Proposal for improvement in the environmental management of freight transport operations of the company Transportes César Arnaldo S.A.C. in Trujillo-Peru (2026)

Cesar Arnaldo Urbina-Narro[1], Francis Paola Zuñiga-Villegas[1], Miguel Angel Rodríguez-Alza[1]
[1]*Universidad Privada del Norte, Perú;* N00327689@upn.pe, N00328560@upn.pe, miguel.rodriguez@upn.edu.pe

Abstract – Transportes César Arnaldo S.A.C. is a company based in Trujillo that operates six vehicles along routes to Lima, Piura, Ica, and Arequipa. This study determines the extent to which a proposed improvement in environmental management can reduce the environmental impacts and operating costs associated with these operations. The study hypothesizes that an Environmental Management Plan, integrated with a Prevention and Mitigation Program and a Contingency Plan, can reduce the impacts resulting from emissions, inadequate hazardous waste management, and low operational eco-efficiency, as well as their associated costs. This quantitative, proposal-based study uses a non-experimental research design. The current situation is diagnosed using the Ishikawa diagram, Pareto analysis, and Leopold Matrix. The proposed improvement is then developed and its financial feasibility evaluated using Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period, and Benefit-Cost Ratio (B/C). The results show a reduction in monthly environmental economic losses from S/ 38,488.00 to S/ 1,700.00, equivalent to a 95.58% decrease, with a Net Present Value of S/ 7,725.13 and a Benefit-Cost Ratio of 1.37 under a conservative financial scenario.

Keywords— Environmental Impact Assessment; Environmental Management; Freight Transportation; Sustainability.

Propuesta de mejora en la gestión ambiental de las operaciones de transporte de carga de la empresa Transportes César Arnaldo S.A.C. en Trujillo-Perú (2026)

Cesar Arnaldo Urbina-Narro[1], Francis Paola Zuñiga-Villegas[1], Miguel Angel Rodríguez-Alza[1]
[1]*Universidad Privada del Norte, Perú;* N00327689@upn.pe, N00328560@upn.pe, miguel.rodriguez@upn.edu.pe

Resumen – Transportes César Arnaldo S.A.C. es una empresa con sede en Trujillo que opera seis unidades en los corredores hacia Lima, Piura, Ica y Arequipa. La investigación determina en qué medida una propuesta de mejora en la gestión ambiental reduce los impactos ambientales y los costos operativos de dichas operaciones, bajo la hipótesis de que un Plan de Manejo Ambiental articulado con un Programa de Prevención y Mitigación y un Plan de Contingencia permite reducir los impactos derivados de las emisiones, la inadecuada gestión de residuos peligrosos y la baja ecoeficiencia operativa, junto con sus costos asociados. El estudio propositivo, cuantitativo y de diseño no experimental, diagnostica la situación mediante el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y la Matriz de Leopold, formula la propuesta y evalúa su viabilidad mediante el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno, el Periodo de Recuperación y la relación Beneficio/Costo. Los resultados muestran una reducción de la pérdida económica ambiental mensual de S/ 38,488.00 a S/ 1,700.00, equivalente a un 95.58%, con un Valor Actual Neto de S/ 7,725.13 y una relación Beneficio/Costo de 1.37 bajo un escenario financiero conservador.

Palabras clave—Evaluación de impacto ambiental, gestión ambiental, transporte de carga, sostenibilidad

I. Introducción

El transporte terrestre de carga es fundamental para el desarrollo económico y las cadenas de suministro, pero genera impactos por emisiones atmosféricas, consumo de combustibles fósiles y residuos peligrosos, especialmente en países en vías de desarrollo con flotas antiguas y limitados sistemas de gestión ambiental.

A nivel mundial, el transporte por carretera representa aproximadamente el 16% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), mientras que el transporte de carga pesada contribuye con el 8% de las emisiones totales de CO_2, según la Agencia Internacional de la Energía [1]. La combustión del diésel genera MP2.5, NOx y CO, afectando la salud humana y los ecosistemas. Sin políticas de eficiencia energética, las emisiones del transporte de carga podrían incrementarse en un 60% hacia 2050 [1]. En Perú, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del MINAM identifica al transporte como uno de los sectores con mayor contribución a las emisiones de CO_2, destacando que la antigüedad del parque automotor —superior a 15 años en promedio— constituye un factor crítico de contaminación al no cumplir los estándares Euro IV [2]. Según la Asociación Automotriz del Perú, este envejecimiento genera un costo asociado a la contaminación de US$ 12,800 millones y cerca de 10,000 muertes anuales [3]. En La Libertad, el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo señala al parque automotor como principal fuente de contaminación atmosférica local [4], mientras que Sutran, mediante su Unidad Desconcentrada de La Libertad, fiscaliza a las empresas de transporte de la región [5]. Las empresas de mediana y pequeña escala enfrentan limitaciones para incorporar sistemas de gestión ambiental formalizados.

En el marco legal peruano, la Ley N.° 28611, Ley General del Ambiente, establece los principios de prevención, precaución y responsabilidad ambiental [5]. La Ley N.° 27446 regula la evaluación de impactos de proyectos con potencial efecto ambiental [6], mientras que la Ley N.° 29325 fortalece la fiscalización de la OEFA, con sanciones de hasta 1,200 UIT [7]. Para el sector transporte, la Ley N.° 27314 y su reglamento (D.S. N.° 014-2017-MINAM) regulan la gestión de residuos peligrosos derivados del mantenimiento vehicular, y las políticas vigentes establecen estándares de revisión técnica y límites de opacidad de gases de escape [9].

Transportes César Arnaldo S.A.C. es una empresa peruana de transporte terrestre de carga, con sede en Trujillo y operaciones en los corredores Trujillo-Lima, Lima-Piura, Lima-Ica y Lima-Arequipa, que abarcan más de 2,500 km de vías. Presenta tres causas raíz: (CR1) inadecuado control de emisiones de CO_2 y material particulado en una flota de seis unidades con más de diez años de antigüedad, sin certificación de emisiones vigente; (CR2) deficiente gestión de residuos peligrosos del mantenimiento —aceites, filtros, neumáticos—, de los cuales solo el 15% recibe disposición adecuada; y (CR3) ausencia de ecoeficiencia operativa, con un consumo de 0.55 L/km frente a una meta de 0.42 L/km. Estos problemas incrementan los costos por riesgo de sanciones de la OEFA, el MINAM y el MTC, además de sobrecostos de combustible y disposición de residuos.

Según la Ley N.° 28611, la gestión ambiental comprende políticas, normas e instrumentos orientados a administrar los

recursos vinculados a la Política Nacional Ambiental para alcanzar una mejor calidad de vida [5]. El impacto ambiental comprende las consecuencias de las acciones humanas sobre el entorno, clasificadas según la Ley N.° 27446 en positivas, negativas, temporales, permanentes, directas, indirectas, acumulativas, sinérgicas, reversibles e irreversibles [6]. En el transporte de carga, las emisiones vehiculares, residuos peligrosos y consumo ineficiente de combustible son impactos predominantemente negativos y acumulativos, aunque reversibles mediante herramientas de gestión ambiental.

Para diagnosticar estos impactos se emplean herramientas como el diagrama de Ishikawa, que identifica causas según mano de obra, métodos, maquinaria, materiales, medición y medio ambiente [10]; y el diagrama de Pareto, que las prioriza según su impacto económico relativo [11]. La cartografía y el análisis espacial delimitan el área de influencia de las actividades generadoras de impacto [12], mientras que los diagramas de redes, basados en el método de Sorensen, representan las relaciones de causa-efecto entre una acción contaminante y sus consecuencias primarias, secundarias y terciarias [13].

La Matriz de Leopold permite valorar la interacción entre las actividades de un proyecto y los componentes ambientales en términos de magnitud e importancia [14]. Para el presente proyecto, se adaptó a cinco actividades: carga y descarga en terminales, conducción interprovincial, mantenimiento de unidades, lavado de vehículos y gestión de residuos de taller.

La monetización y el costeo ambiental permiten expresar económicamente los impactos negativos. En el transporte de carga, la monetización asigna un valor a externalidades como las emisiones de CO_2 o el riesgo de sanciones, mientras que el costeo cuantifica los gastos de control y mitigación. Según la OCDE, la internalización de costos ambientales es fundamental para incentivar tecnologías más limpias y prácticas ecoeficientes [15].

El Programa de Prevención, Remediación y Mitigación (PPRyM) reúne medidas correctivas, preventivas y de control continuo, alineadas con la norma ISO 14001:2015 [16]. El Plan de Contingencia Ambiental organiza la respuesta ante derrames, accidentes con carga peligrosa y fallas mecánicas que comprometan el ambiente o la continuidad operativa [17]. El Plan de Manejo Ambiental (PMA) articula el diagnóstico, implementación y seguimiento de medidas correctivas, definiendo objetivos, indicadores, responsables, recursos y costos [18], y organiza la ejecución de los dos instrumentos anteriores.

La evaluación económica se realiza mediante la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR), el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C), utilizados en la evaluación de proyectos de inversión [19].

Entre los antecedentes, Ayala Carrasco y Zegarra Choque diseñaron un Sistema de Gestión Ambiental basado en ISO 14001:2015 para Savar Transporte S.A., identificando brechas en el control de materiales peligrosos y emisiones y proponiendo un plan de acción que elevó el cumplimiento normativo [20]. Cárdenas evaluó la gestión de residuos sólidos en Protransporte, Lima Metropolitana, concluyendo que una disposición adecuada reduce significativamente el impacto ambiental del transporte urbano [21]. Finalmente, Tapia et al. evaluaron el efecto del reordenamiento vehicular sobre la contaminación por material particulado en Lima Metropolitana, encontrando una reducción significativa de PM10 y PM2.5 asociada a la mejora tecnológica de la flota [3]. Estos antecedentes muestran que la deficiente gestión ambiental en el transporte constituye una problemática estructural a nivel nacional.

Se plantea como problema de investigación: ¿En qué medida una propuesta de mejora en la gestión ambiental reduce los impactos ambientales y los costos operativos generados por las operaciones de transporte de carga de la empresa Transportes César Arnaldo S.A.C., Trujillo 2026? La hipótesis establece que la implementación de dicha propuesta, estructurada en torno a un Plan de Manejo Ambiental (PMA) que integre un Programa de Prevención, Remediación y Mitigación de Impactos Ambientales y un Plan de Contingencia Ambiental, permitirá reducir significativamente los impactos ambientales adversos generados por las causas raíz identificadas (CR1, CR2 y CR3), así como los costos operativos asociados a su gestión inadecuada. El objetivo general es proponer mejoras en la gestión ambiental de las operaciones de transporte de carga de Transportes César Arnaldo S.A.C., mediante la identificación, evaluación y priorización de sus impactos ambientales, para lograr una operación más eficiente, sostenible y alineada con la normativa ambiental peruana vigente.

En función del objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

OE1: Diagnosticar la situación ambiental actual de Transportes César Arnaldo S.A.C. mediante el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y la Matriz de Leopold, identificando y priorizando las causas raíz de sus impactos ambientales.

OE2: Formular una propuesta de mejora articulada en un Plan de Manejo Ambiental, un Plan de Contingencia Ambiental y un Programa de Prevención y Mitigación Ambiental, orientada a controlar las causas raíz CR1, CR2 y CR3.

OE3: Evaluar la viabilidad económica de la propuesta mediante los indicadores VAN, TIR, PRI y B/C en un horizonte proyectado de 12 meses.

II. METODOLOGIA

La presente investigación es de tipo aplicada, con nivel descriptivo-propositivo y diseño no experimental de corte transversal, dado que no se manipulan variables, sino que se analiza la situación actual de las operaciones de transporte de carga de Transportes César Arnaldo S.A.C. en su contexto natural durante el periodo 2026 [22]. El enfoque metodológico

empleado es cuantitativo, en la medida en que las causas raíz identificadas se monetizan y la viabilidad de la propuesta se evalúa mediante indicadores económico-financieros.

El estudio se desarrolla en tres etapas secuenciales: (i) diagnóstico ambiental, mediante la aplicación de diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, Matriz de Leopold, diagramas de flujo y diagrama de red, con la consecuente monetización de las causas raíz priorizadas; (ii) formulación de la propuesta de mejora, articulada en un Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) que integra un Plan de Prevención, Remediación y Mitigación de Impactos Ambientales y un Plan de Contingencia Ambiental; y (iii) evaluación económica de la propuesta, mediante el análisis de los indicadores Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio/Costo (B/C).

2.1. Diagnóstico

Transportes César Arnaldo S.A.C., con RUC 20539830733 y domicilio fiscal en Psje Villa Las Flores Mz. A Lt. 7 - Oficina 201, distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, es una empresa peruana dedicada al transporte interprovincial de carga, fundada hace más de 10 años. Su flota está compuesta por seis unidades con más de diez años de antigüedad, las cuales operan en las rutas Trujillo–Lima, Lima–Piura, Lima–Ica y Lima–Arequipa. La Figura 1 presenta el mapa del área de influencia del proyecto.

A continuación, se presenta el mapa geográfico que delimita el área de influencia del proyecto. Las operaciones de Transportes César Arnaldo S.A.C. tienen su base en la ciudad de Trujillo, región La Libertad, y se extienden a lo largo del corredor costero peruano hacia Lima, con derivaciones hacia Piura al norte, e Ica y Arequipa al sur, abarcando un área de influencia que atraviesa zonas urbanas, periurbanas y agrícolas a lo largo de más de 2,500 km de rutas interprovinciales.



Figura 1. Mapa geográfico de rutas de operación.



Figura 2. Mapa en capas de la ubicación de oficinas.

A continuación, se emplea un diagrama de Ishikawa en la Figura 3 para identificar y examinar las causas de la gestión ambiental inadecuada en Cesar Arnaldo SAC

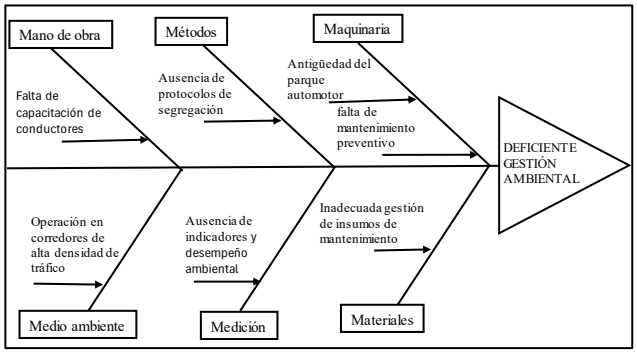


Figura 3. Diagrama Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa permite identificar seis causas elementales agrupadas en maquinaria, métodos, mano de obra, materiales, medición y medio ambiente. Estas convergen en tres causas raíz, que serán priorizadas mediante el diagrama de Pareto según su impacto económico mensual: la antigüedad del parque automotor y falta de mantenimiento preventivo configuran las emisiones de CO2 y material particulado no controladas (CR-1); la ausencia de protocolos de segregación e inadecuada gestión de insumos de mantenimiento configuran la deficiente gestión de residuos peligrosos (CR-2); y la falta de capacitación en conducción ecoeficiente y ausencia de indicadores de monitoreo configuran la ausencia de estrategias de ecoeficiencia operativa (CR-3).

Posteriormente, se elabora un diagrama de Pareto (Figura 4) considerando el impacto económico mensual de cada problema identificado.

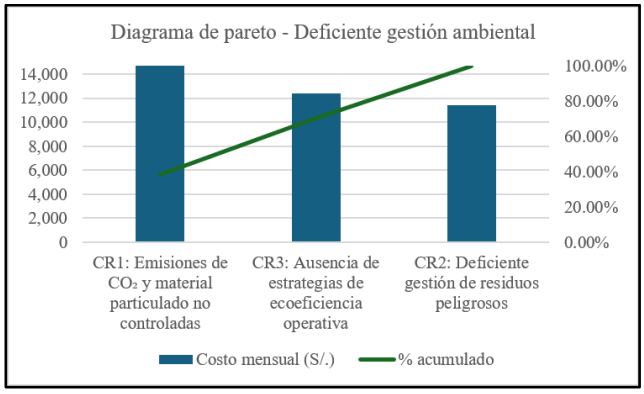


Figura 4. Diagrama de pareto

El diagrama de Pareto evidencia que las tres causas raíz concentran el 100% de los costos ambientales mensuales estimados (S/ 38,488). CR1 y CR3 acumulan el 70.4% del costo total, mientras que la inclusión de CR2 permite alcanzar el umbral del 80%. Esto confirma que las tres causas raíz constituyen “pocos vitales” y deben abordarse integralmente en la propuesta de mejora.

Estos problemas, junto con sus causas raíz, descripción y monetización, se detallan en la tabla 1.

TABLA 1.

PROBLEMAS, CAUSAS RAIZ Y MONETIZACIÓN

Problema	Causa Raíz	Descripción	Monetización mensual
P1	CR1: Emisiones de CO_2 y MP no controladas	Flota de 6 unidades con más de 10 años de antigüedad, sin certificación de emisiones vigente ni control de PM10/PM2.5	Multa ajustada por incumplimiento de LMP de emisiones: S/ 14,688
P2	CR2: Deficiente gestión de residuos peligrosos	Generación de aceites, filtros y neumáticos en desuso sin protocolo de segregación ni operador EPS-RS autorizado	Sanción OEFA/DIGESA por disposición inadecuada: S/ 11,400
P3	CR3: Ausencia de estrategias de ecoeficiencia operativa	Consumo de 0.55 L/km frente a meta de 0.42 L/km en flota de 6 unidades (80,000 km/año promedio), sin indicadores de monitoreo	Sanción por ausencia de SGA: S/10,200 + sobrecosto de combustible S/2,200/mes

Nota. Los montos de monetización se calcularon aplicando la fórmula M = B/p × F establecida por el OEFA, donde B es el beneficio ilícito estimado por no gestionar adecuadamente cada problema, p es la probabilidad de detección fiscalizadora y F es el factor de corrección según el daño ambiental potencial, conforme a la Resolución de Consejo Directivo N° 00005-2026-OEFA/CD [24]. El sobrecosto de combustible de CR3 (S/ 2,200/mes) se calcula sobre la diferencia entre consumo real (0.55 L/km) y meta (0.42 L/km) en 80,000 km/año al precio del diésel vigente.

Por otra parte, se realiza la matriz de Leopold que se aprecia en la Figura 5, para evaluar los impactos ambientales de las etapas de los procesos. Cada celda representa la magnitud (numerador, escala 1-10) e importancia (denominador, escala 1-10) del impacto generado por cada actividad sobre factores ambientales.

Categoría	Factor Ambiental	Carga y descarga	Conducción en ruta	Mantenimiento	Lavado de vehículos	Gestión de residuos de taller
Físico	Aire	4 / 3	9 / 9	3 / 3	1 / 1	2 / 2
	Suelo	2 / 2	2 / 2	8 / 8	4 / 4	9 / 9
	Agua	1 / 1	2 / 2	7 / 7	6 / 6	7 / 7
Biológicas	Flora y fauna	2 / 2	5 / 5	4 / 4	3 / 3	5 / 5
Culturales	Salud humana	3 / 3	8 / 8	6 / 6	2 / 2	6 / 6
	Socioeconómico	3 / 3	7 / 7	4 / 4	2 / 2	6 / 6
TOTAL		39	227	190	70	231

Figura 5. Matriz de Leopold

Como se observa en la Matriz de Leopold, las actividades con mayor impacto acumulado son la gestión de residuos de taller (Σ=231) y la conducción en ruta interprovincial (Σ=227), seguidas del mantenimiento de unidades (Σ=190). Estos resultados son coherentes con las causas raíz priorizadas: la gestión de residuos y el mantenimiento concentran su afectación en suelo y agua, relacionada con la gestión inadecuada de residuos peligrosos (CR2); mientras que la conducción en ruta afecta principalmente al aire y la salud humana, relacionada con las emisiones no controladas (CR1), además del sobrecosto operativo por ausencia de ecoeficiencia (CR3), debido al consumo ineficiente de combustible durante esta actividad. A nivel de factores ambientales, el suelo y la salud humana son los componentes más sensibles, reforzando la necesidad de priorizar el control de emisiones y la gestión de residuos peligrosos.

Continuando con el análisis, se elabora un diagrama de flujo (figura 6) para analizar la ausencia de un punto de control de emisiones antes del despacho.

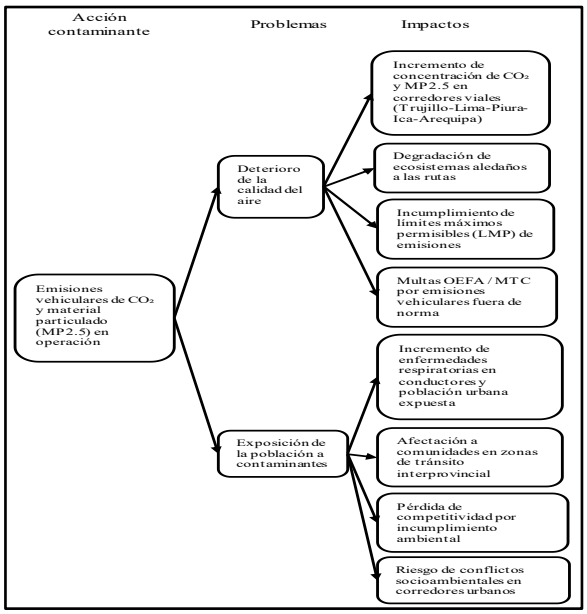


Figura 6. Diagrama de flujo CR-1

Como se observa, las emisiones de CO_2 y material particulado generadas por una flota con más de 10 años de antigüedad y sin mantenimiento preventivo programado —punto crítico identificado en el proceso— derivan en dos problemas principales: el deterioro de la calidad del aire en los corredores viales que conecta la empresa, y la exposición directa de conductores y poblaciones urbanas a dichos contaminantes. Ambos problemas convergen en incumplimientos normativos y multas potenciales por S/ 14,688 mensuales, comprometiendo la sostenibilidad ambiental, normativa y reputacional de la operación.

Posteriormente, se elaboró otro diagrama de flujo (figura 7) para analizar la deficiente gestión de residuos peligrosos de mantenimiento.

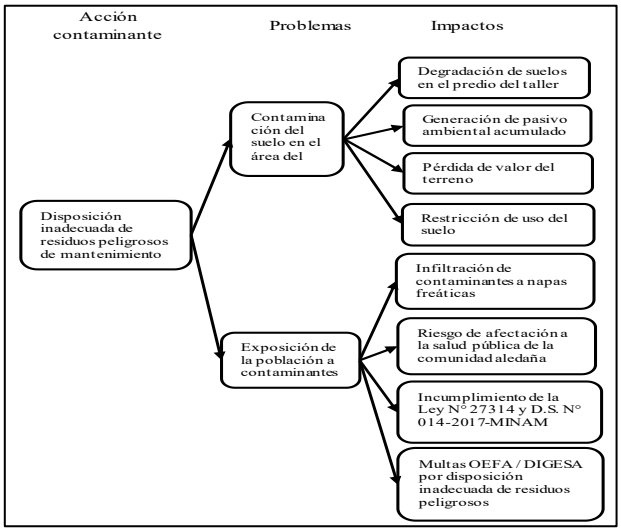


Figura 7. Diagrama de flujo CR-2

Como se observa, la disposición inadecuada de residuos peligrosos de mantenimiento —cuyo punto crítico es la ausencia de un operador EPS-RS autorizado para la disposición final— genera dos problemas principales: la contaminación del suelo en el área del taller y la contaminación de cuerpos de agua por infiltración a napas freáticas. Ambos problemas comprometen la salud pública de la comunidad aledaña y exponen a la empresa a sanciones del OEFA y DIGESA por S/ 11,400 mensuales, además de generar un pasivo ambiental acumulado que se incrementa mientras no se formalice la gestión de estos residuos.

Por último, se elaboró un diagrama de red (Figura 8) para analizar los problemas e impactos generados por la acción contaminante "Operación vehicular sin indicadores de ecoeficiencia" en las rutas interprovinciales de la empresa.

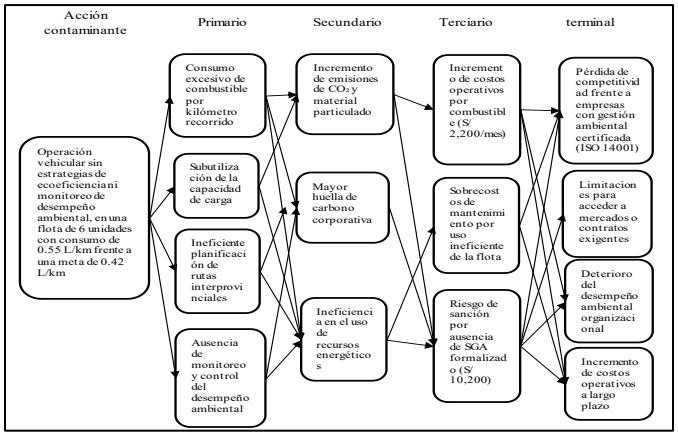


Figura 8. Diagrama de red CR-3

El diagrama muestra cuatro niveles de impacto derivados de la operación vehicular sin estrategias de ecoeficiencia. El nivel Primario aborda las deficiencias operativas directas: consumo excesivo de combustible, subutilización de carga, planificación ineficiente de rutas y ausencia de monitoreo. El nivel Secundario detalla las consecuencias técnico-ambientales inmediatas, principalmente el incremento de emisiones y de la huella de carbono corporativa. El nivel Terciario traduce estas deficiencias en sobrecostos operativos cuantificados (S/ 2,200 mensuales en combustible) y en el riesgo de sanción por ausencia de un sistema de gestión ambiental formalizado (S/ 10,200). Finalmente, el nivel Terminal agrupa las consecuencias estratégicas de mayor alcance: pérdida de competitividad frente a operadores certificados bajo ISO 14001, limitaciones de acceso a mercados exigentes y un incremento sostenido de costos a largo plazo.

2.2. Solución Propuesta

A partir del diagnóstico ambiental desarrollado, que priorizó tres causas raíz mediante el diagrama de Pareto y la Matriz de Leopold, se formula una propuesta de mejora articulada en tres instrumentos complementarios: un Plan de Manejo Ambiental (PMA) que organiza la implementación del diagnóstico y la elaboración de los procedimientos ambientales; un Plan de Contingencia Ambiental orientado a la respuesta ante emergencias operativas; y un Programa de Prevención y Mitigación Ambiental orientado al control continuo de las causas raíz identificadas (CR1, CR2 y CR3). Cada instrumento detalla sus objetivos, actividades, responsables, recursos, indicadores y costos de implementación.

TABLA 2.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL							
NOMBRE DE LA EMPRESA	Transportes César Arnaldo S.A.C.						
FECHA	10/06/2026						
NOMBRE DEL PROYECTO	Propuesta de mejora en la gestión ambiental para la reducción de impactos ambientales y costos operativos						
CÓDIGO	PMA-TCA-2026						
UBICACIÓN	Trujillo, La Libertad (operaciones interprovinciales Piura–Lima–Ica–Arequipa)						
OBJETIVO GENERAL	Reducir los impactos ambientales y los costos operativos mediante la implementación de un Plan de Manejo Ambiental en Transportes César Arnaldo S.A.C.						
RESULTADO GENERAL	Disminución de incumplimientos ambientales, control de emisiones vehiculares, gestión adecuada de residuos peligrosos de mantenimiento y establecimiento de indicadores de ecoeficiencia operativa.						
CONCEPTO	**INDICADOR**	**DESCRIPCIÓN**	**RESPONSABLES**	**RECURSOS**	**IMPREVISTOS**	**DURACIÓN**	**COSTO**
OBJETIVO 1: Realizar un diagnóstico ambiental integral de las operaciones de transporte de carga.							
Resultado 1: Diagnóstico ambiental realizado y documentado.							
A1: Observación	N° de unidades inspeccionadas	Inspección de la flota y del taller con enfoque ambiental (emisiones, residuos, combustible)	Supervisor Ambiental	Checklist, EPP	No se permita acceso a todas las unidades en ruta	2 semanas	S/ 800.00
A2: Identificación	N° de impactos detectados	Identificación de impactos según Ishikawa, Pareto y Matriz de Leopold	Supervisor Ambiental	Matriz de Leopold	Falta de información histórica de mantenimiento	1 semana	S/ 600.00
A3: Registro	Informe de registro	Registro de causas raíz e impactos en Pareto y Leopold con monetización	Equipo Ambiental	Software básico (Excel)	Errores de registro	1 semana	S/ 400.00
A4: [illegible]	Diagnóstico final	Diagnóstico consolidado priorizando CR1, CR2 y CR3	Jefe Ambiental	Informes técnicos	Retrasos del equipo	1 semana	S/ 200.00
OBJETIVO 2: Identificar y caracterizar las causas raíz que generan impactos ambientales en la operación.							
Resultado 2: Causas raíz identificadas y priorizadas (CR1, CR2, CR3).							
A1: [illegible]	N° de problemas detectados	Identificación en campo de incumplimientos ambientales en ruta y taller	Supervisor Ambiental	Fichas de campo	Falta de registros históricos	1 semana	S/ 300.00
A2: [illegible]	N° de causas críticas	Análisis de CR1-CR3 (emisiones, residuos, ecoeficiencia)	Supervisor Ambiental	Normativa OEFA/MTC	Datos incompletos	1 semana	S/ 500.00
A3: Registro	Matriz elaborada	Registro mediante Matriz de Leopold y diagramas de flujo/red	Equipo Ambiental	Leopold, diagramas	Problemas con software de diseño	1 semana	S/ 300.00
A4: Análisis	Informe técnico	Análisis detallado del impacto en aire, suelo y agua	Jefe Ambiental	Equipos básicos	Demoras en consolidación	1 semana	S/ 200.00
OBJETIVO 3: Establecer la línea base de costos ambientales operativos actuales.							
Resultado 3: Costos ambientales actuales cuantificados y documentados.							

A1: Análisis	N° de costos analizados	Análisis detallado del costo mensual actual de impactos ambientales (S/ 38,488)	Supervisor Financiero	Contador externo, Excel	Datos incompletos o desactualizados	2 semanas	S/ 1,000.00
A2: Validación	Informe validado	Validación de costos de sanciones, sobrecostos de combustible y disposición de residuos con datos reales	Equipo Financiero	Auditor ambiental, facturas	Falta de registros históricos	1 semana	S/ 800.00
A3: Benchmarking	Informe comparativo	Comparación con costos ambientales promedio del sector transporte de carga en Trujillo	Jefe Financiero	Consultor, base de datos sectorial	Información limitada del sector	2 semanas	S/ 700.00
A4: Informe	Informe final de costos	Informe consolidado de costos operativos ambientales para línea base	Jefe Financiero	Equipo interno, software	Demoras en consolidación	1 semana	S/ 500.00
OBJETIVO 4: Elaborar e implementar el Plan de Contingencia Ambiental y el Programa de Prevención y Mitigación Ambiental.							
Resultado 4: Planes ambientales elaborados y listos para implementación.							
A1: Diagnóstico	N° de procedimientos requeridos	Identificación de brechas frente a la normativa del sector transporte (D.S. N° 047-2001-MTC, Ley N° 27314)	Jefe Ambiental	Auditorías internas	Falta de evidencia documental	1 semana	S/ 600.00
A2: Validación	Procedimientos validados	Validación piloto de protocolos antes de la implementación total	Supervisor Ambiental	Supervisión en campo	Falta de equipos de verificación	1 semana	S/ 400.00
A3: Capacitación	N° de conductores y técnicos capacitados	Capacitación en manejo de residuos peligrosos, conducción ecoeficiente y respuesta ante emergencias	Supervisor Ambiental	Materiales, EPP	Ausentismo del personal	1 semana	S/ 800.00
A4: Diseño	Procedimientos elaborados	Diseño de protocolos de emisiones, residuos, ecoeficiencia y contingencias	Equipo Ambiental	Normativa sectorial	Errores técnicos en el diseño	2 semanas	S/ 1,000.00

TABLA 3.
COSTO DE INVERSIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Implementación de la herramienta	
Diagnóstico ambiental integral (Objetivo 1)	S/ 2,000.00
Identificación y priorización de causas raíz (Objetivo 2)	S/ 1,300.00
Línea base de costos ambientales (Objetivo 3)	S/ 3,000.00
Elaboración de planes ambientales (Objetivo 4)	S/ 2,800.00
TOTAL PMA	**S/ 9,100.00**

El Plan de Manejo Ambiental organiza la ejecución del diagnóstico y la elaboración de los instrumentos de gestión ambiental en cuatro objetivos secuenciales, con una inversión total de S/ 9,100.00. El mayor componente de costo corresponde al establecimiento de la línea base de costos ambientales (S/ 3,000.00), dado que requiere validación financiera externa y benchmarking sectorial, mientras que la identificación de causas raíz resulta el componente más económico (S/ 1,300.00) al apoyarse en herramientas ya desarrolladas en el diagnóstico previo (Ishikawa, Pareto, Leopold).

Posteriormente, el Plan de Contingencia Ambiental establece protocolos de respuesta inmediata ante emergencias.

TABLA 4.

PLAN DE CONTINGENCIAS

Objetivo	**Garantizar la continuidad operativa de las rutas interprovinciales en condiciones seguras, reduciendo al máximo los riesgos e impactos ambientales y cumpliendo con la normativa vigente del sector transporte.**				
Empresa	Transportes César Arnaldo S.A.C.				
Responsable	Supervisor Ambiental / Jefe de Operaciones				
Aspecto ambiental	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicador**	**Medios de verificación**	**Plazo**
Derrame de combustible o aceite en ruta	Contaminación del suelo y cuerpos de agua en vías interprovinciales	Instalación de kit antiderrames en cada unidad	N° de unidades equipadas	Registro de equipamiento	Mensual
		Capacitación en protocolo de respuesta ante derrames	N° de conductores capacitados	Listas de asistencia	Trimestral
		Coordinación con autoridades locales (municipalidad, OEFA)	N° de protocolos coordinados	Actas de coordinación	Semestral
		Simulacro de derrame en taller y en ruta	N° de simulacros realizados	Reportes de simulacro	Semestral
Accidente vehicular con carga peligrosa	Riesgo de contaminación ambiental y afectación a la salud de conductores y comunidades	Implementación de protocolo de emergencia vehicular	Protocolo implementado	Documento del protocolo	Mensual
		Capacitación en primeros auxilios y manejo de emergencias	% de conductores capacitados	Certificados de capacitación	Trimestral
		Coordinación con entidades de emergencia (INDECI, PNP, SAMU)	N° de coordinaciones activas	Actas de coordinación	Semestral
		Entrega de tarjeta de emergencia y kit de primeros auxilios en cabina	% de unidades equipadas	Registro de entrega	Mensual
Falla mecánica con emisión masiva de gases	Impacto agudo en la calidad del aire en zonas urbanas o periurbanas de tránsito	Protocolo de detención inmediata y remolque	Tiempo promedio de respuesta (horas)	Bitácoras de incidentes	Mensual
		Mantenimiento preventivo programado y actualizado	% de cumplimiento del cronograma	Reportes de mantenimiento	Mensual
		Disponibilidad de unidad de reemplazo	N° de unidades de respaldo operativas	Inventario de flota	Trimestral

Asimismo, se elabora el costo correspondiente a la ejecución de dicho plan, según lo especificado en la Tabla 5.

TABLA 5.
COSTO DE INVERSIÓN DEL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS

Implementación de la herramienta (kits antiderrames, protocolos, señalización)	**S/ 4,500.00**
Capacitación a conductores y personal (trimestral y mes inicial)	S/ 1,800.00
Equipamiento de emergencia (kits, botiquines, extintores)	S/ 2,200.00
Subtotal Inversión Inicial	S/ 8,500.00
Costo Anual (capacitación trimestral recurrente)	S/ 5,400.00
Mantenimiento mensual de equipos	S/ 350.00
Costo Anual (Mantenimiento)	S/ 4,200.00
TOTAL PROGRAMA	**S/ 18,100.00**

El Plan de Contingencias requiere una inversión inicial de S/ 8,500.00, destinada al equipamiento de emergencia y protocolos de respuesta para los tres escenarios de mayor riesgo en la operación interprovincial. El costo anual recurrente (S/ 9,600.00 entre capacitación y mantenimiento) permite mantener

la capacidad de respuesta durante los 12 meses de evaluación, alcanzando una inversión total de S/ 18,100.00.

El Programa de Prevención y Mitigación Ambiental desarrolla estrategias para atender las tres causas raíz (CR1, CR2 y CR3) identificadas en Transportes César Arnaldo S.A.C., enfocándose en reducir impactos negativos y optimizar costos mediante acciones correctivas, preventivas y de control continuo. Marco de implementación:

Base legal: Se fundamenta en la Ley N° 28611 (Ley General del Ambiente), el D.S. N° 047-2001-MTC, que establece los Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores, y el D.L. N° 1278 (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos) junto con su reglamento, el D.S. N° 014-2017-MINAM, para el manejo de residuos peligrosos generados en el mantenimiento de la flota.

Formación del personal: Programa de capacitación en conducción ecoeficiente, manejo seguro de residuos peligrosos de mantenimiento (aceites usados, filtros, neumáticos) y uso del sistema de monitoreo de consumo de combustible.

Sistema de registro: Implementación de formatos estandarizados para documentar mantenimientos preventivos, manifiestos de residuos peligrosos, reportes de consumo de combustible por unidad y no conformidades.

Control y evaluación: El supervisor ambiental supervisará mensualmente el cumplimiento de los indicadores y generará reportes de desempeño para la toma de decisiones gerenciales.

La Tabla 6 presenta el programa detallado con medidas específicas, indicadores cuantificables y mecanismos de verificación para cada aspecto ambiental prioritario, asegurando la conformidad con la normativa sectorial vigente.

TABLA 6.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de Verificación	Plazo de Periodicidad
Emisiones vehiculares de CO_2 y material particulado (CR1)	Contaminación del aire en rutas y zonas urbanas	Ejecutar mantenimiento preventivo programado de motores, sistemas de escape y revisiones técnicas. Implementar bitácora de emisiones por unidad.	% de unidades con certificado de emisiones vigente y mantenimiento al día	Registros de mantenimiento firmados por técnico autorizado y certificados de revisión técnica vehicular (RTV)	Mensual
Gestión de residuos peligrosos de mantenimiento (CR2)	Contaminación del suelo y agua subterránea en el taller	Implementar sistema de segregación en origen con contenedores rotulados; contratar EPS-RS autorizada para disposición final de residuos peligrosos.	% de residuos peligrosos gestionados adecuadamente y con manifiesto de residuos	Manifiestos de residuos peligrosos, contratos vigentes con EPS-RS, registros fotográficos del área de almacenamiento	Mensual
Ausencia de estrategias de ecoeficiencia operativa (CR3)	Agotamiento de recursos fósiles y emisiones acumuladas por operación ineficiente	Instalar sistema de monitoreo de consumo por unidad (GPS/telemática); capacitar conductores en técnicas de conducción ecoeficiente; optimizar cargas y rutas.	Litros de combustible consumidos por km recorrido por unidad (L/km)	Registros de abastecimiento de combustible, hojas de ruta y reportes del sistema GPS/telemática	Bimestral

Los costos de implementación del Programa de Prevención y Mitigación Ambiental se detallan en la Tabla 7.

TABLA 7.

COSTO DE INVERSIÓN DEL PROGRAMA DE PREVENCIÓN, REMEDIACIÓN Y MITIGACIÓN

Implementación de sistema de monitoreo de consumo (GPS/telemática)	**S/ 1,200.00**
Capacitación a trabajadores (trimestral y mes inicial)	S/ 900.00
Contenedores y materiales de gestión de residuos	S/ 1,000.00
Subtotal Inversión Inicial	S/ 3,100.00
Monitoreo y evaluación ambiental mensual	S/ 500.00
Monitoreo Ambiental Anual	S/ 6,000.00
Asesoría especializada mensual	S/ 400.00
Asesoría especializada Anual	S/ 4,800.00
TOTAL PROGRAMA	**S/ 13,900.00**

El Programa de Prevención y Mitigación Ambiental requiere una inversión inicial de S/ 3,100.00 para la instalación del sistema de monitoreo de consumo y capacitación inicial del personal. El mayor costo anual corresponde al monitoreo ambiental (S/ 6,000.00), seguido de la asesoría especializada (S/ 4,800.00), alcanzando una inversión total de S/ 13,900.00 durante los 12 meses de evaluación.

Por último, el flujo de caja evalúa la viabilidad económica de la propuesta durante 12 meses. La Tabla 8 diferencia el beneficio único por evitación de sanciones potenciales del ahorro operativo recurrente por reducción del consumo de combustible, frente a los egresos de implementación.

Los indicadores económicos de la Tabla 9 muestran viabilidad económica bajo un escenario conservador, con un VAN positivo de S/ 7,725.13, TIR mensual de 28.93%, periodo de recuperación de 0.80 meses y relación Beneficio/Costo de 1.37. Si bien la monetización mensual de la Tabla 1 representa la exposición de riesgo recurrente del status quo, el flujo de caja de la Tabla 8 reconoce la evitación de la sanción como un beneficio único en el primer mes, debido a que no se garantiza una fiscalización mensual efectiva. Se reconoce el valor íntegro de M como beneficio único, en lugar de una pérdida esperada B×p, debido a que M representa el pasivo real asumido ante una fiscalización efectiva. Este criterio evita sobreestimar la recurrencia del ahorro sin subestimar el riesgo regulatorio evitado.

TABLA 8.

FLUJO DE CAJA POR 12 MESES PROYECTADO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA

Concepto	**Mes 0**	**Mes 1**	**Mes 2**	**Mes 3**	**Mes 4**	**Mes 5**	**Mes 6**	**Mes 7**	**Mes 8**	**Mes 9**	**Mes 10**	**Mes 11**	**Mes 12**
Beneficios económicos	-	S/ 38.48	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00	S/ 2,200.00
Costos operativos	-	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0	S/ 1,700.0
Depreciación de activos	-	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0
GAV	-	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0	S/ 200.0
Utilidad antes de impuestos	-	S/ 36,243.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00
Impuestos (30%)	-	S/ 10,87	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Utilidad después de impuestos	-	S/ 25,370.	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00	-S/ 45.00

Depreciación	-	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0	S/ 345.0
Inversión	-S/ 20,700.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo neto de efectivo	**-S/ 20,700.00**	**S/ 25,71**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**	**S/ 300.0**

Nota. El flujo de caja considera en el primer mes un beneficio único de S/ 36,288.00 asociado a la evitación de las sanciones potenciales estimadas para las causas raíz CR1, CR2 y CR3, más un ahorro operativo recurrente de S/ 2,200.00 mensuales por reducción del consumo de combustible. A partir del segundo mes, únicamente se considera este ahorro operativo recurrente como beneficio mensual.

TABLA 9.
INDICADORES ECONÓMICOS

VAN	**S/ 7,725.13**
TIR (mensual)	28.93%
PRI	0.80 meses
VP de flujos netos positivos	S/ 28,425.13
VP de inversión inicial	S/ 20,700.00
B/C	1.37

Nota. Se considera un beneficio único de S/ 36,288.00 por la evitación de sanciones potenciales y un ahorro operativo recurrente de S/ 2,200.00 mensuales por reducción del consumo de combustible. El VAN se evalúa a 12 meses con un COK de 1.25% mensual

III. RESULTADOS

Los resultados de implementar las herramientas de mejora propuestas en Transportes César Arnaldo S.A.C. se presentan mediante la reducción en la pérdida económica mensual generada por cada causa raíz identificada, tal como se muestra en la Tabla 10. Asimismo, conforme a los indicadores económicos obtenidos en la Tabla 9, se obtiene un VAN positivo de S/7,725.13 y una relación B/C de 1.37, cuya interpretación se desarrolla en el Capítulo IV."

TABLA 10.
REDUCCIÓN DE PERDIDA ECONOMICA MENSUAL POR CAUSA RAIZ

CAUSAS RAÍZ IDENTIFICADAS	**COSTO ACTUAL (S/)**	**COSTO PROYECTADO (S/)**	**BENEFICIO (S/)**	**REDUCCIÓN (%)**
CR1: Emisiones de CO_2 y material particulado no controladas	14,688.00	500	14,188.00	96.60%
CR2: Deficiente gestión de residuos peligrosos de mantenimiento	11,400.00	800	10,600.00	92.98%
CR3: Ausencia de estrategias de ecoeficiencia operativa	12,400.00	400	12,000.00	96.77%
TOTAL	**38,488.00**	**1,700.00**	**36,788.00**	**95.58%**

Nota. Los costos proyectados corresponden a los gastos operativos mensuales recurrentes de las soluciones implementadas (Tablas 5 y 7), considerando: CR1 mantenimiento del certificado de emisiones y revisiones técnicas vehiculares periódicas según D.S. N° 047-2001-MTC (S/ 500.00); CR2 servicio mensual de la EPS-RS autorizada para disposición final de residuos peligrosos generados en el taller (S/ 800.00); CR3 mantenimiento del sistema GPS/telemático de monitoreo de consumo por unidad (S/ 400.00).

La Figura 7 presenta de manera visual la diferencia entre los costos mensuales actuales y los costos proyectados después de implementar las mejoras, evidenciando la reducción significativa en cada una de las tres causas raíz identificadas.

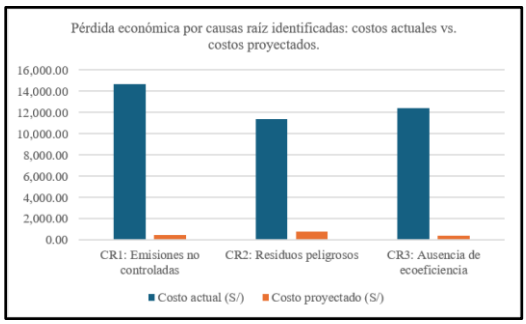


Figura 7. Pérdida económica por problemas identificados antes y proyectado.

Del mismo modo, la Figura 8 ilustra los beneficios económicos estimados asociados a cada causa raíz y a las medidas propuestas. Estos valores permiten visualizar la magnitud económica de los problemas identificados y complementan el análisis financiero presentado en la Tabla 9.

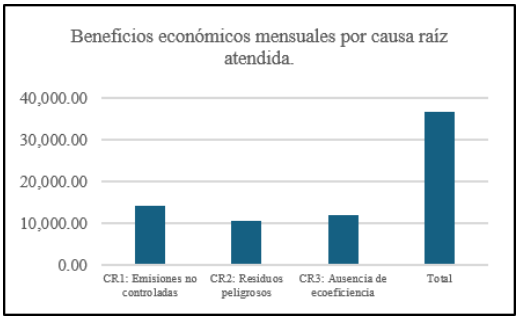


Figura 8. Beneficios económicos por cada problema identificado.

Finalmente, la Figura 9 presenta los porcentajes de reducción proyectados en cada causa raíz, donde se observan mejoras superiores al 92% en los tres casos, confirmando la efectividad integral de la propuesta.

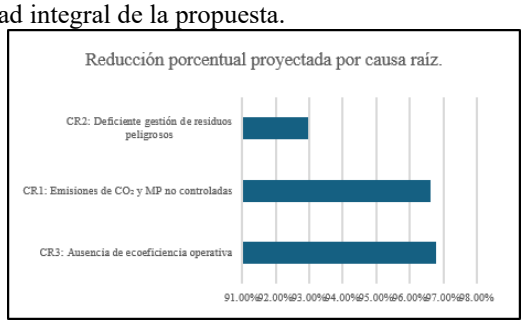


Figura 9. Reducción porcentual proyectado.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

La implementación de herramientas de gestión ambiental en Transportes César Arnaldo S.A.C. trasciende el cumplimiento regulatorio y se orienta hacia la sostenibilidad operativa y económica del transporte de carga interprovincial. La integración del Plan de Manejo Ambiental, Plan de Contingencia Ambiental y Programa de Prevención y Mitigación Ambiental permite reducir contingencias operativas, optimizar el consumo energético y disminuir

costos asociados a sanciones por emisiones no controladas, disposición inadecuada de residuos peligrosos y operación ineficiente de la flota. Así, la gestión ambiental se vincula con la competitividad empresarial, en línea con las tendencias globales de descarbonización del transporte de carga señaladas por la Agencia Internacional de Energía [1].

Al contrastar estos hallazgos con estudios previos en el contexto peruano, se observa que las herramientas estructuradas de gestión ambiental generan mejoras operativas, eficiencia de procesos y reducción de pasivos ambientales [23][15]. La identificación de puntos críticos relacionados con residuos y procesos contaminantes permitió establecer medidas correctivas que reducen riesgos ambientales y costos operativos. Asimismo, Ayala Carrasco y Zegarra Choque, en Savar Transporte S.A., justificaron la adopción de ISO 14001:2015 por la reducción de brechas normativas que exponían a la empresa a sanciones acumulativas [20]. A diferencia de este antecedente, la presente investigación demuestra mediante VAN, TIR y B/C que empresas con flotas envejecidas pueden incorporar prácticas ambientalmente responsables sin comprometer su viabilidad económica, mediante una inversión inicial de S/ 20,700.00 con retorno a corto plazo.

Bajo el escenario financiero conservador, se obtiene un VAN positivo de S/ 7,725.13, TIR mensual de 28.93%, PRI de 0.80 meses y relación Beneficio-Costo de 1.37. Estos resultados evidencian la viabilidad económica de la propuesta y una estimación prudente al diferenciar la evitación de sanciones potenciales del ahorro recurrente por combustible. Muchas empresas de mediana y pequeña escala operan con tecnologías obsoletas y limitada disposición para formalizar su gestión ambiental, al percibir estas inversiones como gastos adicionales [15]. Esta situación coincide con investigaciones previas que proyectaron la rentabilidad de mejoras a mediano plazo para justificar su implementación ante la gerencia [25].

Desde la perspectiva ambiental, la reducción progresiva de emisiones de CO_2 y material particulado en los corredores que conectan Trujillo con Lima, Piura, Ica y Arequipa podría beneficiar la calidad del aire en zonas urbanas y periurbanas, considerando que el transporte pesado de carga representa entre el 25% y el 40% de las emisiones de material particulado en ciudades latinoamericanas [3]. Asimismo, la gestión adecuada de residuos peligrosos del taller reduciría el riesgo de contaminación de suelos y napas freáticas en el distrito de Trujillo. Sin embargo, la investigación no evalúa el impacto ambiental regional de una adopción masiva, por lo que no es posible cuantificar su alcance ecológico total. Aun así, su aplicación progresiva en empresas de transporte interprovincial podría contribuir a reducir la carga contaminante en los corredores viales de La Libertad y regiones adyacentes.

Finalmente, los resultados reflejan una problemática asociada a la informalidad ambiental y limitada modernización tecnológica de empresas de transporte de carga de mediana escala en el Perú. Estudios sobre reordenamiento vehicular y mejora tecnológica de flotas señalan que la transición hacia operaciones más limpias requiere herramientas de control, financiamiento, asistencia técnica e incentivos regulatorios [3][4]. En este contexto, la investigación propone una alternativa técnicamente viable y económicamente accesible para empresas similares a Transportes César Arnaldo S.A.C., basada en control, monitoreo y prevención. Su implementación requiere voluntad empresarial y mecanismos de apoyo institucional que faciliten la transición ambiental del sector, promoviendo el cumplimiento normativo y la reducción progresiva de impactos ambientales y riesgos operativos.

4.2 Conclusiones

Se determinó que la propuesta de mejora reduce los impactos ambientales y costos operativos de Transportes César Arnaldo S.A.C., cumpliendo el objetivo general. En la dimensión ambiental, las seis unidades cuentan con certificado de emisiones vigente según el D.S. N° 047-2001-MTC, el 100% de los residuos peligrosos del taller son gestionados con manifiesto y EPS-RS autorizada, y el consumo de combustible es monitoreado con meta de reducción de 0.55 a 0.42 L/km. En la dimensión económica, los costos ambientales mensuales se reducen de S/ 38,488.00 a S/ 1,700.00, generando un ahorro neto de S/ 36,788.00 mensuales (S/ 441,456.00 anuales).

El análisis situacional de Transportes César Arnaldo S.A.C. permitió desarrollar una propuesta integral de mejora ambiental, conformada por un Plan de Manejo Ambiental, un Plan de Contingencia Ambiental y un Programa de Prevención y Mitigación Ambiental, que atienden las tres causas raíz identificadas: emisiones no controladas (CR1), deficiente gestión de residuos peligrosos (CR2) y ausencia de estrategias de ecoeficiencia operativa (CR3).

La aplicación de los planes propuestos disminuye las pérdidas económicas vinculadas a los problemas ambientales. Los parámetros financieros bajo el escenario conservador, como el VAN positivo de S/ 7,725.13, TIR mensual de 28.93%, PRI de 0.80 meses e índice Beneficio-Costo de 1.37, evidencian la viabilidad económica de la propuesta y un tratamiento más prudente de los beneficios asociados a sanciones potenciales y ahorro operativo por combustible.

Los porcentajes de reducción proyectados superan el 92% en las tres causas raíz: 96.77% en ausencia de ecoeficiencia operativa, 96.60% en emisiones de CO_2 y material particulado no controladas y 92.98% en deficiente gestión de residuos peligrosos de mantenimiento, alcanzando una reducción global de la pérdida económica ambiental del 95.58%.

Finalmente, considerando la viabilidad económica y técnica del proyecto, sería posible replicar estrategias equivalentes en otras empresas de transporte de carga interprovincial de la región La Libertad con características similares. Posterior a la implementación, se recomienda un seguimiento semestral de los indicadores de cada plan y evaluaciones anuales del desempeño ambiental, para garantizar la adaptabilidad ante cambios normativos,

renovación de flota o modificaciones en las rutas de operación.

REFERENCIAS

[1] Agencia Internacional de Energía. (2017). The future of trucks: Implications for energy and the environment. https://www.iea.org/reports/the-future-of-trucks

[2] Ministerio del Ambiente del Perú. (2019). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Perú. https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2023/01/Informe-INGEI-2019-VF_2.pdf

[3] Tapia, V., Carbajal, L., Vásquez, V., Espinoza, R., Vásquez-Velásquez, C., Steenland, K., & Gonzales, G. F. (2018). Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado en Lima Metropolitana, Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 35(2), 190–197. https://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342018000200003&script=sci_arttext

[4] Angles Canlla, O. L. (2024). Contaminación del aire por emisiones de CO_2 del transporte en la ciudad de Puno. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13061

[5] Congreso de la República del Perú. (2005). Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente. https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf

[6] Congreso de la República del Perú. (2001). Ley Nº 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/27446.pdf

[7] Congreso de la República del Perú. (2009). Ley Nº 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental. https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29325.pdf

[8] Posada, J., & colaboradores. (2022). Congestión vehicular y contaminación ambiental en Lima Metropolitana. Revista científica, 1(1). https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-44492022000100152&script=sci_arttext

[9] Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf

[10] Ishikawa, K. (1985). What is total quality control? The Japanese way. Prentice Hall.

[11] Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros (12.ª ed.). McGraw-Hill. O alternativamente: Summers, D. C. S. (2006). Administración de la calidad. Pearson Educación.

[12] Arani, M. H., et al. (2021). Environmental impact assessment of a steel industry development plan using combined method involving Leopold matrix and RIAM. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 19(2), 1997–2011. https://doi.org/10.1007/s40201-021-00752-4

[13] Sorensen, J. C. (1971). A framework for identification and control of resource degradation and conflict in the multiple use of the coastal zone. University of California, Berkeley.

[14] Leopold, L. B. (1971). A procedure for evaluating environmental impact (Vol. 645). US Department of the Interior. https://pubs.usgs.gov/circ/1971/0645/report.pdf

[15] Saavedra Timaná, B. F., & Flores Hernández, K. K. (2021). *Diseño de un sistema de evaluación del impacto ambiental mediante la matriz de Leopold para reducir los costos ecológicos en el proceso de cachimbado de la curtiembre Saago SAC de Trujillo* [Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. https://repositorio.upao.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/32dae319https://repositorio.upao.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/32dae319-cdd7-463b-a3f7-c262a17fdc89/contentcdd7-463b-a3f7-c262a17fdc89/content

[16] Organización Internacional de Normalización. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use. https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html

[17] Gallardo-Jiménez, K. S., & Herrera-Morales, G. C. (2022). Plan de manejo ambiental y contingencia en la Empresa Pública Terminal Terrestre y Comunicación Social 'Coca'. Agroecología Global, 4(7). https://doi.org/10.35381/a.g.v4i7.1866

[18] Tiña Tacca, D. (2023). Diseño e implementación de un plan de manejo ambiental en obras de saneamiento rural para empresa INGECOP EIRL. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Altiplano]. https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20954]

[19] Urbina, G. B. (2010). Evaluación de proyectos. https://repositorio.uvm.edu.ve/handle/123456789/323

[20] Ayala Carrasco, Fernando & Zegarra Choque, July. (2022). Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental basado en ISO 14001:2015 para Savar Transporte S.A. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental]. Repositorio Usil]

[21] Cárdenas Obando, M. N., & Villanueva Paz, S. V. (2018). Influencia de la gestión de residuos sólidos como procedimiento de gestión ambiental para reducir el impacto en el medio ambiente en la ciudad de lima metropolitana. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)., Lima, Perú. https://doi.org/10.19083/tesis/624867

[22] Veiga de Cabo, J., de la Fuente Díez, E., & Zimmermann Verdejo, M. (2008). Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. Medicina y Seguridad del Trabajo, 54(210), 76-88. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008000100011

[23] Araujo Castañeda, Y. R. (2017). Propuesta de mejora en el área de gestión ambiental para reducir los costos por la acumulación de residuos sólidos en la empresa Inversiones Harod [Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12859/Araujo%20Casta%c3%b1eda%20Yofre%20Roberto.pdf

[24] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2026). *Resolución de Consejo Directivo N° 00005-2026-OEFA/CD*. Diario Oficial El Peruano. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/9703523/7938713-1-resolucion-de-consejo-directivo-n-005-2026-oefa-cd-version-publicada-en-el-peruano.PDF?v=1774634217