resulta fundamental para la correcta aplicación de la Matriz de Leopold y para la obtención de resultados representativos.

El periodo de estudio corresponde al año calendario 2025 (enero–diciembre). La selección de un periodo anual completo se sustenta en criterios metodológicos propios de investigaciones cuantitativas, descriptivas y no experimentales, en las cuales el análisis se basa en registros administrativos y datos secundarios. De acuerdo con Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2023), este tipo de estudios requiere periodos temporales consistentes que permitan describir el comportamiento real de las variables en condiciones normales de operación, reduciendo sesgos asociados a cortes temporales parciales y asegurando la representatividad de la información analizada.

En el presente estudio, se consideran como variables principales la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos, seleccionadas en función de su relevancia para la evaluación del desempeño ambiental en la industria textil. Estas variables permiten analizar de manera integral los impactos ambientales generados en los procesos productivos de la empresa.

3.5. Operacionalización de variables

Para efectos de la medición y análisis, cada variable se operacionaliza mediante dimensiones, indicadores y parámetros normativos o técnicos específicos.

En calidad del agua, los indicadores operacionales se basan en la presencia y concentración de colorantes, carga orgánica, metales y consumo de agua; estos impactos se identifican y ponderan mediante la Matriz de Leopold, que asigna valores de magnitud e importancia a cada interacción actividad–componente ambiental (Figueiredo et al., 2020; Leopold et al., 1971).

En calidad del aire, los indicadores operacionales corresponden a los contaminantes criterio del ECA Aire (PM_{10}, CO, SO_2, NO_2), con mediciones comparadas respecto a los límites normativos establecidos (RM N.º 112-2015-MINAM).

Para emisiones gaseosas, las mediciones se realizan siguiendo el método EPA CTM-030 para CO, NO_x y O_2, contrastándose con los Límites Máximos Permisibles del DS N.º 030-2021-MINAM.

En residuos sólidos, los indicadores operacionales consideran el volumen generado, la tasa de valorización y el porcentaje de aprovechamiento, alineados con los criterios del Programa de Segregación en la Fuente del MINAM (2025).

Todos estos parámetros, junto con su respectiva unidad de medición, método de análisis, norma de referencia y normativa peruana aplicable, se encuentran detallados en la Tabla 1.

Tabla 1

Parámetros ambientales e instrumentos normativos aplicados a las variables de estudio

Matriz	Parámetros	Método de Análisis	Medición	Normas peruanas
AGUA	POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	Método Electrométrico	Und. pH	ECA para agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)
	CROMO HEXAVALENTE (VI)	Método Colorimétrico	mg/L	
	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	Reflujo cerrado, método Titrimétrico	mg/L	
	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5)	Prueba de DBO de 05 días	mg/L	
	SULFUROS	Método Sulfuro Metileno Azul	mg/L	
	SULFATOS	Método Turbidimétrico	mg/L	
	ACEITES Y GRASAS	Método de Partición – Gravimétrica	mg/L	
	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Sólidos Totales en Suspensión secados a 103ºC - 105ºC	mg/L	
	SOLIDOS SEDIMENTABLES	Sólidos sedimentables	mg/L	
	TEMPERATURA	Métodos de laboratorio y de campo	°C	
	NITROGENO AMONIACAL	Método Ti trimétrico	mg/L	
	CIANURO LIBRE	Método de análisis de flujo segmentado	mg/L	
	ALUMINIO	Determinación de Metales y elementos traza en agua y los desechos y residuos por plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica.	mg/L	
	ARSENICO			
	BORO			
	CADMIO			
	COBRE			
	MANGANESO			
	MERCURIO			
	NIQUEL			
	PLOMO			
	ZINC			

Matriz	Parámetros	Método de Análisis	Medición	Normas peruanas
AIRE	MATERIAL PARTICULADO (PM10)	Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera	µ/m3	ECA para aire – Resolución Ministerial N° 003-2017-MINAM
	MONOXIDO DE CARBONO (CO)	Determinación de Monóxido de Carbono en Aire	µ/m3	
	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)	Método Pararosanilina	µ/m3	
	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO2)	Método de Prueba estándar para el contenido de Dióxido de nitrógeno de la atmósfera	µ/m3	
EMISIONES GASEOSAS	MONOXIDO DE CARBONO (CO)	Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers	µ/m3	Límites Máximos Permisibles (LMP) Decreto Supremo N° 030-2021-MINAM
	OXIDOS DE NITROGENOS (NOX)			
	OXIGENO (O2)			
RESIDUOS SOLIDOS	RESIDUOS SOLIDOS	------	Ton/día	Decreto Supremo N.° 014-2017

Nota. Elaboración propia con base en MINAM (2017) y SMEWW-APHA-AWWA-WEF (2017).

Matriz de operacionalización de variables

La matriz de operacionalización de variables permite establecer la correspondencia entre el objetivo de la investigación, las variables de estudio, sus dimensiones, indicadores y escalas de medición, asegurando la coherencia entre el planteamiento teórico y el proceso de recolección de información. En el presente estudio, dicha matriz se estructura a partir de las cuatro variables centrales: calidad del agua, calidad del aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos, aplicadas al contexto de la industria textil de Lima.

Cada variable ha sido desagregada en dimensiones técnicas vinculadas a procesos específicos del sector textil, tales como los procesos húmedos, el uso de calderas, los acabados químicos y las etapas de corte y confección. Los indicadores han sido definidos como medidas cuantificables y verificables que permiten evaluar el nivel de impacto ambiental asociado a cada dimensión.

Asimismo, se han establecido las escalas de medición y las fuentes de verificación, considerando principalmente los registros internos de la empresa, los reportes ambientales, la normativa vigente y los resultados de la aplicación de la Matriz de Leopold adaptada. La Matriz de operacionalización de variables se presenta en la *Tabla 2*, donde se sistematiza la relación entre variables, dimensiones, indicadores y métodos de medición.

En este sentido, la Tabla 2 constituye un instrumento metodológico clave para el diagnóstico ambiental, ya que permite organizar de manera estructurada la información que será utilizada en la evaluación de impactos y en la formulación del plan de gestión ambiental orientado a la mitigación de los impactos identificados.

Tabla 2
Matriz de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Indicadores	Escala de medición
Calidad de Agua	Estado físico–químico del recurso hídrico influenciado por procesos textiles como tintorería y lavandería, los cuales generan vertimientos con colorantes, metales pesados, sales, DQO y DBO, afectando ecosistemas acuáticos (Gupta & Mukhopadhyay, 2025; Catarino et al., 2025)	Nivel de afectación por impactos ambientales evaluados mediante Magnitud/Importancia en la Matriz de Leopold.	Vertimiento de aguas residuales con colorantes y sales (m3)	Alteración de la calidad del agua por vertimiento de efluentes con colorantes y sales.	Magnitud/Importancia asignado a cada impacto	Escala numérica de Leopold (1–10 para M y 1–10 para I)
					Ponderación promedio por actividad	Cuantitativa continua (1.0–10.0)
					Actividades críticas según matriz adaptada	Categórica ordinal (crítica, moderada o baja)
			Vertimiento con carga orgánica (DBO/DQO)	Eutrofización y disminución del oxígeno disuelto debido al incremento de la carga orgánica (DBO y DQO).	Magnitud/Importancia asignado a cada impacto	Escala numérica de Leopold (1–10 para M y 1–10 para I)
					Ponderación promedio por actividad	Cuantitativa continua (1.0–10.0)
					Actividades críticas según matriz adaptada	Categórica ordinal (crítica, moderada o baja)
			Vertimiento con metales pesados (Cu, Zn, Cr, etc.)	Alteración de la biota acuática por presencia de metales pesados en efluentes industriales.	Magnitud/Importancia asignado a cada impacto	Escala numérica de Leopold (1–10 para M y 1–10 para I)
					Ponderación promedio por actividad	Cuantitativa continua (1.0–10.0)

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Indicadores	Escala de medición
					Actividades críticas según matriz adaptada	Categórica ordinal (crítica, moderada o baja)
Calidad del Aire	Condición del aire ambiente en la zona de influencia de la planta textil, determinada por la concentración de material particulado y gases contaminantes, en relación con los Estándares de Calidad Ambiental para aire vigentes en el Perú (PM_{10}, y SO_2).	Conjunto de mediciones de PM_{10} y SO_2 (µg/m³) comparadas con los valores del ECA para aire – RM N.º 112-2015-MINAM y normas de referencia indicadas en la Tabla 1 (NTP 900.030, EPA 40 CFR, ASTM D1607, etc.).	PM_{10} (µg/m³)	Alteración de la calidad del aire por el incremento de material particulado (PM_{10}).	PM_{10} medido	Cuantitativa continua (µg/m³)
					PM_{10} medido / PM_{10} ECA × 100	Relación % respecto al ECA (valor medido / ECA × 100)
					Cumple / No cumple	Categórica dicotómica para cumplimiento (cumple / no cumple)
			Monóxido de carbono (CO) (µg/m³)	Alteración de la calidad del aire por el incremento de monóxido de carbono (CO).	CO medido	Cuantitativa continua (µg/m³)
					CO medido / CO ECA × 100	Relación % respecto al ECA (valor medido / ECA × 100)
					Cumple / No cumple	Categórica dicotómica para cumplimiento (cumple / no cumple)
			Dióxido de azufre (SO_2) (µg/m³)	Alteración de la calidad del aire por el incremento de dióxido de azufre (SO_2).	SO_2 medido	Cuantitativa continua (µg/m³)
					SO_2 medido / SO_2 ECA × 100	Relación % respecto al ECA (valor medido / ECA × 100)

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Indicadores	Escala de medición
					Cumple / No cumple	Categórica dicotómica para cumplimiento (cumple / no cumple)
			Dióxido de nitrógeno (NO_2) ($\mu g/m^3$)	Alteración de la calidad del aire por el incremento de dióxido de nitrógeno (NO_2).	NO_2 medido	Cuantitativa continua ($\mu g/m^3$)
					NO_2 medido / NO_2 ECA × 100	Relación % respecto al ECA (valor medido / ECA × 100)
					Cumple / No cumple	Categórica dicotómica para cumplimiento (cumple / no cumple)
Emisiones Gaseosas	Emisiones de gases generados por calderas y equipos térmicos de la planta textil (fuentes fijas), expresadas en términos de concentración de CO, SO_2 y NO_2, evaluadas frente a los Límites Máximos Permisibles para emisiones atmosféricas de fuentes fijas establecidos en el DS N.º 030-2021-MINAM.	Valores de CO, SO_2 y NO_2 medidos en chimeneas de calderas y equipos industriales, mediante el método EPA CTM 030, comparados con los LMP del DS N.º 030-2021-MINAM para el tipo de combustible y potencia de los equipos.	Monóxido de carbono (CO) en gases de combustión ($\mu g/m^3$) o ppm	Alteración de la atmósfera por el incremento de monóxido de carbono (CO) en procesos de combustión.	Concentración de CO en gases de combustión	Cuantitativa continua (ppm, $\mu g/m^3$)
					Cumplimiento de LMP para CO (cumple / no cumple)	Categórica dicotómica para cumplimiento (cumple / no cumple)
					Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP	Ordinal para Magnitud/Importancia en la matriz de Leopold (1–10)
			Óxidos de nitrógeno (NO_2) ($\mu g/m^3$ o ppm)	Alteración de la atmósfera por el incremento de óxidos de nitrógeno (NO_x)	Concentración de NO_2 en gases de combustión	Cuantitativa continua (ppm, $\mu g/m^3$)
					Cumplimiento de LMP para NO_2 (cumple / no cumple)	Categórica dicotómica para cumplimiento (cumple / no cumple)

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Indicadores	Escala de medición
				en procesos de combustión.	Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP	Ordinal para Magnitud/Importancia en la matriz de Leopold (1–10)
Residuos Sólidos	Volumen y tipo de residuos generados en procesos como corte, confección, acabado y lavandería, especialmente preconsumo, que según literatura alcanzan tasas de desperdicio superiores al 20% (Ulgiati et al., 2025).	Impacto ambiental evaluado por criterios M/I en Leopold.	Volumen de residuos textiles	Incremento de la carga ambiental asociada a la generación de residuos sólidos textiles.	M/I por impacto	Escala numérica ordinal.
			Tasa de desperdicio en corte	Incremento de la ocupación de rellenos sanitarios por residuos textiles	Porcentaje de residuos generados	
			Reciclabilidad / valorización	Disminución de la generación de residuos sólidos textiles.	Nivel de valorización aplicable	

Nota. El indicador Reciclabilidad / Valorización se incorpora como un indicador de brecha, y no como una práctica actualmente implementada por la empresa, con el fin de establecer una línea base diagnóstica para el año 2025.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para alcanzar los objetivos del presente estudio, se empleó como técnica principal la revisión documental, orientada a la recopilación y análisis de información cuantitativa, técnica y normativa relacionada con los impactos ambientales generados por la empresa textil Industrias Nettalco S.A.

La revisión documental comprendió el análisis de registros internos de la empresa, tales como consumos de agua y energía, reportes de efluentes líquidos, emisiones gaseosas, generación de residuos sólidos y cumplimiento normativo, correspondientes al año de estudio. Asimismo, se revisaron informes de auditorías ambientales, informes de ensayo, reportes de sostenibilidad y resultados de monitoreos ambientales realizados en ambas plantas. De acuerdo con SGS (2023), este tipo de documentación especializada permite evaluar de manera sistemática el desempeño ambiental de las organizaciones y verificar su alineación con estándares técnicos y regulatorios. El análisis se complementó con la revisión de la normativa ambiental vigente (Estándares de Calidad Ambiental – ECA, Valores Máximos Admisibles – VMA y Límites Máximos Permisibles – LMP), con el fin de contrastar la información documentada con los límites y criterios establecidos.

La selección de esta técnica se justifica porque permite caracterizar y priorizar impactos ambientales a partir de información documentada, verificable y trazable, lo cual resulta consistente con el enfoque descriptivo del estudio, tal como lo recomiendan Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2023) para investigaciones que buscan describir y analizar fenómenos ambientales sin manipulación de variables.

Los métodos analíticos señalados corresponden a los procedimientos técnicos utilizados en los registros históricos y reportes internos de la empresa, los cuales son analizados documentalmente en el presente estudio, sin realizar nuevas campañas de medición.

3.7. Procedimiento de evaluación de impactos mediante la Matriz de Leopold

Un componente metodológico central del estudio es la integración entre la Matriz de Leopold y la Matriz de Operacionalización de variables. La Matriz de Leopold permite identificar, describir y valorar los impactos ambientales asociados a cada etapa del proceso productivo mediante la asignación de valores de Magnitud (M) e Importancia (I),

conforme a la metodología original propuesta por Leopold et al. (1971b). Ambos criterios fueron evaluados utilizando escalas numéricas ordinales de 1 a 10, práctica ampliamente adoptada en aplicaciones contemporáneas de la matriz en contextos industriales para representar de manera sistemática la intensidad y relevancia ambiental de los impactos (Figueiredo et al., 2020; Martha et al., 2025).

Tabla 3
Escala de valoración de la magnitud (M) de los impactos ambientales

Rango	**Calidad de agua**	**Calidad de aire**	**Emisiones gaseosas**	**Residuos sólidos**
1–2	≤25% del ECA/LMP	≤25% del ECA/LMP	≤25% del LMP	<5% del total generado; no peligroso
3–4	26–50% del ECA/LMP	26–50% del ECA/LMP	26–50% del LMP	5–15% del total; no peligroso
5–6	51–75% del ECA/LMP	51–75% del ECA/LMP	51–75% del LMP	16–30% del total generado
7–8	76–100% del ECA/LMP	76–100% del ECA/LMP	76–100% del LMP	>30% del total o generación elevada
9–10	>100% del ECA/LMP	>100% del ECA/LMP	>100% del LMP	Residuo dominante del proceso o residuo peligroso significativo

Tabla 4
Escala de valoración de la importancia (I) de los impactos ambientales

Rango	**Criterio técnico general (aplicable a las cuatro variables)**
1–2	Impacto puntual, reversible, sin riesgo regulatorio
3–4	Impacto local, controlado, bajo riesgo ambiental
5–6	Impacto significativo a nivel de planta, posible presión regulatoria
7–8	Impacto con potencial afectación externa o riesgo de sanción
9–10	Impacto con afectación ambiental directa, riesgo legal o reputacional alto

La Magnitud representa la intensidad del impacto considerando variables cuantificables como volúmenes de consumo, concentraciones de contaminantes, frecuencia del impacto y resultados de monitoreos ambientales correspondientes al año de estudio. Por su parte, la Importancia refleja la relevancia ambiental del impacto en función del cumplimiento normativo, el riesgo ambiental y la sensibilidad del entorno donde se desarrollan las actividades productivas.

Con la finalidad de priorizar los impactos ambientales significativos y facilitar su integración en el plan de gestión ambiental, se empleó una ponderación semicuantitativa basada en el producto M×I. Este enfoque ha sido utilizado en estudios recientes de evaluación de impacto ambiental aplicados a sistemas productivos industriales, permitiendo jerarquizar impactos y sustentar la toma de decisiones orientadas a la mejora del desempeño ambiental (Figueiredo et al., 2020; Martha et al., 2025). En el presente estudio, los valores obtenidos de M×I fueron clasificados en niveles crítico, alto, moderado y bajo, con el objetivo de orientar la selección de medidas de control operacional, acciones de mejora ambiental y estrategias de Producción Más Limpia.

Tabla 5
Clasificación de los impactos ambientales según el valor del producto MxI

M × I	**Clasificación**	**Interpretación**
1–20	Bajo	Seguimiento y control básico
21–40	Moderado	Control operacional sistemático
41–60	Alto	Requiere medidas correctivas
61–100	Crítico	Prioridad inmediata en el plan de gestión

Los resultados obtenidos mediante la Matriz de Leopold se articulan directamente con la Matriz de Operacionalización, en la cual las variables de estudio: calidad del agua, calidad del aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos; se traducen en dimensiones e indicadores medibles. En los casos de calidad del agua y residuos sólidos, la correspondencia entre impactos identificados y dimensiones operacionales es directa, dado

que los parámetros medidos representan de manera explícita los efectos ambientales generados. En calidad del aire y emisiones gaseosas, la relación es indirecta pero metodológicamente coherente, ya que la identificación de fuentes de impacto se vincula con parámetros normativos establecidos en el ECA Aire y los Límites Máximos Permisibles para fuentes fijas como criterios de medición.

En este marco metodológico, es necesario precisar que la validación mediante juicio de expertos se aplica al instrumento de medición establecido en la Matriz de Operacionalización de Variables. Esta matriz define las variables, dimensiones e indicadores empleados para la evaluación del desempeño ambiental de la empresa. La Matriz de Operacionalización constituye el instrumento central del estudio, al permitir la medición objetiva de los impactos ambientales priorizados mediante indicadores alineados con la normativa ambiental vigente.

La Matriz de Leopold, por su parte, cumple una función diagnóstica y de priorización de impactos ambientales, sirviendo como herramienta de apoyo para identificar las actividades y aspectos ambientales más relevantes del proceso productivo. En consecuencia, no se establece una correspondencia literal uno a uno entre los aspectos ambientales identificados en la Matriz de Leopold y las dimensiones de la Matriz de Operacionalización, sino una articulación metodológica por niveles, en la cual la primera orienta la priorización de impactos y la segunda operacionaliza su medición mediante indicadores validados.

La Tabla 6 presenta la Matriz de Leopold adaptada a los procesos productivos evaluados, en la que se cruzan las principales actividades desarrolladas en las plantas de la empresa con los componentes ambientales relevantes, asignando valores de Magnitud e Importancia conforme a la metodología original de Leopold et al. (1971b) y a adaptaciones contemporáneas aplicadas en estudios industriales. La utilización de una Matriz de Leopold adaptada resulta metodológicamente válida, dado el carácter flexible del método, que permite su adecuación a las características específicas del proyecto evaluado y al contexto sectorial, siempre que exista sustento técnico y coherencia metodológica (Figueiredo et al., 2020; Leopold et al., 1971; Martha et al., 2025). En el contexto de la industria textil de Lima, caracterizada por procesos como tejeduría, tintorería, acabados, corte, confección y lavandería, dicha adaptación resulta necesaria para reflejar de manera realista las actividades evaluadas y los impactos ambientales asociados.

Adicionalmente, como mecanismo de aseguramiento metodológico complementario, para garantizar la validez y confiabilidad de la Matriz de Leopold aplicada en este estudio, se implementará un proceso de validación por juicio de expertos. En una primera fase, la matriz será evaluada por especialistas con un mínimo de diez años de experiencia profesional y grado de maestría en temas vinculados a la industria textil y la gestión ambiental, quienes revisarán la coherencia metodológica, la pertinencia de los componentes ambientales incluidos y la adecuación de los criterios de magnitud e importancia. Esta decisión metodológica se sustenta en la literatura, donde se señala que la validación de instrumentos mediante juicio experto recomienda la participación de especialistas con experiencia en el campo, recomendándose un **mínimo de tres expertos** para garantizar la validez de contenido, pudiendo ampliarse el número según la complejidad del instrumento y el nivel de rigurosidad exigido (Fuad et al., 2022).

En este estudio, los aspectos ambientales relacionados a los procesos productivos textiles constituyen las acciones o fuentes que generan los impactos ambientales evaluados. Con base en estos aspectos, se determinan los impactos correspondientes, entendidos como las alteraciones o cambios que estas actividades producen sobre los componentes ambientales considerados.

La evaluación de los impactos se realiza mediante la aplicación de la Matriz de Leopold, en la cual cada interacción actividad–factor ambiental es valorada en función de su magnitud (M) y su importancia (I). El producto de ambas variables (M×I) permite determinar la significancia ambiental de cada interacción individual.

Posteriormente, los valores obtenidos se integran a nivel de variable ambiental mediante la sumatoria de los productos (ΣM×I) y el análisis de intensidad promedio de impactos por interacción, lo que permite establecer una priorización más precisa de los impactos en función de su intensidad y distribución dentro del sistema evaluado, constituyendo la base para la propuesta del plan de gestión ambiental.

La Figura 4 es el flujograma que presenta la secuencia metodológica para la identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales en los procesos textiles, desde la aplicación de la Matriz de Leopold hasta la formulación del Plan de Gestión Ambiental. Asimismo, este proceso se complementa con la aplicación de la observación sistemática en campo, la cual permite identificar de forma directa la relación entre las actividades productivas y los componentes ambientales, asegurando un registro ordenado, continuo y objetivo de la información relevante para el análisis.

Figura 4

Flujograma de la metodología para la evaluación y priorización de impactos ambientales.

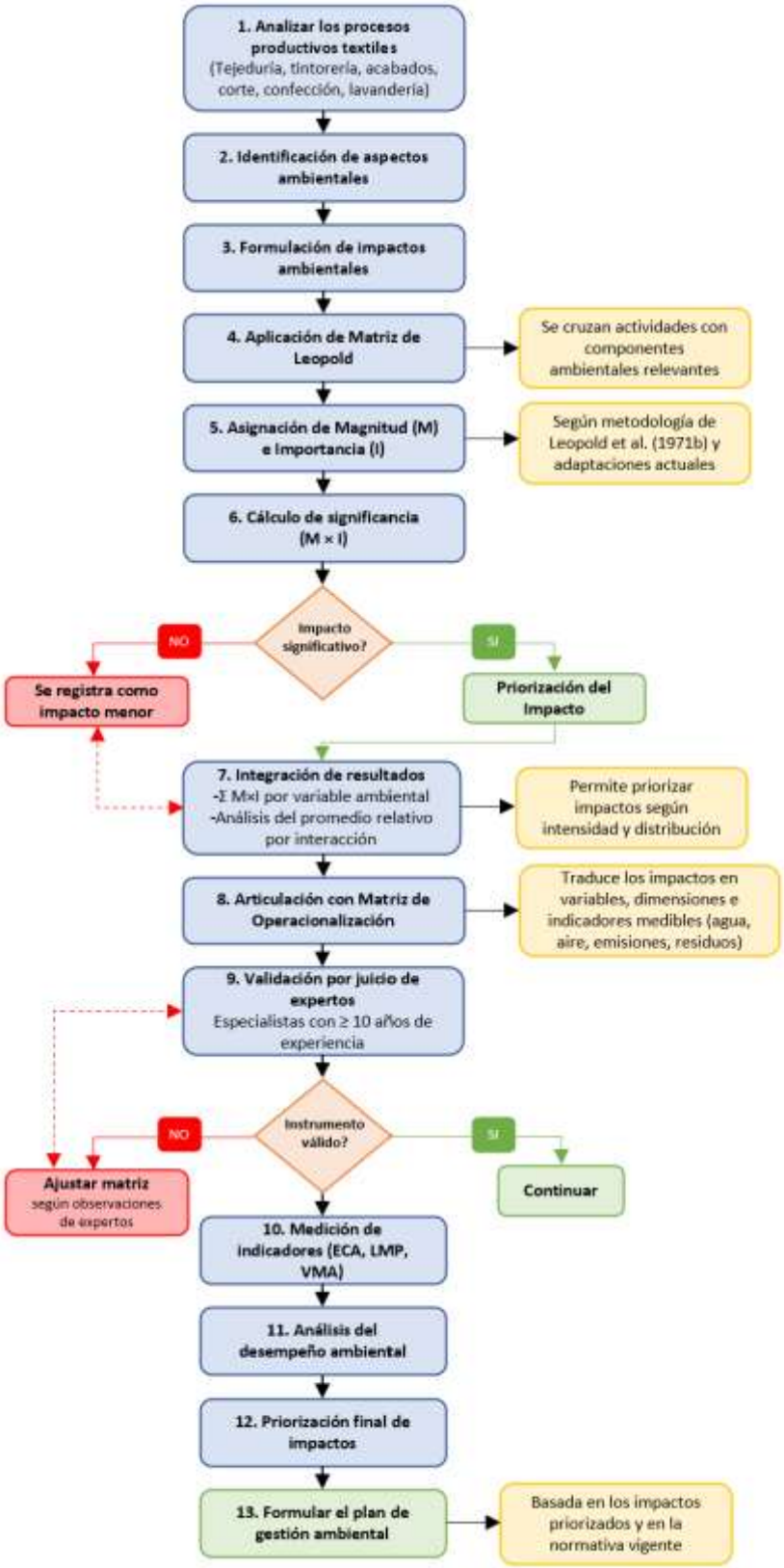


Tabla 6

Matriz de Leopold adaptada para la industria textil objeto de estudio

Impacto Ambiental evaluado		Actividades						Impacto Ambiental (Σ MxI)
		Proceso Textil			Proceso de Confección			
		Tejeduría	Tintorería	Acabados	Corte	Costura	Lavandería	
Calidad de Agua	Alteración de la calidad del agua superficial por vertimiento de efluentes con colorantes y sales.	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
	Eutrofización y disminución del oxígeno disuelto debido al incremento de la carga orgánica (DBO y DQO).	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
	Alteración de la biota acuática por presencia de metales pesados en efluentes industriales.	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
Calidad del Aire	Alteración de la calidad del aire por el incremento de material particulado (PM_{10}).	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
	Alteración de la calidad del aire por el incremento de monóxido de carbono (CO).	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
	Alteración de la calidad del aire por el incremento de dióxido de azufre (SO_2).	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
	Alteración de la calidad del aire por el incremento de dióxido de nitrógeno (NO_2).	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
Emisiones Gaseosas	Alteración de la atmósfera por el incremento de monóxido de carbono (CO) en gases de	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0

Impacto Ambiental evaluado		Actividades						Impacto Ambiental (Σ MxI)
		Proceso Textil			Proceso de Confección			
		Tejeduría	Tintorería	Acabados	Corte	Costura	Lavandería	
	combustión.							
	Alteración de la atmósfera por el incremento de óxidos de nitrógeno (NO_x) en gases de combustión.	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
Residuos Sólidos	Incremento de la carga ambiental asociada a la generación de residuos sólidos textiles.	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
	Incremento de la ocupación de rellenos sanitarios por residuos textiles.	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0
	Disminución de la generación de residuos sólidos textiles.	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	M/I	0

Nota. Elaboración propia basada en Leopold et al. (1971b).

	Escala
Magnitud (M)	0-10
Importancia (I)	0-10

Para la interpretación y priorización de los impactos ambientales identificados mediante la Matriz de Leopold, se emplearán dos indicadores derivados del procesamiento de los valores obtenidos:

- el valor acumulado de significancia (Σ M×I), que permite estimar la carga total del impacto por variable ambiental; y
- el indicador de intensidad promedio de impactos por interacción, calculado como la relación entre Σ(M×I) y el número de interacciones con impacto identificado, el cual permite evaluar la intensidad media de los impactos independientemente de su frecuencia. Ambos indicadores serán utilizados de manera complementaria en el Capítulo 4 para sustentar la jerarquización de impactos ambientales significativos.

CAPÍTULO 4 Resultados

4.1. Resultados del diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental de la empresa Industrias Nettalco S.A. se realizó a partir del análisis de información correspondiente al año 2025, mediante la revisión de registros técnicos y reportes internos relacionados con el desempeño ambiental de sus operaciones en las plantas Vulcano (Ate) y Cercado de Lima (Industrias Nettalco S.A., 2025g, 2025c, 2025d, 2025b, 2025a, 2025e, 2025f).

La información analizada comprende reportes de monitoreo ambiental, monitoreo de higiene ocupacional, estudios de huella hídrica, inventario de gases de efecto invernadero (GEI) y declaraciones anuales de residuos sólidos, los cuales permiten caracterizar el comportamiento de los principales componentes ambientales objeto de análisis en esta investigación: agua, aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos.

El análisis de estos resultados se realiza en función de los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente, entre ellos los parámetros normativos del ECA, LMP y VMA vigentes, con el propósito de identificar tendencias, condiciones de cumplimiento y posibles áreas críticas dentro del proceso productivo.

Bajo este enfoque, el diagnóstico trasciende la descripción del estado ambiental actual, al identificar las variables de mayor criticidad dentro del sistema productivo y proveer los insumos necesarios para la aplicación de la matriz de Leopold.

4.1.1. Calidad del agua

La evaluación de la calidad de agua en Industrias Nettalco S.A. se realizó a partir del análisis de reportes de monitoreo de efluentes industriales correspondientes a las plantas Vulcano (Ate) y Cercado de Lima, considerando información de los años 2025 y 2026, elaborada por laboratorios acreditados como Certintex S.A.C. e Intertek.

En el año 2025, se dispone de dos reportes de monitoreo elaborados por Certintex, correspondientes a ambas plantas. En el caso de la planta Vulcano, el análisis del efluente industrial evidencia concentraciones elevadas de carga orgánica y sólidos en suspensión, con valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de 143 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 398 mg/L y Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 151 mg/L, asociados a procesos de teñido y acabado (Certintex, 2025b).

Asimismo, se identificó la presencia de aceites y grasas (46 mg/L) y nitrógeno amoniacal (25.594 mg/L), los cuales pueden generar efectos adversos en cuerpos receptores, tales como eutrofización y disminución del oxígeno disuelto (Certintex, 2025b).

Por su parte, el reporte correspondiente a la planta Cercado de Lima permite caracterizar el efluente generado en dicha instalación, evidenciando la presencia de parámetros fisicoquímicos típicos de aguas residuales industriales textiles, tales como carga orgánica y sólidos en suspensión (Certintex, 2025a). No obstante, al no disponerse de información comparable para el año 2026 en esta planta, su análisis se incorpora únicamente como parte del diagnóstico ambiental general.

Para el año 2026, los reportes elaborados por Intertek corresponden exclusivamente a la planta Vulcano, permitiendo evaluar la calidad del efluente tratado bajo el marco de la guía ZDHC Wastewater Guidelines (V2.2). En este sentido, el reporte TURA260013943 presenta valores de DQO de 108 mg/L, DBO_5 de 20 mg/L y SST de 13 mg/L, evidenciando una reducción significativa de la carga contaminante respecto a los valores registrados en el monitoreo previo (Intertek, 2026b).

Adicionalmente, parámetros como pH (8.15), aceites y grasas (no detectables) y nitrógeno amoniacal (no detectable) se encuentran dentro de rangos aceptables, lo que sugiere la eficiencia del sistema de tratamiento implementado en la planta Vulcano (Intertek, 2026b).

De manera complementaria, el reporte TURA260013941 permite evaluar la presencia de sustancias peligrosas en el efluente tratado. En este caso, compuestos regulados por la iniciativa ZDHC, tales como alquilfenoles, colorantes restringidos, compuestos orgánicos volátiles y metales pesados, no fueron detectados, evidenciando un adecuado control de sustancias químicas en el proceso productivo (Intertek, 2026a).

Tabla 7
Resultados comparativos de calidad de agua en efluentes industriales-Planta Vulcano

Parámetro	**Unidad**	**Vulcano 2025 (Certintex)**	**Vulcano 2026 (Intertek)**	**Cumplimiento**
DBO_5	mg/L	143	20	Cumple
DQO	mg/L	398	108	Cumple
SST	mg/L	151	13	Cumple

Parámetro	Unidad	Vulcano 2025 (Certintex)	Vulcano 2026 (Intertek)	Cumplimiento
Aceites y grasas	mg/L	46	ND	Cumple
Nitrógeno amoniacal	mg/L	25.594	ND	Cumple
pH	—	—	8.15	Cumple

Nota. Elaboración propia con base en Certintex, (2025b) e Intertek, (2026b). ND: No detectable.

El efluente analizado en la planta Vulcano muestra parámetros representativos del sector textil, destacando la elevada carga orgánica y la presencia de solidos en suspensión, atribuibles al consumo intensivo de agua y reactivos químicos en los procesos de tintorería y acabado.

Asimismo, la comparación entre los años 2025 y 2026 muestra una reducción significativa en los niveles de DBO_5, DQO y SST, lo cual evidencia la mejora en la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales implementado en dicha planta.

En términos ambientales, estos resultados permiten identificar que la calidad del agua constituye una variable crítica dentro del proceso productivo, debido a la magnitud de la carga contaminante generada y su potencial impacto sobre cuerpos receptores, particularmente en términos de eutrofización, disminución del oxígeno disuelto y afectación de la biota acuática.

En este sentido, la mayor relevancia de la planta Vulcano en la evaluación de la calidad del agua se encuentra asociada a la escala de sus operaciones dentro del sistema productivo, lo cual incrementa su importancia relativa en términos de impacto potencial.

Por otro lado, es importante señalar que la empresa ha implementado en el año 2024 un sistema de tratamiento de combina procesos biológicos con tecnología de ósmosis inversa, orientado a la recuperación y reúso del recurso hídrico empleado en tintorería. En este contexto, de acuerdo con los registros internos de gestión hídrica correspondientes al año 2025, se alcanzó un nivel de recuperación de agua de 34.3%, calculado como la relación entre el volumen de agua reutilizada y el volumen de agua ingresada al sistema de tratamiento. Asimismo, se observa una variabilidad mensual en el desempeño del sistema, con valores entre 21.4% y 47.7% (ver Tabla 8).

Tabla 8
Recuperación de agua en el sistema de tratamiento – Año 2025

Indicador	Valor (m^3)	Porcentaje de recuperación (%)
Ingreso a PTAR	241,135	—
Agua recuperada	82,327	34.30%
Agua de rechazo	60,918	—

Nota. Elaboración propia con base en registros internos de gestión hídrica de Industrias Nettalco S.A. (2025).

Estos resultados evidencian que, si bien la implementación del sistema de tratamiento ha permitido avances en la recuperación del recurso hídrico, aún existen oportunidades de mejora para alcanzar la meta proyectada por la empresa, estimada en 70%.

Finalmente, la información recopilada constituye un insumo fundamental para la evaluación de impactos ambientales mediante la matriz de Leopold, particularmente en lo relacionado con la alteración de la calidad del agua superficial y la afectación de ecosistemas acuáticos, lo cual evidencia que la variable agua presenta alta relevancia ambiental.

4.1.2. Calidad del aire

La evaluación de la calidad del aire en Industrias Nettalco S.A. se realizó a partir del análisis de los resultados de monitoreo ambiental correspondientes al año 2025, efectuados en las plantas Vulcano (Ate) y Cercado de Lima, mediante la medición de material particulado y gases asociados a procesos industriales (Industrias Nettalco S.A., 2025d, 2025c). Los resultados de higiene ocupacional se utilizan como referencia complementaria y no sustituyen los estándares de calidad ambiental.

Los resultados obtenidos evidencian la presencia de contaminantes atmosféricos asociados principalmente a las operaciones de tejeduría, acabado y uso de equipos térmicos, destacando el material particulado (PM_{10}) como uno de los principales parámetros evaluados, debido a su relación con la manipulación de fibras textiles y procesos mecánicos.

Tabla 9
Resultados de monitoreo de calidad de aire

Parámetro	Unidad	Valor observado (rango)	ECA	Cumplimiento
PM_{10}	µg/m³	32.29 – 73.38	100	Cumple
SO_2	µg/m³	<1.41	250	Cumple
NO_2	µg/m³	<5.40	200	Cumple
CO	µg/m³	<726	10,000*	Cumple

Nota. Elaboración propia con base en los informes de monitoreo ambiental (Industrias Nettalco S.A., 2025d, 2025c) y los Estándares de Calidad Ambiental para aire. *Valor de referencia para CO según normativa aplicable.

La Tabla 9 muestra que la totalidad de los parámetros se ubica dentro de los límites del ECA, confirmando el cumplimiento normativo en ambas instalaciones.

No obstante, el material particulado (PM_{10}) presenta los valores más representativos dentro de los contaminantes evaluados, alcanzando concentraciones de hasta 73.38 µg/m³, lo que equivale aproximadamente al 73% del límite establecido por el ECA. Este resultado, si bien se encuentra dentro de los rangos permisibles, evidencia la influencia directa de las actividades productivas, especialmente aquellas relacionadas con la manipulación de fibras textiles y procesos mecánicos.

Respecto a los contaminantes gaseosos: SO_2, NO_2 y CO, los valores registrados se mantienen ampliamente por debajo de los limites normativos, lo que sugiere un adecuado control de las emisiones asociadas al uso de combustibles en equipos térmicos.

En términos ambientales, estos resultados indican que la calidad del aire no presenta condiciones críticas en las instalaciones evaluadas; sin embargo, la generación continua de material particulado y gases de combustión constituye una fuente de presión ambiental que debe ser considerada dentro del análisis de impactos.

En este sentido, la calidad del aire se configura como una variable de impacto moderado dentro del sistema productivo, debido a que, si bien no se evidencian incumplimientos normativos, existe una generación constante de emisiones asociadas a las operaciones industriales.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten sustentar la inclusión de impactos relacionados con la emisión de material particulado (PM_{10}) y gases de combustión en la matriz de Leopold, particularmente en lo referido a la alteración de la calidad del aire y sus efectos sobre la salud y el ambiente.

4.1.3. Emisiones gaseosas

La evaluación de las emisiones gaseosas en Industrias Nettalco S.A. se realizó a partir del análisis del inventario de gases de efecto invernadero correspondiente al año 2025, el cual incluye las emisiones generadas en las plantas Vulcano (Ate) y Cercado de Lima, considerando las emisiones directas (Alcance 1) e indirectas por consumo de energía (Alcance 2) (Industrias Nettalco S.A., 2025g).

Los resultados obtenidos evidencian que las emisiones totales de gases de efecto invernadero ascienden a 36,189.09 tCO_2eq, las cuales están asociadas principalmente al consumo de combustibles en equipos térmicos, tales como calderas y generadores de vapor, así como al consumo de energía eléctrica en los procesos productivos.

Tabla 10
Emisiones de gases de efecto invernadero por planta (2025)

Planta	Emisiones totales (tCO_2eq)	Participación relativa (%)
Vulcano	24,373.04	67.3
Cercado	11,816.05	32.7
Total organizacional	**36,189.09**	**100.00**

Nota. Elaboración propia con base en el inventario de gases de efecto invernadero a nivel organizacional(Industrias Nettalco S.A., 2025g).

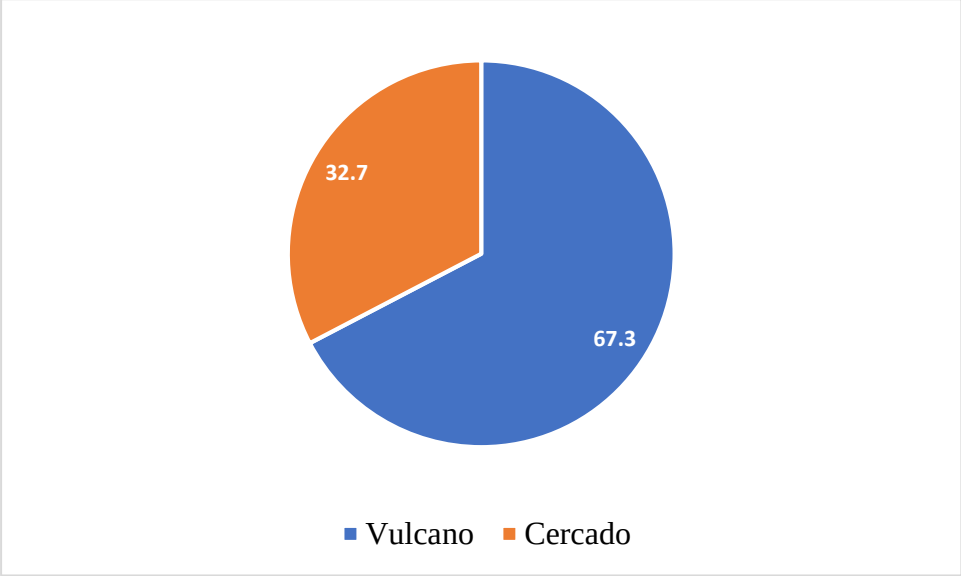
A partir de los resultados presentados en la Tabla 10, se observa que la planta Vulcano concentra aproximadamente el 67.3% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, lo que evidencia su mayor contribución relativa dentro del sistema productivo. Esta situación está directamente asociada a la intensidad de sus operaciones, particularmente en las etapas de tintorería y acabado, donde se requiere el uso intensivo de vapor y energía térmica.

Por su parte, la planta Cercado representa el 32.7% de las emisiones totales, lo cual refleja una menor intensidad energética en comparación con la planta Vulcano, en concordancia con las actividades desarrolladas en dicha instalación.

Con el fin de facilitar la visualización de la participación relativa de las emisiones de gases de efecto invernadero por planta, se presenta la Figura 5.

Figura 5

Distribución porcentual de emisiones de gases de efecto invernadero por planta (2025).



La Figura 5 permite visualizar de manera clara la diferencia en la participación de emisiones entre ambas plantas.

En términos ambientales, las emisiones de GEI representan un impacto de alcance global por su incidencia directa sobre el calentamiento del planeta, siendo el dióxido de carbono (CO_2) el principal gas asociado a estas emisiones. En este contexto, la magnitud de las emisiones generadas a nivel organizacional evidencia la relevancia de esta variable dentro del desempeño ambiental de la empresa.

Asimismo, la concentración de emisiones en la planta Vulcano refuerza su importancia relativa en la evaluación de impactos ambientales, no solo por la escala de producción, sino también por la intensidad energética de sus procesos.

En este sentido, las emisiones gaseosas se configuran como una variable de impacto alto dentro del sistema productivo, debido a la magnitud de las emisiones generadas y su contribución directa al cambio climático.

En este contexto, los resultados obtenidos permiten sustentar la inclusión de las emisiones de gases de efecto invernadero como un componente relevante en la evaluación de impactos ambientales, particularmente en lo relacionado con la contribución al cambio climático, considerando la magnitud de las emisiones generadas y su alcance a nivel global.

4.1.4. Residuos sólidos

La evaluación de los residuos sólidos en Industrias Nettalco S.A. se realizó a partir del análisis de las declaraciones anuales de residuos sólidos correspondientes al año 2025, así como de registros internos de generación de desperdicios textiles del proceso productivo (Industrias Nettalco S.A., 2025b, 2025a, 2026).

En el año 2025, la planta Vulcano registró una generación total de 313.901 toneladas anuales de residuos sólidos, mientras que la planta Cercado reportó 70.174 toneladas anuales, evidenciando una mayor generación de residuos en la primera, en concordancia con la escala de sus operaciones productivas (Industrias Nettalco S.A., 2025a; 2025b).

No obstante, las declaraciones anuales no incluyen de manera específica los residuos textiles generados en el proceso productivo, los cuales son gestionados internamente como material de descarte. En ese sentido, con el fin de caracterizar este flujo, se analizaron los registros internos de desperdicios textiles correspondientes a la semana 14 del año 2026, utilizados como referencia operativa representativa del comportamiento del proceso productivo (Industrias Nettalco S.A., 2026).

A partir de esta información, se estimó la distribución relativa de la generación de residuos textiles por etapa del proceso productivo, cuyos resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11
Distribución estimada de residuos textiles por etapa del proceso productivo

Proceso	**Etapa**	**kg/semana**	**kg/año**	**Participación porcentual (%)**
Proceso textil	Tejeduría	199.70	10384.40	2.30
	Tintorería	526.60	27383.20	6.00
	Acabados	140.80	7321.60	1.60
Proceso de	Corte	7404.90	385054.80	83.80

Proceso	Etapa	kg/semana	kg/año	Participación porcentual (%)
confección	Costura	560.00	29120.00	6.30
	Lavandería	0.00	0.00	0.00
Total		**8,832.00**	**459,264.00**	**100.00**

Nota. Elaboración propia con base en el informe semanal de desperdicios del proceso productivo correspondiente a la semana 14 del año 2026 (Industrias Nettalco S.A., 2026). Los valores anuales corresponden a una estimación referencial a partir de la información semanal. La participación porcentual corresponde a la proporción de residuos estimados por etapa respecto del total anual.

Según la Tabla 11, la etapa de corte concentra el 83.8% de los residuos textiles generados, consolidándose como el principal punto de generación de mermas en la cadena productiva.

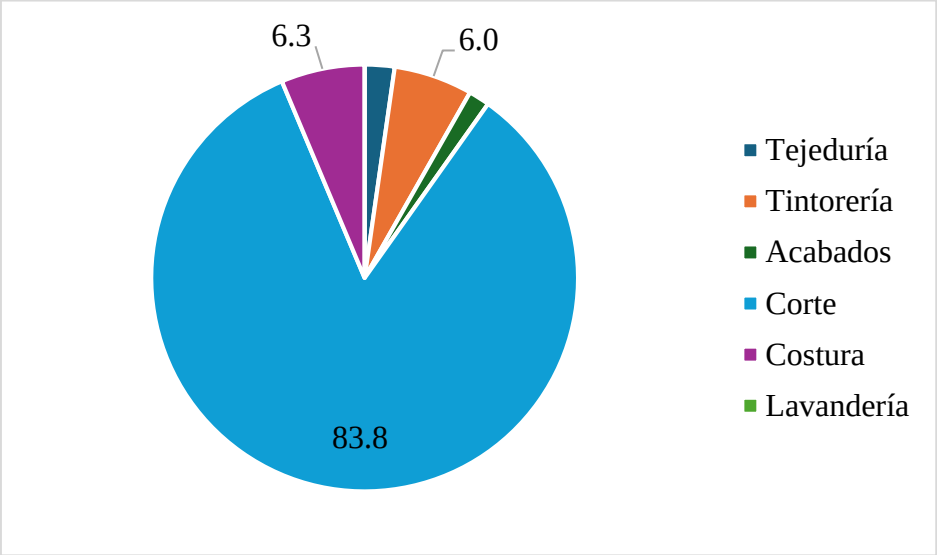
En menor proporción, se identifican residuos en las etapas de costura (6.3%) y tintorería (6.0%), mientras que las etapas de tejeduría (2.3%) y acabados (1.6%) presentan una contribución menor, asociada principalmente a pérdidas de material durante el procesamiento.

Estos resultados evidencian que la generación de residuos textiles no es homogénea a lo largo del proceso productivo, sino que se concentra principalmente en etapas de transformación física del material, particularmente en el corte, donde se generan retazos y descartes de tela.

Con el fin de facilitar la visualización de la participación relativa de los residuos textiles por etapa del proceso productivo, se presenta la Figura 6.

Figura 6

Distribución porcentual de residuos textiles por etapa del proceso productivo (2025).



La Figura 6 permite visualizar de manera clara la alta concentración de residuos textiles en la etapa de corte, en comparación con las demás etapas del proceso productivo.

En términos ambientales, la generación de residuos sólidos textiles constituye una fuente relevante de impacto debido a su volumen y frecuencia dentro del proceso productivo, así como a su disposición final, la cual puede contribuir a la ocupación de rellenos sanitarios y a la pérdida de recursos materiales potencialmente valorizables.

En este contexto, la variable de residuos sólidos se configura como una variable de impacto alto dentro del sistema productivo, debido a la magnitud de los residuos generados y su carácter transversal en múltiples etapas del proceso.

En conjunto, los resultados del diagnóstico ambiental evidencian que las variables de calidad de agua, emisiones gaseosas y residuos sólidos presentan una mayor relevancia ambiental dentro del sistema productivo de Industrias Nettalco S.A., debido a la magnitud de los parámetros evaluados y su relación con los procesos de tintorería, generación térmica y corte textil. Por su parte, la calidad del aire presenta una menor intensidad relativa, aunque mantiene importancia en términos de control operativo y cumplimiento normativo.

Estos resultados constituyen la base para la evaluación de impactos ambientales mediante la matriz de Leopold, desarrollada en el siguiente apartado.

4.2. Evaluación de impactos ambientales mediante la Matriz de Leopold

Con base en el diagnóstico ambiental presentado en el apartado 4.1, se procedió a la evaluación de los impactos ambientales mediante la aplicación de la Matriz de Leopold, considerando las principales actividades del proceso productivo textil y los factores ambientales asociados.

Los impactos fueron valorados mediante la asignación de criterios de magnitud (M) e importancia (I), utilizando una escala de valoración previamente definida, obteniéndose un índice de significancia (M×I), cuyo valor acumulado permite identificar los impactos ambientales más relevantes dentro del sistema evaluado.

4.2.1. Aplicación de la matriz de Leopold

La matriz de Leopold fue aplicada a las principales actividades del proceso productivo textil, considerando su interacción con los impactos ambientales definidos para cada variable de estudio.

Los resultados de la evaluación se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12

Matriz de Leopold aplicada para la evaluación de impactos ambientales en el proceso textil

		Actividades						Impacto Ambiental Acumulado (Σ MxI)
		Proceso Textil			Proceso de Confección			
Impacto Ambiental evaluado		Tejeduría	Tintorería	Acabados	Corte	Costura	Lavandería	
Calidad de Agua	Alteración de la calidad del agua superficial por vertimiento de efluentes con colorantes y sales.	0/0	**8/9**	5/6	0/0	0/0	4/5	122
	Eutrofización y disminución del oxígeno disuelto debido al incremento de la carga orgánica (DBO y DQO).	0/0	**9/9**	6/7	0/0	0/0	6/7	165
	Alteración de la biota acuática por presencia de metales pesados en efluentes industriales.	0/0	4/6	3/5	0/0	0/0	2/4	47
Calidad del Aire	Alteración de la calidad del aire por el incremento de material particulado (PM_{10}).	5/6	4/5	3/4	5/5	4/5	3/4	119
	Alteración de la calidad del aire por el incremento de monóxido de carbono (CO).	0/0	5/6	4/5	0/0	0/0	3/4	62

Impacto Ambiental evaluado		Actividades						Impacto Ambiental Acumulado (Σ MxI)
		Proceso Textil			Proceso de Confección			
		Tejeduría	Tintorería	Acabados	Corte	Costura	Lavandería	
	Alteración de la calidad del aire por el incremento de dióxido de azufre (SO_2).	0/0	5/6	4/5	0/0	0/0	3/4	62
	Alteración de la calidad del aire por el incremento de dióxido de nitrógeno (NO_2).	0/0	6/6	5/5	0/0	0/0	4/4	77
Emisiones Gaseosas	Alteración de la atmósfera por el incremento de monóxido de carbono (CO) en gases de combustión.	0/0	5/6	4/5	0/0	0/0	3/4	62
	Alteración de la atmósfera por el incremento de óxidos de nitrógeno (NO_x) en gases de combustión.	0/0	6/7	5/6	0/0	0/0	4/5	92
Residuos Sólidos	Incremento de la carga ambiental asociada a la generación de residuos sólidos textiles.	4/5	5/6	5/6	**9/9**	**8/8**	4/5	245
	Incremento de la ocupación de rellenos sanitarios por residuos textiles.	4/5	5/6	5/6	**8/8**	7/7	4/5	213

Impacto Ambiental evaluado		Actividades						Impacto Ambiental Acumulado (Σ MxI)
		Proceso Textil			Proceso de Confección			
		Tejeduría	Tintorería	Acabados	Corte	Costura	Lavandería	
	Disminución de la generación de residuos sólidos textiles.	2/4	3/5	3/5	4/6	4/6	2/4	94

Nota. La clasificación por colores del impacto ambiental acumulado (Σ M×I) corresponde a los niveles de significancia definidos en el Capítulo 3.

Para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos mediante la matriz de Leopold, se ha incorporado un sistema de codificación por colores en la columna correspondiente al impacto ambiental acumulado (Σ M×I), el cual permite clasificar el nivel de significancia de los impactos evaluados. Esta clasificación se basa en rangos previamente definidos en el Capítulo 3, considerando los siguientes niveles: bajo (0–50), representado en color verde; moderado (51–100), en color amarillo; alto (101–200), en color naranja; y crítico (>200), en color rojo. Asimismo, se resaltan aquellas interacciones que presentan valores elevados de magnitud o importancia ($M \geq 8$ o $I \geq 8$), con el fin de identificar las actividades que generan impactos ambientales relevantes dentro del proceso productivo.

Como se observa en la Tabla 12, las interacciones resaltadas permiten identificar que las etapas de tintorería, corte y costura concentran los impactos ambientales más críticos dentro del proceso productivo.

El análisis de la matriz evidencia que los impactos ambientales no se distribuyen de manera homogénea a lo largo del proceso productivo, sino que se concentran en etapas específicas, las cuales coinciden con las interacciones de mayor magnitud e importancia resaltadas en la Tabla 12.

En la variable calidad del agua, los impactos más significativos se concentran en la etapa de tintorería, donde se registran las interacciones de mayor valor (8/9 y 9/9), asociadas al uso intensivo de agua y sustancias químicas en los procesos de teñido y lavado.

En la calidad del aire, los impactos se distribuyen tanto en el proceso textil como en confección, principalmente por la generación de material particulado (PM_{10}), sin evidenciar interacciones de alta criticidad en comparación con otras variables.

En el caso de las emisiones gaseosas, los impactos se concentran en las etapas de tintorería y acabados, asociados al uso de equipos térmicos que generan gases de combustión como óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO).

Finalmente, en la variable residuos sólidos, los impactos más críticos se concentran en las etapas de corte y costura, donde se registran las interacciones de mayor valor (9/9 y 8/8), evidenciando la alta generación de mermas textiles en el proceso de confección.

4.2.2. Análisis de resultados de la evaluación de impactos ambientales

A partir de la aplicación de la matriz de Leopold presentada en el subapartado anterior (Tabla 12), se procedió al procesamiento y análisis de los valores obtenidos del

producto magnitud × importancia (M×I), con el propósito de evaluar la significancia de los impactos ambientales asociados al proceso productivo textil.

La asignación de valores M e I siguió los criterios establecidos en el Capítulo 3, y se detalla en cada celda de la matriz.

En una primera etapa, se consolidaron los valores acumulados de impacto ambiental por cada variable analizada: calidad del agua, calidad del aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos; lo que permite identificar la contribución global de cada una dentro del sistema evaluado. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13
Impacto ambiental acumulado por variable

Variable	Σ(M×I)
Calidad del agua	334
Calidad del aire	320
Emisiones gaseosas	154
Residuos sólidos	552

Los resultados de la Tabla 13 muestran que la variable residuos sólidos presenta el mayor valor acumulado de significancia (Σ M×I = 552), donde la significancia de cada impacto corresponde al producto de la magnitud (M) y la importancia (I), conforme a los criterios definidos en el Capítulo 3 (Tabla 5).

Este valor acumulado representa la suma de las interacciones evaluadas para dicha variable, evidenciando una mayor carga ambiental global dentro del proceso productivo. Este comportamiento se explica principalmente por la generación de mermas textiles en las etapas de corte y costura, así como por su presencia en múltiples actividades del proceso.

En segundo lugar, se ubica la calidad del agua (334), cuyos impactos se concentran en las etapas de tintorería, acabados y lavandería, debido al vertimiento de efluentes con presencia de colorantes, sales y materia orgánica. Al respecto, cabe precisar que los efluentes generados en Industrias Nettalco S.A., cuyo mayor volumen proviene de la planta de tintorería, son tratados mediante un sistema PTAR que combina procesos biológicos con tecnología de ósmosis inversa, orientado a la reducción de la carga contaminante y a la recuperación del recurso hídrico. Los efluentes tratados se vierten al sistema de alcantarillado de SEDAPAL, en cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en el D.S. N.° 010-2019-VIVIENDA. Este destino de vertimiento determina que el receptor inmediato no sea un cuerpo natural, lo que fue

considerado en la valoración de importancia de los impactos hídricos en la Matriz de Leopold.

Por su parte, la calidad del aire (320) presenta una contribución relevante asociada principalmente a la emisión de material particulado y gases derivados de procesos térmicos. Finalmente, las emisiones gaseosas (154) registran el menor valor acumulado dentro del conjunto de variables evaluadas.

Con el fin de complementar la interpretación de los resultados, se analizó la frecuencia de impactos por variable ambiental, a partir del conteo del número de interacciones con valores distintos de cero en la matriz de Leopold (Tabla 12), considerando cada cruce entre actividad e impacto ambiental evaluado.

Este análisis permite identificar la distribución de los impactos a lo largo del proceso productivo y la frecuencia con la que cada variable ambiental se ve afectada en las diferentes etapas operativas.

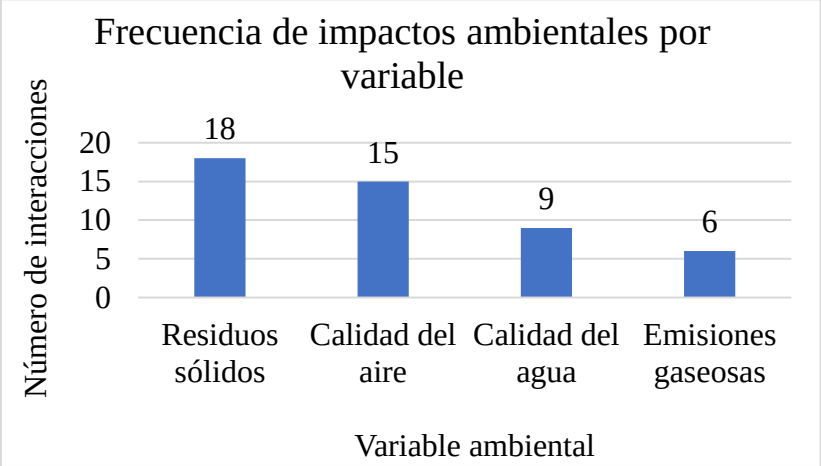
Los resultados se presentan en la Tabla 14, mientras que su representación gráfica se muestra en la Figura 7.

Tabla 14
Frecuencia de impactos por variable ambiental

Variable ambiental	**Número de interacciones con impacto identificado**
Calidad del agua	9
Calidad del aire	15
Emisiones gaseosas	6
Residuos sólidos	18

Figura 7

Frecuencia de impactos ambientales por variable



De acuerdo con la Tabla 14 y la Figura 7, la variable residuos sólidos presenta la mayor frecuencia de impactos (18 interacciones), valor obtenido a partir del conteo de las interacciones con impacto identificado (valores distintos de 0/0) en la matriz de Leopold (Tabla 12), lo que evidencia su carácter transversal dentro del proceso productivo.

De manera similar, la calidad del aire muestra una alta presencia (15 interacciones), indicando que sus efectos se distribuyen en diversas actividades.

En contraste, los impactos asociados a la calidad del agua (9 interacciones) y a las emisiones gaseosas (6 interacciones) se encuentran más concentrados en etapas específicas, lo que sugiere una menor dispersión, pero no necesariamente una menor relevancia ambiental.

Con el fin de complementar la interpretación de los resultados, se definieron indicadores de evaluación ambiental a partir de la matriz de Leopold. En este contexto, se consideraron dos indicadores principales:

- la frecuencia de impactos por variable ambiental, que permite analizar la distribución de los impactos en el proceso productivo; y
- la intensidad promedio de impactos por interacción, que permite evaluar la magnitud promedio de los impactos identificados.

Finalmente, se realizó el análisis del indicador de intensidad promedio de impactos por interacción, mediante el cálculo del promedio entre el valor acumulado (Σ M×I) y el número de interacciones con impacto identificado. Este indicador permite diferenciar

aquellos impactos que, aun siendo menos frecuentes, presentan mayor intensidad individual.

Los resultados se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15
Indicador de intensidad promedio de impactos por variable ambiental

Variable ambiental	**Σ(M×I) acumulado**	**Número de interacciones con impacto identificado**	**Intensidad promedio de impactos por interacción**
Calidad del agua	334	9	37.1
Calidad del aire	320	15	21.3
Emisiones gaseosas	154	6	25.7
Residuos sólidos	552	18	30.7

A partir de la Tabla 15, se identifica que la variable calidad del agua presenta el mayor valor del indicador de intensidad promedio de impactos por interacción (37.1), lo que evidencia que, aunque sus impactos son menos frecuentes, estos presentan una mayor intensidad y criticidad ambiental. Este comportamiento está asociado a la naturaleza de los efluentes generados en los procesos húmedos, los cuales pueden afectar significativamente los cuerpos de agua receptores.

Por su parte, la variable residuos sólidos presenta un valor elevado del indicador (30.7), lo que refleja una combinación de alta frecuencia e intensidad moderada, consolidándose como la variable de mayor carga ambiental global dentro del proceso productivo.

En contraste, la calidad del aire presenta el menor valor del indicador (21.3), lo que indica que, si bien sus impactos son frecuentes, su intensidad individual es menor. Las emisiones gaseosas presentan un comportamiento intermedio (25.7), con impactos de intensidad moderada concentrados en etapas específicas del proceso.

En términos específicos, se identificó como impacto de mayor significancia dentro de cada variable evaluada a:

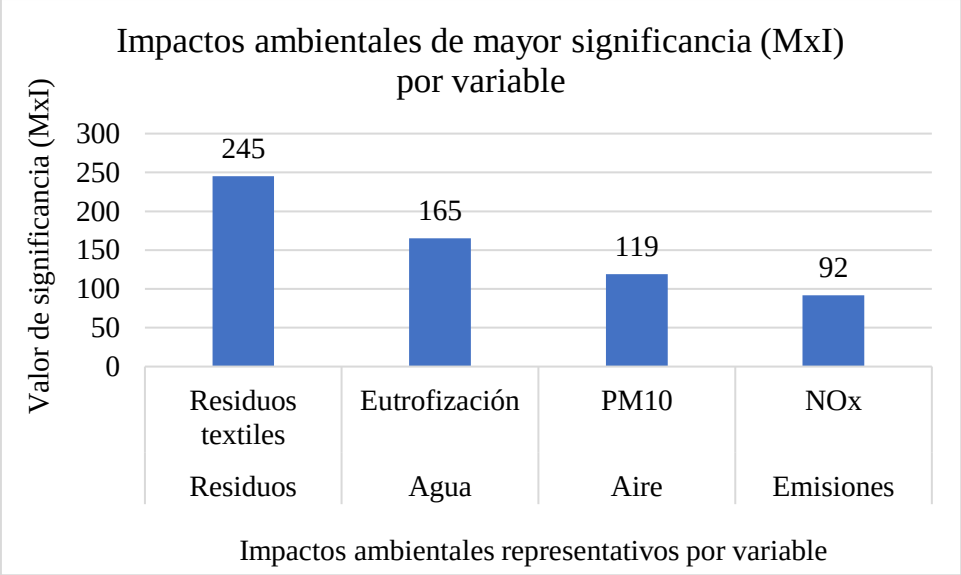
- la eutrofización y disminución del oxígeno disuelto debido al incremento de la carga orgánica (DBO y DQO) en la variable calidad del agua (M×I = 165);
- la alteración de la calidad del aire por el incremento de material particulado (PM_{10}) en la variable calidad del aire (M×I = 119);

- la alteración de la atmósfera por el incremento de óxidos de nitrógeno (NO_x) en gases de combustión en la variable emisiones gaseosas (M×I = 92); y
- el incremento de la carga ambiental asociada a la generación de residuos sólidos textiles en la variable residuos sólidos (M×I = 245).

Estos resultados se representan gráficamente en la Figura 8.

Figura 8

Impactos ambientales de mayor significancia por variable ambiental



Como se observa en la Figura 8, el impacto asociado a la generación de residuos sólidos textiles presenta el mayor valor de significancia (M×I = 245), seguido por la eutrofización en la variable calidad del agua (M×I = 165). En menor magnitud se ubican los impactos asociados a la calidad del aire (PM_{10}) y a las emisiones gaseosas (NO_x).

Cabe precisar que, además de los impactos ambientales negativos predominantes, se identificó un impacto ambiental positivo asociado a la disminución de la generación de residuos sólidos textiles, el cual se interpreta como una evidencia de mejora relativa en la eficiencia operativa y una oportunidad para fortalecer prácticas de valorización y economía circular dentro del proceso productivo.

En conjunto, los resultados obtenidos reflejan tanto la intensidad de los impactos como su distribución a lo largo del proceso productivo, permitiendo una comprensión integral de su comportamiento. Esta diferenciación constituye la base para la priorización de impactos ambientales significativos, la cual se desarrolla en el subapartado siguiente.

4.2.3. Priorización de impactos ambientales

La priorización de los impactos ambientales se realiza a partir del análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la matriz de Leopold, cuyos valores de magnitud (M) e importancia (I), definidos en el Capítulo 3, permiten calcular el nivel de significancia de los impactos a través del producto M×I.

En este contexto, la jerarquización de los impactos se basa en los indicadores derivados del análisis de la matriz, desarrollados en el subapartado anterior:

- El valor acumulado de significancia (Σ M×I), que refleja la carga total del impacto por variable ambiental (Tabla 12), y
- El indicador de intensidad promedio de impactos por interacción, que permite evaluar la magnitud media de los impactos identificados (Tabla 14).

En el presente estudio, la priorización de los impactos ambientales se establece a partir de la integración de los indicadores de carga acumulada (Σ M×I) e intensidad promedio por interacción, los cuales permiten evaluar de manera complementaria tanto la magnitud global como la criticidad relativa de cada variable ambiental. Bajo este enfoque, se evita priorizar únicamente en función de la frecuencia de los impactos, incorporando criterios que permiten identificar aquellos con mayor severidad ambiental.

En la variable calidad del agua, el impacto más significativo corresponde a la eutrofización y disminución del oxígeno disuelto, producto del incremento de la carga orgánica en los efluentes, representada por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Este resultado evidencia la elevada intensidad de los impactos asociados a los procesos húmedos del sector textil, particularmente el teñido y acabado.

En cuanto a los residuos sólidos, el impacto predominante se asocia a la generación de residuos textiles en la etapa de corte, así como a los descartes y reprocesos en distintas fases del proceso productivo. Si bien esta variable presenta los mayores valores acumulados de M×I, su posición en segundo lugar responde a una menor intensidad promedio por interacción en comparación con la calidad del agua. No obstante, su carácter transversal incrementa su relevancia operativa y su contribución a la carga ambiental total.

Respecto a las emisiones gaseosas, el impacto más relevante está vinculado a la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) derivados de procesos de combustión en calderas y equipos térmicos. Estos contaminantes contribuyen a la degradación de la calidad

atmosférica y a fenómenos como la lluvia ácida, los cuales se encuentran regulados por la normativa ambiental vigente aplicable a emisiones atmosféricas de fuentes fijas.

En la variable calidad del aire, el impacto principal corresponde al incremento de material particulado (PM_{10}), asociado a la manipulación de fibras, transporte interno y emisiones difusas en áreas productivas. Aunque presenta la menor criticidad relativa entre las variables analizadas, su incidencia sobre la salud ocupacional y el ambiente laboral justifica la implementación de medidas de control y monitoreo.

La Tabla 16 presenta los impactos ambientales más representativos por variable, en función de su valor de significancia (M×I), permitiendo identificar aquellos que presentan mayor contribución individual dentro del sistema evaluado.

Tabla 16
Impactos ambientales más representativos según valor de significancia (MxI)

Variable ambiental	Impacto identificado	Valor (M×I)
Residuos sólidos	Generación de mermas textiles en corte	245
Calidad del agua	Incremento de carga orgánica (DBO/DQO)	165
Calidad del aire	Emisión de material particulado (PM_{10})	119
Emisiones gaseosas	Emisión de NO_x por combustión	92

Nota. Los valores presentados corresponden a la significancia individual de los impactos (M×I). La priorización en el presente estudio se establece mediante la integración de este criterio con el indicador de intensidad promedio por interacción.

En este sentido, la priorización establecida en el presente estudio se sustenta en la integración de ambos criterios. La intensidad promedio por interacción establece el orden de prioridad entre las variables, en tanto el valor de M×I orienta la selección de medidas específicas según la relevancia ambiental de cada impacto identificado.

A partir de este análisis, los ejes que requieren atención prioritaria son la calidad del agua por su alta intensidad individual, los residuos sólidos por su peso acumulado a lo largo del proceso productivo, y las emisiones atmosféricas por su incidencia sobre la calidad del aire.

Esta jerarquización constituye la base técnica para la formulación de la propuesta de plan de gestión ambiental, orientada a la prevención, control y mejora continua del desempeño ambiental de la empresa.

Asimismo, esta priorización se encuentra respaldada tanto por el análisis cuantitativo (Σ M×I) como por la intensidad relativa de los impactos, lo que garantiza una evaluación integral de la significancia ambiental.

En conjunto, los resultados evidencian que los impactos ambientales en el proceso productivo textil no solo deben ser evaluados en función de su magnitud acumulada, sino también en términos de su intensidad y potencial de afectación ambiental. Esta diferenciación permite orientar de manera más precisa la toma de decisiones, priorizando intervenciones en aquellos aspectos que, aun siendo menos frecuentes, pueden generar mayores riesgos para el entorno y el cumplimiento normativo.

CAPÍTULO 5 Discusión de resultados

5.1. Relación entre impactos ambientales y proceso productivo

Los hallazgos del estudio revelan una distribución heterogénea de los impactos ambientales a lo largo de la cadena productiva textil y que se concentran en determinadas etapas que presentan una mayor intensidad de uso de recursos y generación de residuos. Esta relación directa entre proceso productivo e impacto ambiental permite comprender la lógica de los resultados obtenidos mediante la matriz de Leopold.

En este sentido, las etapas asociadas a procesos húmedos, particularmente la tintorería y los acabados, muestran una relación significativa con los impactos sobre la calidad del agua. Este comportamiento responde al uso masivo de agua y productos químicos en el teñido, que da lugar a efluentes de alta carga contaminante. Este comportamiento confirma que los impactos hídricos no solo dependen de la frecuencia de las actividades, sino de la naturaleza de los procesos involucrados.

Por otro lado, las etapas del proceso de confección, especialmente el corte, presentan una relación directa con la generación de residuos sólidos textiles. La elevada cantidad de mermas generadas en esta fase responde a la transformación física del material, donde el aprovechamiento del tejido no es total. Esta característica explica la alta carga acumulada de impactos en esta variable, evidenciando su carácter transversal dentro del sistema productivo.

En cuanto a la calidad del aire y las emisiones gaseosas, los impactos se asocian principalmente a procesos que involucran fuentes de combustión y generación de material particulado. En particular, la utilización de calderas y equipos térmicos en las etapas de tintorería y acabados contribuye a la emisión de gases como óxidos de nitrógeno y material particulado, mientras que en las áreas de confección se generan emisiones difusas vinculadas a la manipulación de fibras textiles. Esto evidencia que los impactos atmosféricos se distribuyen en diversas etapas del proceso, aunque con diferente nivel de intensidad.

En conjunto, estos resultados permiten identificar que la distribución de los impactos ambientales en la industria textil guarda correspondencia con las características técnicas de cada etapa del proceso productivo. Esta correspondencia evidencia la pertinencia de abordar la gestión ambiental desde un enfoque integral, que considere las

particularidades de cada fase operativa para la implementación de medidas de control más efectivas.

5.2. Relación entre resultados y el marco teórico

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran una clara correspondencia con los fundamentos teóricos sobre los impactos ambientales en la industria textil, los cuales señalan que este sector se caracteriza por un uso intensivo de recursos y una elevada generación de contaminantes en distintas etapas de su proceso productivo.

Los impactos identificados en tintorería y acabados respecto a la calidad del agua coinciden con lo reportado en la literatura especializada, que señala reiteradamente a los procesos húmedos como fuente primaria de contaminación hídrica en el sector textil. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado en estudios tales como Guo et al. (2022), quienes destacan la contribución del sector textil a la contaminación hídrica, especialmente en contextos donde los sistemas de tratamiento no son suficientemente eficientes.

Asimismo, la relevancia de los residuos sólidos textiles, particularmente en la etapa de corte, guarda coherencia con los principios de economía circular y PLM, que señalan las mermas de corte como una ineficiencia prioritaria a abordar mediante estrategias de reducción, valorización y reciclaje. En este sentido, la literatura resalta la importancia de optimizar el uso de materiales y promover estrategias de valorización, reciclaje y reutilización para reducir la carga ambiental asociada a estos residuos, considerando que su inadecuada gestión incrementa la presión sobre los sistemas de disposición final, generando lixiviados contaminantes y emisiones asociadas (Yadav et al., 2024). Del mismo modo, la reducción en la generación de residuos textiles mediante estrategias de reutilización y reciclaje representa un impacto ambiental positivo, al disminuir el consumo de recursos naturales y la carga sobre los sistemas de gestión de residuos (Liu et al., 2024).

En relación con los impactos atmosféricos, los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Guo et al. (2022), quienes señalan que las emisiones de material particulado y gases de combustión en la industria textil están vinculadas al uso de equipos térmicos y procesos energéticamente intensivos. La presencia de contaminantes como óxidos de nitrógeno y material particulado es consistente con los marcos normativos y técnicos que regulan la calidad del aire y las emisiones industriales, particularmente lo establecido en el MINAM (2021), lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos.

De manera general, la correspondencia entre los resultados del presente estudio y el marco teórico revisado permite validar la consistencia del análisis realizado, evidenciando que la aplicación de la matriz de Leopold constituye una herramienta adecuada para la identificación y evaluación de impactos ambientales en el contexto del sector textil, tal como lo plantean Leopold et al. (1971), quienes establecen que esta metodología permite analizar de manera sistemática la interacción entre las actividades del proyecto y los factores ambientales. No obstante, también se reconoce que la magnitud y distribución de los impactos pueden variar en función de las características específicas de cada empresa, lo que resalta la importancia de realizar evaluaciones contextualizadas.

5.3. Análisis crítico de la evaluación de impactos

El presente estudio permite identificar y priorizar los impactos ambientales asociados al proceso productivo textil mediante la aplicación de la matriz de Leopold; sin embargo, es importante reconocer ciertas limitaciones metodológicas y operativas que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados.

En primer lugar, la evaluación de los impactos se basa en la asignación de valores de magnitud e importancia, los cuales, si bien siguen criterios técnicos definidos, incorporan un grado de subjetividad inherente al juicio del evaluador. Esta característica es propia de las metodologías cualitativas y semicuantitativas, como la matriz de Leopold, lo que implica que los resultados pueden variar en función de la experiencia y criterio de quienes realizan la evaluación.

En segundo lugar, el análisis se sustenta en información documental correspondiente a registros internos de la empresa, tales como reportes de consumo de recursos, monitoreos ambientales y generación de residuos. Si bien esta información permite una evaluación consistente del desempeño ambiental, no se realizaron mediciones directas adicionales en campo durante el desarrollo del estudio, lo que limita la posibilidad de contrastar los resultados con datos obtenidos en tiempo real.

Asimismo, la aplicación de la matriz de Leopold en su versión adaptada implica una simplificación del sistema ambiental, dado que no se consideran de manera explícita las interacciones acumulativas, sinérgicas o de largo plazo entre los distintos impactos evaluados. En este sentido, si bien la herramienta permite identificar y priorizar impactos relevantes, no reemplaza evaluaciones más complejas que integren dinámicas ambientales de mayor alcance.

Un aspecto relevante en la interpretación de los resultados es la incorporación del indicador de intensidad promedio de impactos por interacción, el cual permite complementar el análisis basado en la carga acumulada (Σ M×I). En efecto, si la evaluación se realizara únicamente a partir de los valores acumulados, los residuos sólidos aparecerían como la variable de mayor relevancia ambiental. No obstante, el análisis de la intensidad promedio evidencia que los impactos asociados a la calidad del agua presentan una mayor criticidad individual, lo que permite identificar que, aunque menos frecuentes, estos impactos tienen un mayor potencial de afectación ambiental. Este enfoque evita interpretaciones sesgadas basadas únicamente en la frecuencia o acumulación de impactos, permitiendo una evaluación más equilibrada y técnicamente consistente.

Por otro lado, la priorización de los impactos se basa en la integración de indicadores cuantitativos derivados del análisis de la matriz, lo cual permite reducir sesgos asociados a la frecuencia de las actividades. No obstante, esta aproximación puede no capturar completamente factores cualitativos adicionales, como la percepción social del impacto o su nivel de aceptación por parte de los grupos de interés, los cuales también pueden influir en la gestión ambiental empresarial.

En este contexto, es importante señalar que la empresa ha implementado en el año 2024 una planta de tratamiento de aguas residuales que incorpora procesos biológicos y de ósmosis inversa, orientados a la reducción de la carga contaminante y a la recuperación del recurso hídrico. De acuerdo con los registros internos correspondientes al año 2025, el sistema ha permitido alcanzar un nivel de recuperación de agua de 34.3%, lo cual evidencia un avance significativo en la gestión del recurso hídrico. No obstante, este valor aún se encuentra por debajo de la meta proyectada del 70%, lo que refleja la existencia de oportunidades de mejora en la eficiencia operativa del sistema implementado.

Finalmente, cabe señalar que los resultados obtenidos corresponden a un caso específico dentro del sector textil, por lo que su generalización a otras empresas debe realizarse con cautela. Las características particulares del proceso productivo, el nivel de tecnología empleada y las prácticas de gestión ambiental implementadas pueden influir significativamente en la naturaleza y magnitud de los impactos identificados. En este sentido, el estudio constituye una aproximación válida para el análisis de impactos ambientales en contextos similares, pero requiere ser adaptado a las condiciones específicas de cada organización.

5.4. Implicancias del estudio

Los resultados obtenidos en el presente estudio generan implicancias relevantes tanto a nivel operativo como estratégico para la gestión ambiental en la industria textil. En primer lugar, evidencian la necesidad de orientar los esfuerzos de gestión hacia aquellas etapas del proceso productivo que concentran impactos de mayor criticidad, particularmente los procesos húmedos asociados a la calidad del agua y las actividades de corte vinculadas a la generación de residuos sólidos textiles. Esta identificación permite focalizar la toma de decisiones en aspectos clave del desempeño ambiental, optimizando el uso de recursos y la efectividad de las medidas de control.

En segundo lugar, la incorporación de indicadores como la carga acumulada de impactos (Σ M×I) y la intensidad promedio de impactos por interacción permite fortalecer los procesos de evaluación ambiental en la empresa, proporcionando una base cuantitativa para la priorización de acciones. Este enfoque contribuye a una gestión más estructurada y objetiva, alineada con principios de mejora continua y prevención de la contaminación.

Asimismo, los resultados del estudio ponen en evidencia oportunidades de mejora en la eficiencia operativa, particularmente en la reducción de mermas textiles y en la optimización del uso de insumos y recursos en los procesos productivos. Estas oportunidades se vinculan directamente con enfoques de producción más limpia y economía circular, los cuales buscan minimizar la generación de residuos y maximizar el aprovechamiento de los materiales dentro del sistema productivo.

Desde una perspectiva normativa, la identificación de impactos críticos asociados a la calidad del agua y a las emisiones atmosféricas refuerza la importancia de asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales vigentes, tales como los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental. En este sentido, el estudio proporciona insumos relevantes para la gestión del cumplimiento regulatorio y la prevención de riesgos ambientales.

Finalmente, las implicancias del presente estudio trascienden el caso específico analizado, al evidenciar la utilidad de herramientas como la matriz de Leopold para la evaluación sistemática de impactos ambientales en el sector textil. En este sentido, la metodología aplicada puede ser replicada y adaptada en otras organizaciones con características similares, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión ambiental en el sector. Asimismo, los resultados obtenidos constituyen la base para la formulación de una

propuesta de plan de gestión ambiental orientada a la mitigación y control de los impactos identificados, la cual se desarrolla en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 6 Propuesta del plan de gestión ambiental

El presente capítulo desarrolla la propuesta del plan de gestión ambiental, a partir de los resultados obtenidos en la evaluación y priorización de impactos ambientales mediante la matriz de Leopold. En este sentido, se retoman los principales hallazgos asociados a las variables de calidad de agua, calidad del aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos, con el propósito de orientar la formulación de acciones de prevención, control y mejora del desempeño ambiental. La propuesta comprende lineamientos, programas de gestión por variable ambiental y orientaciones para su implementación, constituyendo un plan de gestión ambiental técnicamente sustentado en los resultados del diagnóstico realizado.

6.1. Enfoque de la propuesta

La propuesta del plan de gestión ambiental se fundamenta en los resultados obtenidos a partir de la evaluación y priorización de impactos ambientales realizada mediante la matriz de Leopold, considerando los indicadores de significancia (M×I), carga acumulada (Σ M×I) e intensidad promedio de impactos por interacción. De la misma manera, se consideran los avances implementados por la empresa en materia de gestión ambiental, particularmente la puesta en operación de una planta de tratamiento de aguas residuales orientada a la recuperación del recurso hídrico, así como las brechas identificadas en su desempeño. Este enfoque permite orientar las acciones hacia aquellos aspectos del proceso productivo que presentan mayor criticidad ambiental, garantizando una intervención más eficiente y focalizada.

En este sentido, la propuesta adopta un enfoque preventivo y de mejora continua, priorizando la reducción de impactos en su fuente de generación, así como la optimización del uso de recursos y el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. Asimismo, se integra con principios de producción más limpia y sostenibilidad, promoviendo la eficiencia operativa y la minimización de residuos dentro del sistema productivo.

La estructura del plan se organiza en función de las variables ambientales priorizadas en el estudio, particularmente la calidad del agua, los residuos sólidos textiles y las emisiones atmosféricas, las cuales representan los principales focos de intervención identificados. Para cada una de estas variables se plantean programas de gestión

específicos, orientados a establecer medidas de control, seguimiento y mejora del desempeño ambiental.

De esta manera, la propuesta no solo responde a los resultados del diagnóstico ambiental realizado, sino que también establece una base técnica para la toma de decisiones en la empresa, facilitando la implementación de acciones orientadas a la prevención de la contaminación y al fortalecimiento de la gestión ambiental en el contexto del sector textil.

6.2. Lineamientos del plan de gestión ambiental

Lineamiento general

Orientar la gestión ambiental de la empresa hacia la prevención, control y mejora continua del desempeño ambiental del proceso productivo textil, mediante la implementación de acciones enfocadas en las variables ambientales priorizadas, en concordancia con los resultados de la evaluación y priorización de impactos realizada, así como con los avances y oportunidades de mejora identificados en la gestión del recurso hídrico.

Lineamientos específicos

- **Calidad de agua**

  Mejorar el desempeño hídrico de la empresa a través del uso eficiente del agua, el control de vertimientos en planta y la optimización del rendimiento del sistema de tratamiento existente.

- **Residuos sólidos textiles**

  Disminuir la generación de residuos sólidos textiles, especialmente en las etapas de corte y confección, promoviendo prácticas de reducción, reutilización y valorización de materiales.

- **Emisiones atmosféricas y calidad de aire**

  Controlar las emisiones atmosféricas generadas en el proceso productivo, mediante la implementación de medidas orientadas a la reducción de gases de combustión y material particulado.

- **Monitoreo y seguimiento ambiental**

  Desarrollar un sistema de indicadores de seguimiento que permita evaluar en forma continua el desempeño ambiental, con énfasis en la eficiencia hídrica.

6.3. Programas de gestión ambiental por variable

En función de la evaluación y priorización de impactos ambientales realizada, se plantean programas de gestión ambiental orientados a las variables que presentan mayor criticidad dentro del proceso productivo. Estos programas tienen como finalidad establecer acciones específicas de control, prevención y mejora del desempeño ambiental, alineadas con los resultados del diagnóstico y los lineamientos definidos en el presente estudio.

La selección de los programas propuestos se basa en la integración de los indicadores de significancia (M×I), carga acumulada (Σ M×I) e intensidad promedio de impactos por interacción, los cuales permiten identificar aquellas variables que requieren una intervención prioritaria desde el punto de vista ambiental. En este sentido, se priorizan las variables asociadas a la calidad del agua, los residuos sólidos textiles y las emisiones atmosféricas, las cuales representan los principales focos de impacto dentro del sistema productivo analizado.

Si bien la variable calidad del aire fue considerada en la evaluación de impactos ambientales, los resultados del análisis evidencian que presenta una menor criticidad relativa en comparación con las variables priorizadas, tanto en términos de carga acumulada como de intensidad promedio de impactos por interacción. En consecuencia, no se plantea un programa de gestión específico para esta variable, integrándose sus medidas de control dentro del programa de emisiones atmosféricas, el cual abarca las principales fuentes de impacto identificadas.

En este contexto, cada programa incorpora objetivos, acciones, indicadores, responsables y metas, con la finalidad de facilitar su implementación y seguimiento dentro del sistema productivo.

A continuación, se describen los programas de gestión ambiental propuestos para cada una de las variables priorizadas.

6.3.1. Programa de gestión de la calidad de agua

En concordancia con los lineamientos específicos definidos para la variable calidad de agua, se propone el siguiente programa de gestión, orientado a mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico, optimizar el desempeño del sistema de tratamiento implementado y fortalecer el control de efluentes generados en el proceso productivo (ver Tabla 17).

Tabla 17
Programa de gestión de la calidad del agua en el proceso productivo textil

Elemento	Descripción
Objetivo	Mejorar la calidad del agua y optimizar la eficiencia en el uso y recuperación del recurso hídrico en el proceso productivo.
Acciones	- Optimización de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR). - Reducción de la generación de efluentes en procesos de tintorería. - Reutilización del agua tratada en procesos productivos. - Capacitación del personal en gestión eficiente del agua.
Indicador	Porcentaje de recuperación de agua (%)
Línea base	34.30%
Meta	70%
Responsable	Área de Sostenibilidad / Producción
Frecuencia de monitoreo	Mensual

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la evaluación y priorización de impactos ambientales mediante la matriz de Leopold y en los registros internos de gestión hídrica de la empresa correspondientes al año 2025.

6.3.2. Programa de gestión de residuos sólidos

En relación con los lineamientos específicos definidos para la variable residuos sólidos textiles, se propone el siguiente programa de gestión, orientado a reducir la generación de mermas en el proceso productivo, particularmente en la etapa de corte, y promover su reutilización y valorización dentro del sistema productivo (ver Tabla 18).

Tabla 18
Programa de gestión de residuos sólidos textiles en el proceso productivo textil

Elemento	Descripción
Objetivo	Reducir la generación de residuos sólidos textiles y promover su reutilización y valorización dentro del proceso productivo.
Acciones	- Optimización de patrones de corte. - Segregación de residuos textiles en la fuente. - Reutilización de mermas en procesos internos. - Implementación de programas de valorización y reciclaje.
Indicador	Generación de residuos sólidos textiles (kg/año)
Línea base	459,264 kg/año

Elemento	Descripción
Meta	Reducción ≥ 5% anual de residuos textiles
Responsable	Producción / Mantenimiento / Sostenibilidad
Frecuencia de monitoreo	Mensual

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la evaluación de impactos ambientales y en la estimación de residuos textiles del proceso productivo correspondiente al año 2025 (ver Tabla 11).

6.3.3. Programa de control de emisiones atmosféricas

De acuerdo con los lineamientos específicos definidos para la variable emisiones atmosféricas, se propone el siguiente programa de gestión, orientado al control de gases de combustión y material particulado generados en el proceso productivo (ver Tabla 19).

Tabla 19
Programa de control de emisiones atmosféricas en el proceso productivo textil

Elemento	Descripción
Objetivo	Controlar las emisiones atmosféricas generadas en el proceso productivo, mediante la reducción de gases de combustión y material particulado.
Acciones	- Ejecutar mantenimiento preventivo de calderas y equipos térmicos. - Realizar monitoreo periódico de gases de combustión. - Implementar buenas prácticas operativas para reducir emisiones de material particulado. - Evaluar oportunidades de mejora tecnológica para optimizar la eficiencia de combustión.
Indicador	Concentración de emisiones atmosféricas y material particulado (ppm; µg/m³)
Línea base	PM_{10}: 32.29–73.38 µg/m³; SO_2: <1.41 µg/m³; NO_2: <5.40 µg/m³; CO: <726 µg/m³
Meta	Mantener el 100% de cumplimiento de los estándares ambientales aplicables y reducir progresivamente la generación de emisiones asociadas al proceso productivo.
Responsable	Mantenimiento / Producción / Sostenibilidad
Frecuencia de monitoreo	Trimestral

Nota. Elaboración propia con base en los resultados del monitoreo de calidad de aire y en la evaluación de impactos ambientales realizada en el presente estudio.

6.4. Plan de implementación

La implementación del plan de gestión ambiental propuesto se plantea de manera progresiva, priorizando aquellas acciones orientadas a los impactos de mayor criticidad identificados en el estudio, con el fin de optimizar el uso de recursos y facilitar su integración dentro de las operaciones de la empresa. En la tabla 20 se presentan los principales elementos considerados para su implementación.

Tabla 20
Plan de implementación del plan de gestión ambiental

Componente	Descripción
Horizontes de implementación	**Corto plazo:** Implementación de buenas prácticas operativas; fortalecimiento del monitoreo y control de procesos; aplicación de medidas de bajo costo y rápida ejecución. **Mediano plazo:** Ajustes en los procesos productivos; fortalecimiento de los sistemas de gestión ambiental; optimización del uso de recursos y mejora de la eficiencia operativa. **Largo plazo:** Incorporación de mejoras tecnológicas; optimización de infraestructura ambiental (por ejemplo, sistemas de tratamiento); implementación de soluciones orientadas a sostenibilidad y economía circular.
Asignación de responsabilidades	**Producción:** Implementación de acciones operativas y control de procesos. **Mantenimiento:** Aseguramiento del funcionamiento eficiente de equipos e infraestructura ambiental. **Sostenibilidad:** Seguimiento de indicadores, cumplimiento normativo y coordinación del plan.
Seguimiento, control y auditoría	Monitoreo continuo mediante indicadores definidos en cada programa de gestión ambiental; evaluación periódica del cumplimiento de metas; implementación de auditorías internas ambientales; identificación de desviaciones y establecimiento de medidas correctivas y preventivas.
Involucramiento de la alta dirección	Compromiso en la asignación de recursos; seguimiento periódico del desempeño ambiental; toma de decisiones estratégicas orientadas a la mejora continua.
Enfoque de mejora continua	Revisión periódica del desempeño ambiental; ajuste de acciones y metas; identificación de oportunidades de mejora; integración progresiva de prácticas de producción más limpia y sostenibilidad.

CAPÍTULO 7 Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

1. La aplicación de la matriz de Leopold permitió identificar y evaluar de manera sistemática los impactos ambientales asociados al proceso productivo textil, evidenciando que estos no se distribuyen de forma homogénea, sino que se concentran en etapas específicas del proceso, lo cual facilita la focalización de estrategias de gestión ambiental.
2. Se determinó que los impactos más significativos en la variable calidad del agua se encuentran asociados a los procesos húmedos, particularmente en las etapas de tintorería y acabado, debido al uso intensivo de agua y la generación de efluentes con alta carga contaminante, lo que confirma su alta criticidad ambiental y su prioridad en la gestión del desempeño ambiental. Asimismo, si bien la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales ha permitido avances en la reducción de la carga contaminante y en la recuperación del recurso hídrico, los niveles actuales de eficiencia evidencian la existencia de brechas que requieren ser abordadas para optimizar la gestión integral del agua dentro del proceso productivo.
3. Los residuos sólidos textiles presentan la mayor carga acumulada de impactos, principalmente en la etapa de corte, debido a la generación de mermas; sin embargo, el análisis mediante el indicador de intensidad promedio de impactos por interacción evidencia que su criticidad individual es menor en comparación con los impactos asociados a la calidad del agua, lo que sugiere la necesidad de un enfoque diferenciado en su gestión.
4. Las emisiones atmosféricas están asociadas principalmente al uso de equipos térmicos, generando gases de combustión y material particulado, los cuales, si bien presentan una menor significancia relativa dentro del conjunto de impactos evaluados, requieren control permanente para asegurar el cumplimiento normativo y prevenir efectos acumulativos en la calidad del aire.

5. La integración de indicadores como la carga acumulada de impactos (Σ M×I) y la intensidad promedio de impactos por interacción permitió establecer una priorización más precisa y equilibrada, evitando interpretaciones sesgadas basadas únicamente en la frecuencia de los impactos, lo que constituye un aporte metodológico relevante del estudio.
6. El estudio permitió formular un plan de gestión ambiental orientado a la prevención, control y mejora del desempeño ambiental del proceso productivo, alineado a los impactos priorizados y a las características del sistema productivo analizado, lo cual evidencia la aplicabilidad de la metodología empleada en el contexto de la industria textil.

7.2. Recomendaciones

7.2.1. Recomendaciones para la gestión de la calidad de agua

Para mejorar el desempeño hídrico de la empresa, se propone avanzar de forma progresiva en la optimización del uso del recurso hídrico, priorizando la mejora en la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales. En paralelo, resulta indispensable mantener un seguimiento continuo de indicadores clave como el porcentaje de recuperación de agua, a fin de detectar oportunidades de mejora y asegurar la sostenibilidad operativa del sistema.

7.2.2. Recomendaciones para la gestión de residuos sólidos textiles

En materia de residuos, la atención debe centrarse en la etapa de corte, donde se concentra la mayor generación de mermas. Para ello, conviene implementar estrategias que optimicen el aprovechamiento del material y reduzcan los desperdicios desde el origen. Complementariamente, fortalecer los esquemas de valorización mediante reciclaje y reutilización contribuirá a disminuir la carga ambiental asociada a la disposición final de estos residuos.

7.2.3. Recomendaciones para la gestión de emisiones atmosféricas

Con el propósito de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y material particulado, resulta prioritario optimizar el consumo energético y mejorar la eficiencia de los procesos térmicos. De manera complementaria, fortalecer el monitoreo ambiental periódico y el mantenimiento preventivo de equipos permitirá asegurar el cumplimiento sostenido de la normativa vigente.

7.2.4. Recomendaciones para el fortalecimiento del sistema de gestión ambiental

Para consolidar el sistema de gestión ambiental, es necesario reforzar los mecanismos de seguimiento, control y auditoría interna, asegurando el involucramiento activo de la alta dirección en las decisiones estratégicas. Integrar la gestión ambiental dentro de la planificación organizacional, bajo un enfoque de mejora continua, permitirá avanzar hacia un desempeño ambiental más sólido y sostenible en el tiempo.

Finalmente, los resultados del presente estudio constituyen un aporte al conocimiento sobre gestión ambiental en el sector textil, particularmente en lo referido a la identificación y priorización de impactos mediante la Matriz de Leopold. El enfoque metodológico desarrollado puede servir como referencia para futuras investigaciones o evaluaciones en el subsector, adaptándose a las particularidades de cada proceso productivo.

Referencias

ADEX. (2020). *Ranking Exportaciones Prendas de Vestir 2020-19*.

ADEX. (2021). *Ranking Exportaciones Prendas de Vestir 2021-20*.

ADEX. (2022). *Ranking Exportaciones Prendas de Vestir 2022-21*.

ADEX. (2023). *Ranking Exportaciones Prendas de Vestir 2023-22*.

ADEX. (2024). *Ranking Exportaciones Prendas de Vestir 2024-23*.

ADEX. (2025). *Ranking Exportaciones Prendas de Vestir 2025-24*.

Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A. G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., & Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *231*, 113160. https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2021.113160

ANA. (2023). *Memoria Anual 2023*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/file_content/Memoria%20Anual%202023.pdf

Bailey, K., Basu, A., & Sharma, S. (2022). The Environmental Impacts of Fast Fashion on Water Quality: A Systematic Review. *Water 2022, Vol. 14, Page 1073*, *14*(7), 1073. https://doi.org/10.3390/W14071073

Bick, R., Halsey, E., & Ekenga, C. C. (2018). The global environmental injustice of fast fashion. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, *17*(1), 1–4. https://doi.org/10.1186/S12940-018-0433-7/PEER-REVIEW

Bilancia, A., Costa, F., & Staudacher, A. P. (2025). Achieving sustainability and circular economy in the luxury fashion industry through lean practices: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, *206*, 111107. https://doi.org/10.1016/J.CIE.2025.111107

Binti Norarmi, N. F., Binti Tajudin, N. H., Binti Hafizo, N. S. H., Binti Wan Mohd Luzi, W. N. S., Binti Md. Amin, N. A., Binti Aziz, S. N. F., & Binti Haji Musa, A. (2022). A Review on Textile and Clothing Industry Impacts on The Environment. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *12*(10). https://doi.org/10.6007/IJARBSS/V12-I10/11090

Brañez Sánchez, M. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Campus*, *23*(26), 129–143. https://doi.org/10.24265/CAMPUS.2018.V23N26.03

Certintex. (2025a). *Informe de ensayo de aguas residuales industriales – Planta Cercado*.

Certintex. (2025b). *Informe de ensayo de aguas residuales industriales – Planta Vulcano*.

de Oliveira Neto, G. C., Ferreira Correia, J. M., Silva, P. C., de Oliveira Sanches, A. G., & Lucato, W. C. (2019). Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, *228*, 1514–1525. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.334

Díaz Bravo, P. B. (2023). *DEGRADACION DE COLORANTES DIRECTOS Y REACTIVOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE LA FOTOCATALISIS SOLAR HETEROGENEA*. https://secure.urkund.com/old/view/109716605-344990-

Eckert. (2023). Producción más limpia y tratamiento de aguas residuales en pequeñas y microempresas de teñido. *punto@plano. Comité textil SNI*, (43). www.comitetextilperu.com

Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future | Ellen MacArthur Foundation*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy

Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Circular business models: Redefining growth for a thriving fashion industry*. https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/60926fc64dbab81d/original/Circular-business-models.pdf

European Environment Agency. (2022). *Textiles and the environment: The role of design in Europes circular economy*. (February), 1–18. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/textiles-and-the-environment-the-role-of-design-in-europes-circular-economy-1?activeTab=fb83892f-219f-451c-80d1-8fd38d5f9266

Figueiredo, R. T., Santos, V. M. L. dos, & Ramos, J. L. C. (2020). Turbining the Leopold Matrix. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, *7*(7), 492–505. https://doi.org/10.22161/IJAERS.77.56

Fuad, D. R. S. M., Musa, K., & Hashim, Z. (2022). Innovation culture in education: A systematic review of the literature. *Management in Education*, *36*(3), 135–149. https://doi.org/10.1177/0892020620959760

García Frutos, A. (2021). *Evaluación ambiental de los productos textiles durante todo su ciclo de vida e introducción de estrategias de economía circular*.

Glogar, M., Petrak, S., & Mahnić Naglić, M. (2025). Digital Technologies in the Sustainable Design and Development of Textiles and Clothing—A Literature Review. *Sustainability 2025, Vol. 17, Page 1371*, *17*(4), 1371. https://doi.org/10.3390/SU17041371

Guillén Zevallos, M. O., Pérez Murillo, V., Quispe Carrizales, T., Talavera Núñez, M. E., Huamán Paredes, F. E., Guillén Zevallos, M. O., Pérez Murillo, V., Quispe Carrizales, T., Talavera Núñez, M. E., & Huamán Paredes, F. E. (2020). Tratamiento fisicoquímico de los efluentes del proceso de lavado de lana en una industria textil de

Arequipa. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *86*(4), 428–438. https://doi.org/10.37761/RSQP.V86I4.312

Guo, Y., Zhu, L., Wang, X., Qiu, X., Qian, W., & Wang, L. (2022). Assessing environmental impact of NOX and SO2 emissions in textiles production with chemical footprint. *Science of The Total Environment*, *831*, 154961. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.154961

Gupta, B. G., & Mukhopadhyay, R. (2025). Heavy metal contamination from textile wastewater and its health impacts: a case study from West Bengal with sustainable remediation approaches. *Scientific Reports*, *15*(1), 29578. https://doi.org/10.1038/S41598-025-13357-W

Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2023). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Industrias Nettalco S.A. (2025a). *Declaración Anual de Residuos Sólidos 2025. Sede Cercado*.

Industrias Nettalco S.A. (2025b). *Declaración Anual de Residuos Sólidos 2025. Sede Vulcano*.

Industrias Nettalco S.A. (2025c). *Informe de Monitoreo Ambiental 2025. Sede Cercado*.

Industrias Nettalco S.A. (2025d). *Informe de Monitoreo Ambiental 2025. Sede Vulcano*.

Industrias Nettalco S.A. (2025e). *Informe de Monitoreo de Higiene Ocupacional 2025 . Sede Cercado*.

Industrias Nettalco S.A. (2025f). *Informe de Monitoreo de Higiene Ocupacional 2025. Sede Vulcano*.

Industrias Nettalco S.A. (2025g). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero a nivel organizacional 2025*.

Industrias Nettalco S.A. (2026). *Informe semanal de desperdicios del proceso productivo – Semana 14 (Área de producción). Documento interno no publicado.*

Intertek. (2026a). *Softlines wastewater testing test report N.° TURA260013941 – Planta Vulcano*.

Intertek. (2026b). *Softlines wastewater testing test report N.° TURA260013943 – Planta Vulcano*.

IPCC. (2019). *2019 REFINEMENT TO THE 2006 IPCC GUIDELINES FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES. OVERVIEW*.

IPCC. (2023). *Sixth Assessment Report-Climate Change 2023. Synthesis Report*. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

ISO. (2015). *ISO 14001:2015 - ISO 14001 - Environmental management systems*. International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/60857.html

Jarpa, S. G., & Halog, A. (2021). *Pursuing a Circular and Sustainable Textile Industry in Latin America*. 105–130. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1850-5_6

Julio, A., & Achachagua, Y. (2024). Desarrollo de un Modelo Estructural de Gestión para la Implementación de Medidas de Producción más Limpia en el Sector Industrial en Lima-Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 3165–3185. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V8I4.12559

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. *Circular*, *Circular*. https://doi.org/10.3133/CIR645

Liliana Fabiola Moretti-Villegas, Irene Tafur-Anzualdo, V., Mateo Valiente-Saldaña, Y., Fabiola Moretti-Villegas, L., Nacional de Trujillo, U., & Libertad Perú, L. (2023). Contaminación del aire en la ciudad de Lima, Perú. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, *8*(2), 822–830. https://doi.org/10.35381/R.K.V8I2.2975

Liu, Y., Chen, J., Duan, D., Zhang, Z., Liu, C., Cai, W., & Zhao, Z. (2024). Environmental Impacts and Biological Technologies Toward Sustainable Treatment of Textile Dyeing Wastewater: A Review. *Sustainability 2024, Vol. 16, Page 10867*, *16*(24), 10867. https://doi.org/10.3390/SU162410867

Martha, A. G., Lorena, B. A., Lizeth, G. R., & Jonathan, R. f. (2025). A literature review on environmental management in the textile industry focused on waste management. *Journal of Physics: Conference Series*, *3028*(1), 012037. https://doi.org/10.1088/1742-6596/3028/1/012037

MINAM. (2010). *VICEMINISTERIO DE GESTIÓN AMBIENTAL DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD AMBIENTAL Equipo Técnico Responsable*. www.minam.gob.peLima-Perú2010PáginaWeb:www.minam.gob.pe

MINAM. (2017a). *Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.- | Ministerio del Ambiente*. https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-014-2017-minam/

MINAM. (2017b). *Decreto Supremo Nº 003-2017-MINAM de Estándares de Calidad Ambiental ECA) para Aire*.

MINAM. (2021). *Decreto Supremo N.° 030-2021-MINAM - Normas y documentos legales - Ministerio del Ambiente - Plataforma del Estado Peruano*. https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2305280-030-2021-minam

MINAM. (2025). *Guía para la elaboración de la línea base en el marco del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8152494/6825707-guia-para-la-elaboracion-de-la-linea-base-en-el-marco-del-sistema-nacional-de-evaluacion-del-impacto-ambiental.pdf?v=1748885031

Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2025). *Estrategia-Economia-Circular-para-Textiles-al-2040*. 7.

Montoya Flores, M. L., & Salhofer, S. (2025). Environmental assessment of cotton textile production in Peru: A case study for a cotton T-shirt. *Science of the Total Environment, 970*. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2025.179031

OECD. (2019a). *Business Models for the Circular Economy: Opportunities and challenges for policy*. https://doi.org/10.1787/g2g9dd62-en

OECD. (2019b). *Business Models for the Circular Economy: Opportunities and challenges for policy*. https://doi.org/10.1787/g2g9dd62-en

OEFA. (2022). *Evaluación ambiental de seguimiento de la calidad del aire en el ámbito de la zona industrial de Ventanilla y Mi Perú, ubicados en los distritos de Ventanilla y Mi Perú, provincia Constitucional del Callao, departamento Lima, de enero a noviembre de 2022*. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. https://hdl.handle.net/20.500.12788/1312

OEFA. (2023). *2023 Segundo trimestre Reporte Estadístico*. www.oefa.gob.pe

OMS. (2016). *PROTECTING SURFACE WATER FOR HEALTHIDENTIFYING, ASSESSING AND MANAGING DRINKING-WATER QUALITY RISKS IN SURFACE-WATER CATCHMENTSPROTECTING*.

PNUMA. (2021). *Residuos sólidos - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. https://www.paho.org/es/temas/residuos-solidos

PNUMA. (2023). *Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain*. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/42580/Sustainability_circularity_textile.pdf?sequence=3&isAllowed=y

PRODUCE. (2024). *GUÍA DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA INDUSTRIA TEXTIL*. https://www.gob.pe/produce

PRODUCE. (2025). *Análisis Sectorial. Desempeño e importancia de la Industria Textil y Confecciones 2020-2025*. https://www.producempresarial.pe/wp-content/uploads/2025/04/309-PPT_Industria-Textil-y-Confecciones_rev03.04.2025.pdf

Roth, Joze., Zerger, Benoit., De Geeter, Damien., Gómez Benavides, Jorge., & Roudier, Serge. (2023). *Best available techniques (BAT) reference document for the textiles industry : Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (integrated pollution prevention and control)* (Publications Office of the European Union, Ed.). Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/355887

SENAMHI. (2024). *Boletín Vigilancia de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana y el Callao - Enero 2024 - Informes y publicaciones - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Plataforma del Estado Peruano*. https://www.gob.pe/institucion/senamhi/informes-publicaciones/6081497-boletin-vigilancia-de-la-calidad-del-aire-en-lima-metropolitana-y-el-callao-enero-2024

SGS. (2023). *Importancia de la verificación de los informes de sostenibilidad*. https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/12/importancia-verificacion-informe-sostenibilidad

Sharpe, S., Retamal, M., & Martinez-Fernandez, M. C. (2022). Assessing the impact: Environmental impact assessment in the textile and garment sector in Bangladesh, Cambodia, Indonesia and Viet Nam. *Assessing the Impact*. https://doi.org/10.54394/YCEP9777

Tiburcio Bernabe, M. M. (2025). *Proceso de tintura y acabados de telas para reducir el impacto ambiental* [Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/11518

Ulgiati, S., Lee, C.-H., Liu, F.-W., Ho, H. J., Butturi, M. A., Neri, A., Mercalli, F., & Gamberini, R. (2025). Sustainability-Oriented Innovation in the Textile Manufacturing Industry: Pre-Consumer Waste Recovery and Circular Patterns. *Environments 2025, Vol. 12, Page 82*, *12*(3), 82. https://doi.org/10.3390/ENVIRONMENTS12030082

UNEP. (2023a). Textiles. *Https://Buildingcircularity.Org/Textiles/?Utm_*.

UNEP. (2023b). *Visual Feature | A pollution Free Planet*. https://www.unep.org/interactives/beat-pollution/?lang=EN&utm

UNEP. (2025). *Transforming the Textile Industry: Learning to Manage Waste, Better*. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/48707

VIVIENDA. (2019). *Decreto Supremo N.° 010-2019-VIVIENDA - Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario*. https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda

Wójcik-Gront, E., & Gozdowski, D. (2025). Air Pollution Monitoring and Modeling: A Comparative Study of PM, NO2, and SO2 with Meteorological Correlations. *Atmosphere 2025, Vol. 16, Page 1199*, *16*(10), 1199. https://doi.org/10.3390/ATMOS16101199

Yadav, A., Yadav, P., Bojjagani, S., Srivastava, J. K., & Raj, A. (2024). Investigation of the speciation and environmental risk of heavy metals in biochar produced from textile sludge waste by pyrolysis at different temperatures. *Chemosphere*, *360*, 142454. https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2024.142454

Yousaf, M. A., & Aqsa, R. (2023). Integrating circular economy, SBTI, digital LCA, and ESG benchmarks for sustainable textile dyeing: a critical review of industrial textile practices. *Global Nest Journal*, *25*(7), 39–51. https://doi.org/10.30955/GNJ.005145

Anexos

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Propuesta de un plan de gestión ambiental basada en la evaluación y priorización de impactos ambientales mediante la matriz de Leopold en Industrias Nettalco S.A., empresa del sector textil de Lima, Perú”

Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología
¿Cómo diseñar un plan de gestión ambiental mediante la aplicación de la Matriz de Leopold para la adecuada gestión de los impactos ambientales en la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos generados por el proceso productivo de Industrias Nettalco S.A.?	**Proponer un plan de gestión ambiental mediante la aplicación de la Matriz de Leopold, orientado a la gestión, prevención y control de los impactos ambientales en la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos generados por el proceso productivo de Industrias Nettalco S.A.**	No aplica	**-Calidad agua:** Vertimiento de aguas residuales con colorantes y sales (m3) Vertimiento con carga orgánica (DBO/DQO) Vertimiento con metales pesados (Cu, Zn, Cr,) **-Calidad del aire:** Emisión de gases de combustión (calderas) Emisión de vapores orgánicos (disolventes, suavizantes) Partículas en suspensión (fibra textil) **-Emisiones gaseosas:** Gases de efecto invernadero (GEI) Olores molestos por químicos residuales	**Diseño:** **No experimental** **Ya que no se manipularán variables, sino que se observarán y analizarán tal como ocurren en su contexto.** **Transversal** **La recolección de datos se realizará en un único momento del tiempo.** **Alcance:** **Descriptivo y propositivo** **Según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio (2023), es descriptivo porque se caracterizará los impactos ambientales relacionados con la calidad del agua, aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos en el sector textil y propositivo porque del diagnóstico se formulará una propuesta técnica basada en estrategias de producción más limpia como parte de un plan de gestión ambiental.** **Población, muestra y tipo de muestra:** **No aplica, al tratarse de un estudio de caso único, en el que la unidad de análisis corresponde a una organización**
Problema específico	**Objetivo específico**	Hipótesis específica		
¿Cuál es la situación actual de la gestión ambiental de Industrias Nettalco S.A., en relación con la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos?	**Analizar la situación actual de la gestión ambiental asociados a la calidad del agua, la calidad del aire, las emisiones gaseosas y los residuos sólidos en Industrias Nettalco S.A.**			

¿Cuáles son los impactos ambientales significativos que deben ser priorizados mediante la aplicación de la Matriz de Leopold en los procesos productivos de Industrias Nettalco S.A?	**Evaluar mediante la aplicación de la Matriz de Leopold los impactos ambientales significativos generados en los procesos productivos de Industrias Nettalco S.A.**		**-Residuos Sólidos:** Generación de residuos sólidos textiles (kg) % de residuos textiles generados en corte Nivel de valorización aplicable	**específica y no se realiza selección muestral (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2023).** **Unidad de estudio / Caso de estudio** **Empresa textil Industrias Nettalco S.A., dedicada a procesos de tejeduría, tintorería, acabados, confección y lavandería industrial, ubicada en Lima Metropolitana.** **Criterios de selección del caso** **La empresa Industrias Nettalco S.A. fue seleccionada por su relevancia sectorial objetiva dentro del subsector exportador formal de prendas de vestir de tejido de punto. Según los rankings de exportación de ADEX, la empresa ocupó el primer lugar a nivel nacional en los años 2020 y 2021 y se ha mantenido de forma sostenida dentro del Top 5 en el periodo 2020–2025. Asimismo, cuenta con procesos productivos integrados (tejeduría, tintorería, acabados, confección y lavandería) y dispone de información ambiental documentada correspondiente al periodo de estudio, lo que garantiza pertinencia analítica y trazabilidad técnica para la aplicación de la Matriz de Leopold.** **Periodo de estudio** **Año calendario 2025**
¿Cómo formular un plan de gestión ambiental basado en estrategias de gestión ambiental y de Producción Más Limpia para la prevención, control y reducción de los impactos ambientales priorizados en Industrias Nettalco S.A?	**Formular un plan de gestión ambiental basado en estrategias de gestión ambiental y de Producción Más Limpia para la prevención, control y reducción de los impactos ambientales priorizados en Industrias Nettalco S.A.**			

ANEXO 2 VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO

VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

DOCUMENTOS SUGERIDOS QUE DEBE PRESENTARSE AL EXPERTO:

1. Solicitud.
2. Informe de validación del instrumento.
3. Matriz de consistencia
4. Matriz de la operacionalización de las variables.
5. Instrumentos (cuestionario, guion de entrevista, lista de cotejo, etc.).

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del validador: Stéphane Nicolas Ogé

1.2. Grado académico: Doctor en Ecologia Industrial

1.3. Institución donde labora: PUIG

1.4. Especialidad del validador: Sustainability in Fashion

1.5. Título de la investigación: "Propuesta de un plan de gestión ambiental para la mitigación de los impactos ambientales en la calidad agua, aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos en la industria textil de Lima, Perú"

1.6. Autor del instrumento: Ana Cristina Casas Deza / Alejandro Aldo Hurtado Arriola

II. INSTRUMENTO:

2.1. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

VARIABLE: CALIDAD DE AGUA

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente no pertenece	51-75 Probablemente si pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Vertimiento de aguas residuales con colorantes y sales (m3)					
1. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**100**	Especificamente relevante para plantas con wet processes/dyeing
2. Ponderación promedio por actividad				**100**	
3. Actividades críticas según matriz adaptada				**100**	
Dimensión 2: Vertimiento con carga orgánica (DBO/DQO)					
4. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**100**	Especificamente relevante para plantas con wet processes/dyeing
5. Ponderación promedio por actividad				**100**	
6. Actividades críticas según matriz adaptada				**100**	
Dimensión 3: Vertimiento con metales pesados (Cu, Zn, Cr, etc.)					
7. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**100**	Especificamente relevante para tanneries
8. Ponderación promedio por actividad				**100**	
9. Actividades críticas según matriz adaptada				**100**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 100%

VARIABLE: CALIDAD DEL AIRE

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente no pertenece	51-75 Probablemente si pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: PM_{10} (µg/m³)					
1. PM_{10} medido				**76**	Especificamente relevante donde fibras pueden volar (spinning, cutting, waste management)
2. PM_{10} medido / PM_{10} ECA x 100				**76**	
3. Cumple / No cumple				**76**	
Dimensión 2: Monóxido de carbono (CO) (µg/m³)					
4. CO medido				**76**	Especificamente relevante si hay producción de calor por combustión
5. CO medido / CO ECA x 100				**76**	
6. Cumple / No cumple				**76**	
Dimensión 3: Dióxido de azufre (SO_2) (µg/m³)					
7. SO_2 medido				**80**	Especificamente relevante si hay producción de calor por combustión de carbón o fuel
8. SO_2 medido / SO_2 ECA x 100				**80**	
9. Cumple / No cumple				**80**	
Dimensión 4: Dióxido de nitrógeno (NO_2) (µg/m³)					
10. NO_2 medido				**80**	Especificamente relevante si hay producción de calor por combustión
11. NO_2 medido / NO_2 ECA x 100				**80**	
12. Cumple / No cumple				**80**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 78%

VARIABLE: CALIDAD DE EMISIONES GASEOSAS

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente no pertenece	51-75 Probablemente si pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Monóxido de carbono (CO) en gases de combustión (µg/m³ o ppm)					
1. Concentración de CO en gases de combustión				**76**	
2. Cumplimiento de LMP para CO (cumple / no cumple)				**76**	
3. Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP				**76**	
Dimensión 2: Oxidos de nitrógeno (NO_x) (µg/m³ o ppm)					
4. Concentración de NO_x en gases de combustión				**80**	
5. Cumplimiento de LMP para NO_x (cumple / no cumple)				**80**	
6. Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP				**80**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 78%

VARIABLE: RESIDUOS SÓLIDOS

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Volumen de residuos textiles					
1. M/I por impacto				**100**	
Dimensión 2: Tasa de desperdicio en corte					
2. Porcentaje de residuos generados				**100**	
Dimensión 3: Reciclabilidad / valorización					
3. Nivel de valorización aplicable				**100**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 100%

2.2. ASPECTO GLOBAL DEL INSTRUMENTO

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente lente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					**90**
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					**95**
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					**85**
4. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				**70**	
5. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				**75**	
6. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					**90**
7. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					**90**
8. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				**80**	
9. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				**80**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 81%

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: Paris, 23/01/2026



Firma del experto informante

Passport N°22DI65463

Teléfono N°+33628961791

VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

DOCUMENTOS SUGERIDOS QUE DEBE PRESENTARSE AL EXPERTO:

1. Solicitud.
2. Informe de validación del instrumento.
3. Matriz de consistencia
4. Matriz de la operacionalización de las variables.
5. Instrumentos (cuestionario, guion de entrevista, lista de cotejo, etc.).

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. **DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del validador: MENA RUIZ, SERGIO STEFANO

1.2. Grado académico: MÁGISTER EN CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE

1.3. Institución donde labora: LACOSTE

1.4. Especialidad del validador: GESTIÓN AMBIENTAL, SOSTENIBILIDAD E IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA TEXTIL

1.5. Título de la investigación: "Propuesta de un plan de gestión ambiental para la mitigación de los impactos ambientales en la calidad agua, aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos en la industria textil de Lima, Perú"

1.6. Autor del instrumento: Ana Cristina Casas Deza / Alejandro Aldo Hurtado Arriola

II. **INSTRUMENTO:**

2.1. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

VARIABLE: CALIDAD DE AGUA

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Vertimiento de aguas residuales con colorantes y sales (m3)					
1. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**95**	
2. Ponderación promedio por actividad				**90**	
3. Actividades críticas según matriz adaptada				**95**	
Dimensión 2: Vertimiento con carga orgánica (DBO/DQO)					
4. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**90**	
5. Ponderación promedio por actividad				**90**	
6. Actividades críticas según matriz adaptada				**90**	
Dimensión 3: Vertimiento con metales pesados (Cu, Zn, Cr, etc.)					
7. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**90**	
8. Ponderación promedio por actividad				**95**	
9. Actividades críticas según matriz adaptada				**90**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 92%

Observaciones: Los indicadores seleccionados (colorantes y sales, DBO/DQO y metales pesados) son plenamente representativos de los impactos críticos del sector textil, especialmente en procesos de tintorería y lavandería. La aplicación de la Matriz de Leopold permite una adecuada jerarquización de impactos. Se recomienda reforzar la referencia explícita a los ECA-Agua por tipo de cuerpo receptor para mejorar la precisión normativa.

VARIABLE: CALIDAD DEL AIRE

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: PM_{10} (µg/m³)					
1. PM_{10} medido				**90**	
2. PM_{10} medido / PM_{10} ECA x 100				**90**	
3. Cumple / No cumple				**85**	
Dimensión 2: Monóxido de carbono (CO) (µg/m³)					
4. CO medido				**90**	
5. CO medido / CO ECA x 100				**90**	
6. Cumple / No cumple				**85**	
Dimensión 3: Dióxido de azufre (SO_2) (µg/m³)					
7. SO_2 medido				**90**	
8. SO_2 medido / SO_2 ECA x 100				**90**	
9. Cumple / No cumple				**85**	
Dimensión 4: Dióxido de nitrógeno (NO_2) (µg/m³)					
10. NO_2 medido				**90**	
11. NO_2 medido / NO_2 ECA x 100				**90**	
12. Cumple / No cumple				**85**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 88%

Observaciones: Las dimensiones PM_{10}, CO, SO_2 y NO_2 están correctamente alineadas con los Estándares de Calidad Ambiental para aire vigentes en el Perú. La relación porcentual respecto al ECA es técnicamente adecuada para el diagnóstico. Se sugiere precisar los puntos de monitoreo y condiciones operativas para asegurar comparabilidad temporal.

VARIABLE: CALIDAD DE EMISIONES GASEOSAS

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Monóxido de carbono (CO) en gases de combustión (µg/m³ o ppm)					
1. Concentración de CO en gases de combustión				**90**	
2. Cumplimiento de LMP para CO (cumple / no cumple)				**90**	
3. Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP				**90**	
Dimensión 2: Óxidos de nitrógeno (NO_x) (µg/m³ o ppm)					
4. Concentración de NO_x en gases de combustión				**90**	
5. Cumplimiento de LMP para NO_x (cumple / no cumple)				**90**	
6. Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP				**90**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

Observaciones: El instrumento presenta alta coherencia técnica al vincular concentraciones medidas en fuentes fijas con los LMP del DS N.° 030-2021-MINAM y la evaluación de severidad mediante Magnitud/Importancia. Se recomienda detallar el tipo de combustible y potencia de las calderas para una correcta interpretación de resultados.

VARIABLE: RESIDUOS SÓLIDOS

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Volumen de residuos textiles					
1. M/I por impacto				**90**	
Dimensión 2: Tasa de desperdicio en corte					
2. Porcentaje de residuos generados				**90**	
Dimensión 3: Reciclabilidad / valorización					
3. Nivel de valorización aplicable				**80**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 87%

Observaciones: Los indicadores de volumen de residuos, tasa de desperdicio en corte y nivel de valorización son pertinentes para caracterizar el desempeño ambiental del sector textil. La inclusión del indicador de reciclabilidad como línea base diagnóstica es metodológicamente acertada. Se sugiere diferenciar residuos peligrosos y no peligrosos en futuras aplicaciones.

2.2. ASPECTO GLOBAL DEL INSTRUMENTO

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente lente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					85
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					88
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					90
4. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					82
5. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					87
6. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					90
7. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					90
8. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					88
9. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					93

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 89%

Observaciones: Tras la revisión de la matriz de consistencia, la matriz de operacionalización de variables y la Matriz de Leopold adaptada, se concluye que los instrumentos presentan adecuada coherencia metodológica, pertinencia técnica y alineación con los objetivos del estudio. Las variables, dimensiones e indicadores seleccionados son consistentes con la problemática ambiental del sector textil, particularmente en lo referido a vertimientos líquidos, emisiones atmosféricas y generación de residuos sólidos. Se recomienda reforzar la trazabilidad normativa

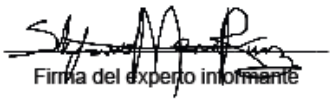
(ECA y LMP específicos por proceso) y precisar los criterios de ponderación para mejorar la reproducibilidad del análisis.

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: Panamá, 9 de febrero del 2026



Firma del experto informante

Pasaporte Nº X9474386

Teléfono Nº (+507)6444-6711

VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

DOCUMENTOS SUGERIDOS QUE DEBE PRESENTARSE AL EXPERTO:

1. Solicitud.
2. Informe de validación del instrumento.
3. Matriz de consistencia
4. Matriz de la operacionalización de las variables.
5. Instrumentos (cuestionario, guion de entrevista, lista de cotejo, etc.).

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del validador: EGO AGUIRRE BARTON, Miguel Eduardo

1.2. Grado académico: Magister en Desarrollo Ambiental

1.3. Institución donde labora: Evaluaciones Ambientales Para la Sostenibilidad SAC

1.4. Especialidad del validador: Especialista Ambiental Senior para los sectores minero e hidrocarburos

1.5. Título de la investigación: "Propuesta de un plan de gestión ambiental para la mitigación de los impactos ambientales en la calidad agua, aire, emisiones gaseosas y residuos sólidos en la industria textil de Lima, Perú"

1.6. Autor del instrumento: Ana Cristina Casas Deza / Alejandro Aldo Hurtado Arriola

II. INSTRUMENTO:

2.1. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

VARIABLE: CALIDAD DE AGUA

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Vertimiento de aguas residuales con colorantes y sales (m3)					
1. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**95**	
2. Ponderación promedio por actividad				**95**	
3. Actividades críticas según matriz adaptada				**90**	
Dimensión 2: Vertimiento con carga orgánica (DBO/DQO)					
4. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**95**	
5. Ponderación promedio por actividad				**95**	
6. Actividades críticas según matriz adaptada				**90**	
Dimensión 3: Vertimiento con metales pesados (Cu, Zn, Cr, etc.)					
7. Magnitud/Importancia asignado a cada impacto				**95**	
8. Ponderación promedio por actividad				**95**	
9. Actividades críticas según matriz adaptada				**90**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 93,33 %

VARIABLE: CALIDAD DEL AIRE

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: PM_{10} (µg/m³)					
1. PM_{10} medido				**80**	
2. PM_{10} medido / PM_{10} ECA × 100				**80**	
3. Cumple / No cumple				**95**	
Dimensión 2: Monóxido de carbono (CO) (µg/m³)					
4. CO medido				**80**	
5. CO medido / CO ECA × 100				**80**	
6. Cumple / No cumple				**95**	
Dimensión 3: Dióxido de azufre (SO_2) (µg/m³)					
7. SO_2 medido				**80**	
8. SO_2 medido / SO_2 ECA × 100				**80**	
9. Cumple / No cumple				**95**	
Dimensión 4: Dióxido de nitrógeno (NO_2) (µg/m³)					
10. NO_2 medido				**80**	
11. NO_2 medido / NO_2 ECA × 100				**80**	
12. Cumple / No cumple				**95**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85.00%

VARIABLE: CALIDAD DE EMISIONES GASEOSAS

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Monóxido de carbono (CO) en gases de combustión (µg/m³ o ppm)					
1. Concentración de CO en gases de combustión				**80**	
2. Cumplimiento de LMP para CO (cumple / no cumple)				**95**	
3. Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP				**95**	
Dimensión 2: Óxidos de nitrógeno (NO_x) (µg/m³ o ppm)					
4. Concentración de NO_x en gases de combustión				**80**	
5. Cumplimiento de LMP para NO_x (cumple / no cumple)				**95**	
6. Nivel de severidad del impacto según la Matriz de Leopold (M/I) en función del grado de superación de LMP				**95**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90,00%

VARIABLE: RESIDUOS SÓLIDOS

Escala / Ítems	0- 25 **No** pertenece	26-50 Probablemente **no** pertenece	51-75 Probablemente **si** pertenece	76-100 **Si** pertenece	Observaciones
Dimensión 1: Volumen de residuos textiles					
1. M/l por impacto				**95**	
Dimensión 2: Tasa de desperdicio en corte					
2. Porcentaje de residuos generados				**95**	
Dimensión 3: Reciclabilidad / valorización					
3. Nivel de valorización aplicable				**95**	

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95.00%

2.2. ASPECTO GLOBAL DEL INSTRUMENTO

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente lente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					**95**
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					**90**
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				**75**	
4. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				**80**	
5. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					**85**
6. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos					**95**
7. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					**95**
8. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					**81**
9. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					**85**

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85,78%

OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: Lima, 06 de febrero del 2026



Firma del experto informante

DNI Nº 10284464

Teléfono Nº 989095924