

Propuesta de mejora en la prestación del servicio de recolección y transporte en una empresa del sector de gestión de residuos peligrosos

Autor

Cristhian Camilo Cortez Muñoz

Director

José Luis Campo Mazorra

Ingeniería Industrial

Ingeniería

Ingeniero Industrial

Universidad Santiago de Cali

Cali-2025

Propuesta de mejora en la prestación del servicio de recolección y transporte en una empresa del sector de gestión de residuos peligrosos

Proposal for Improvement in the Collection and Transportation Service in a Hazardous Waste Management Company

Cristhian Camilo Cortez Muñoz^{1*}
Cristhian.cortez00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial (1)

Resumen

La gestión de residuos peligrosos representa un desafío significativo para la salud pública y el medio ambiente en diversas regiones del mundo. A medida que la generación de estos residuos aumenta, se torna imperativo implementar estrategias efectivas que minimicen su impacto negativo. Por esta razón se aborda los desafíos en la planificación y ejecución de los servicios de recolección y transporte de residuos peligrosos en una empresa del sector. A pesar de la utilización de servicios tercerizados (3PL), la empresa enfrenta una desviación del 11 % entre los servicios programados y los ejecutados, generando costos operativos adicionales y afectando su reputación. Mediante la recopilación de datos y la aplicación de la técnica de Pareto, se identifican las causas principales de estas desviaciones donde el 57% está representado en 5 causas (Cubicaje, se cancela el servicio, hora de llegada, no hay montacargas y novedad en el vehículo) y se propone metodología a través del ciclo PDCA para mejorar la efectividad del servicio el cual consta principalmente con definición del objetivo de mejorar un 10% más en el porcentaje de cumplimiento actual, esto se hará por medio de recopilación, análisis de datos y estableciendo actividades correctivas.

Palabras Clave: Residuos peligrosos, recolección de residuos, 3PL, logística tercerizada, eficiencia operativa, planificación logística, negocio principal

Abstract

The management of hazardous waste represents a significant challenge for public health and the environment in various regions of the world. As the generation of these wastes increases, it becomes imperative to implement effective strategies that minimize their negative impact. For this reason, the challenges in planning and executing hazardous waste collection and transportation services in a company in the sector are addressed. Despite the use of outsourced services (3PL), the company faces an 11% deviation between scheduled and executed services, resulting in additional operational costs and affecting its reputation. Through data collection and the application of the Pareto technique, the main causes of these deviations are identified, with 57% represented by five causes (Cubicaje, service cancellation, arrival time, lack of forklifts, and vehicle issues). A methodology is proposed through the PDCA cycle to improve service effectiveness, which primarily includes the definition of the objective to improve the current compliance percentage by 10%. This will be achieved through data collection, analysis, and the establishment of corrective activities.

Keywords: Hazardous waste, waste collection, third-party logistics (3PL), operational efficiency, logistics planning, core business

1. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El autor Barriga (1996) se enfoca en la problemática de la gestión inadecuada de residuos peligrosos en México, donde más del 90% de estos residuos no se trata adecuadamente, lo que resulta en su disposición inapropiada y contaminación del ambiente. Resalta la necesidad de generar estrategias con un enfoque integral que incluya el control de la generación de residuos y la atención a los sitios ya contaminados, sin embargo estos tienen un costo alto, por esta razón concluye la importancia de disminuir la generación de residuos para minimizar los costos de limpieza y enfrentar la problemática de manera efectiva por medio de estrategias integradas con tecnología, salud y participación social.

Zangina & Ali (2021) concluyen que la generación de residuos peligrosos en Nigeria y su gestión inadecuada presentan un desafío significativo para el medio ambiente y la salud pública. recomiendan la minimización de residuos a través de la reducción en la fuente, la reutilización y el reciclaje. Es crucial la implementación y el cumplimiento de las

diversas leyes relacionadas con la gestión de residuos peligrosos en Nigeria. También sugieren la adopción de las mejores tecnologías disponibles y un enfoque integrado para el manejo eficaz de los residuos peligrosos. La participación de todas las partes interesadas, desde los formuladores de políticas hasta los generadores y manejadores de residuos, es vital para asegurar que estos materiales se gestionen de manera sostenible.

Los autores Kumar, et al (2023) expresan que la gestión sostenible de residuos peligrosos es crucial para la protección del medio ambiente y la salud pública, por lo cual, las estrategias de gestión deben alinearse con los modelos de economía circular para maximizar la eficiencia y minimizar los impactos negativos. Además, es necesario un enfoque holístico y global para abordar los desafíos en la gestión de residuos, considerando tanto las políticas nacionales como las convenciones internacionales.

La gestión de desechos peligrosos en instituciones de salud es un desafío crítico que afecta tanto al medio ambiente como a la salud pública. En el Hospital Luis Gabriel Dávila de Tulcán, la aplicación de la logística inversa ha sido estudiada como una estrategia para mejorar la gestión de desechos peligrosos, particularmente aquellos corto-punzantes, como agujas y bisturís (Vera, 2019). Según Vera (2019), la falta de compromiso y responsabilidad social en la gestión de estos desechos ha generado problemas significativos de contaminación. El estudio destaca la importancia de implementar procesos de logística inversa dentro de la cadena de suministro del hospital para optimizar el reciclaje y reutilización de contenedores, lo que no solo reduciría el impacto ambiental, sino que también generaría beneficios económicos. Estos hallazgos sugieren que una gestión adecuada de los desechos peligrosos en los hospitales es fundamental para asegurar un entorno más seguro y sostenible.

El diseño de un servicio logístico y el componente de servicio al cliente para los autores Bobes & Valdés (2014) es de suma importancia para aumentar la eficiencia y competitividad de las empresas, por esta razón se enfocan en un procedimiento detallado para diseñar un servicio logístico orientado al cliente para empresas de servicios, caracterizando el servicio hasta su diseño y retroalimentación pasando por la segmentación del mercado y expectativas del cliente, por eso concluyen y resaltan que es crucial establecer bases para un sistema logístico de cualquier organización por medio de la identificación de los diferentes factores que están inmersos en la prestación del servicio. Es de gran importancia centrar las estrategias empresariales en la experiencia del cliente, destacando cómo los cambios en el comportamiento del cliente están transformando las operaciones de las organizaciones, por esta razón, se debe tener en cuenta la opinión del cliente por que estando en un mercado complejo e incierto es el único que permite conocer la perspectiva de lo que consideran un buen servicio. Debido a esto, es necesario centrarse en el valor a largo plazo, integrar tecnologías digitales para elevar sus niveles de operación, adoptando nuevos modelos organizacionales (Viltard, 2020), lo cual facilita la construcción de un servicio logístico dinámico con empresas fuertes en logística como lo son los 3PL. Comprender los deseos de los clientes y encontrar formas de crear valor para ellos es cada vez más significativo para lograr una ventaja competitiva (Uvet, 2020).

Los operadores logísticos 3PL son proveedores especializados en ofrecer servicios logísticos integrales que incluyen transporte adaptado a diferentes tipos de carga, con opciones de vehículos y sistemas de telemetría para el seguimiento continuo. Cuentan con infraestructuras adecuadas para el almacenamiento, utilizando recursos modernos y sistemas informáticos para el control de inventarios y la trazabilidad de productos. Sus procesos de distribución están respaldados por herramientas de optimización y ruteo, garantizando una ocupación vehicular eficiente. Además, emplean analítica de datos para generar valor, optimizando rutas y costos de transporte, y mejorando la comunicación de información de trazabilidad a los clientes (Pérez, Gómez, & Correa, 2020). Pérez, Gómez, & Correa (2020) expresan que la transición de una empresa al cambio en su logística hacia una tercerización 3PL, debe tener un compromiso total de la dirección, una planificación meticulosa y la implementación de indicadores de gestión que aseguren la eficiencia y satisfacción del cliente, convirtiendo la logística en un factor diferenciador que aporte valor a las organizaciones. Zhang & Okoroafo (2015) denotan la mejora en el rendimiento de la cadena de suministros que traen las empresas 3PL (logística tercerizada), donde se expresa la importancia de integrar esta logística para mejorar la eficiencia, reducir costos y disminuir los tiempos de entrega con mayor flexibilidad y rendimiento, también hacen relevancia a la relación colaborativa que debe existir entre el operador 3PL y la empresa o responsables de la cadena de suministro para alcanzar la eficiencia, es por esto que

concluyen sobre el gran impacto que pueden generar los proveedores 3PL en la cadena de suministro y como pueden convertirse en un aliado estrategico brindando un servicio flexible y beneficioso, sin embargo, la creciente necesidad de las empresas de logística de terceros (3PL) de optimizar sus procesos para mantenerse competitivas en un entorno marcado por la digitalización y la presión por reducir costos. La selección de un proveedor de 3PL a menudo implica un proceso de licitación complicado y laborioso, donde se requiere que ambos lados (el contratante y el proveedor) dediquen un esfuerzo significativo para planificar y calcular precios. Esto puede generar riesgos al no poder verificar la viabilidad logística de diferentes conceptos (Steinbacher, Düe, Veigt, & Freitag, 2023).

La selección de proveedores de servicios logísticos es un desafío complejo y crucial para las empresas, especialmente cuando se considera el riesgo operacional. (Tabares Urrea, Ramírez Flórez, & Gómez Osorio, 2020) proponen una metodología basada en el AHP difuso y TOPSIS para la selección de proveedores 3PL en el transporte terrestre de mercancías. Esta metodología permite evaluar múltiples criterios relevantes, incluyendo calidad, costo, confiabilidad y riesgo operacional, para garantizar la mejor decisión de contratación (Tabares-Urrea, Ramírez-Flórez, & Osorio-Gómez, 2020). La aplicación de esta metodología en una empresa manufacturera del Valle del Cauca, Colombia, demostró su efectividad y relevancia, proporcionando una herramienta robusta para la toma de decisiones estratégicas en la contratación de proveedores logísticos. Por otra parte, los autores Quinteros & González (2019) se enfocan en un estudio que desarrolla un procedimiento para evaluar el desempeño integral de los procesos logísticos en una cadena de suministro, usando el indicador NDIPL. Se identifican problemas en compras, servicio al cliente y transporte interno, abordados mediante el método ANP, que considera interacciones y dependencias entre procesos. Se proponen mejoras en el transporte, contratos con proveedores y verificación de facturas, logrando una mejora del NDIPL de 0.80 a 0.87, lo que demuestra la efectividad del enfoque para optimizar el desempeño logístico.

Otros autores como Fonseca, Torres, & Barrera (2022) establecen objetivos para optimizar el proceso logístico mediante la implementación de la metodología de manufactura esbelta (Lean Manufacturing) en un centro de distribución. Se busca mejorar indicadores clave, como el cumplimiento de entregas "on time", que se encuentra en un 89% frente a la meta del 95%. Los problemas actuales incluyen sobrecostos derivados de horas extras, transporte, papelería e insumos, y otros factores operativos. La investigación se basa en un diagnóstico del flujo de procesos y la identificación de "mudas" (desperdicios) a través del Mapa de Flujo de Valor (VSM) para identificar actividades sin valor agregado, logrando una reducción del 60% en costos operativos y mejoras en la calidad de vida del personal a través de menos horas extras y mayor eficiencia en el flujo de procesos. Mejorar los procesos logísticos esta difrectamente relacionado con la fidelización de los clientes, lo que a su vez, incrementara los ingresos, es por esta razon que los autores Mejía, Rivera, & Tovar (2019)abordan la implementación de mejoras en los procesos, enfocándose en optimizar la gestión de inventarios y aumentar la satisfacción del cliente. Identifican problemas como la inadecuada ubicación de productos, falta de señalización y escasa capacitación del personal, que han llevado a altos costos por devoluciones y desorganización en los despachos. A través de una metodología descriptiva e inductiva, se propone un plan de mejora basado en el ciclo PHVA, que incluye la capacitación del personal, la rotulación de estanterías y la optimización del proceso de picking. Las conclusiones destacan la necesidad de implementar políticas claras y la importancia de una logística eficiente para incrementar la competitividad y fidelización.

Los residuos peligrosos, comúnmente conocidos como RESPEL, son aquellos desechos que, por sus características intrínsecas como corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad o inflamabilidad, pueden representar riesgos significativos para la salud humana o el medio ambiente. Estos residuos pueden presentarse en forma sólida, semisólida, líquida o gaseosa, y a menudo se almacenan en contenedores, como cilindros de gas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, n.d)

La gestión de residuos sólidos es un desafío complejo que requiere soluciones eficientes para minimizar los costos y el impacto ambiental. Un estudio reciente realizado por Davila Gomez & Espinoza Diaz (2022) aborda este desafío mediante una revisión sistemática de diversas técnicas de enrutamiento vehicular aplicadas a la gestión de residuos sólidos. Este estudio revisa las técnicas de programación lineal, algoritmos genéticos y el problema del vendedor ambulante, demostrando que la aplicación de estas técnicas puede optimizar significativamente las rutas de recolección,

reduciendo las distancias recorridas, los tiempos de viaje y los costos operativos. El estudio de Davila Gomez & Espinoza Diaz (2022) resalta la importancia de seleccionar el tipo adecuado de vehículo y contenedor, ya que influye directamente en los costos operativos y las emisiones generadas

Planteamiento del problema

Actualmente el mercado genera la necesidad de la tercerización por medio de los servicios 3PL (Third Party Logistics) la cual podría reducir eficazmente los costos logísticos, como el incremento de servicios adicionales y las demoras en la prestación del servicio. La gran mayoría de empresas se esfuerzan por solucionar este problema y centrarse únicamente en las actividades de su core business de sus negocios e identificar contratistas para llevar a cabo diferentes actividades. Los procesos logísticos son una de las áreas que se subcontratan con mayor frecuencia (Kmiecik, 2022), Una gestión logística eficiente puede disminuir los costos generales, minimizar los conflictos en las operaciones internas y mejorar la experiencia al cliente; Hoy en día la logística se encarga de que las rutas sean más eficientes, más cortas, duren menos tiempo en realizar el transporte y por ende reducir el costo, que es una cantidad muy representativa en el precio final de un producto o servicio (Iza, Albán, Cisneros, & Molina, 2022) . Los costos logísticos se cuantifican en unidades monetarias, reflejando el uso de recursos en una actividad o proceso logístico. (Castro, Ospina, & Camelo, 2016). La calidad, el valor y la satisfacción son reconocidos como las principales evaluaciones de las experiencias de consumo, midiendo aspectos de la interacción del cliente con los productos o servicios (Francés, Saura, & Blasco, 2009).

La eficiencia de los servicios de recolección y transporte de residuos peligrosos enfrenta desafíos significativos por la particularidad del material que transporta (volumen, tipo de embalaje y peso) los cuales también presentan diferentes tipos de peligrosidad dependiendo de sus componentes químicos o remanente de sustancias que puedan presentar tales como: explosivos, gases, líquidos inflamables, sólidos inflamables, sustancias comburentes y peróxidos orgánicos, sustancias tóxicas e infecciosas, material radiactivo, sustancias corrosivas y sustancias y objetos peligrosos (Cistema – ARL SURA, s.f.), entre los cuales podemos mencionar los de mayor frecuencia y kilogramos aproximados diarios. Ver

Tabla 1

Tabla 1 Tipos de residuos recolectados por día

Nombre del residuo	Peligrosidad	Tipo de Embalaje	Kg
Alcohol al 96%	Inflamable	Bidon	267
Amalgamas	Tóxico	Bolsas	28
Cal sodada	Corrosivo	Bolsas	38
Coctel de colorantes	Tóxico	Bidon	56
Envases vacíos de reactivos químicos	Inflamable, corrosivo, tóxico	Bolsas	250
Fibra de vidrio	Misceláneo	Bolsas o Big bags	670
Filtros de aceite y aire	Inflamable, tóxico	Canecas o Big bags	346
Líquido fijador	Corrosivo, tóxico	Bidon	127
Lodos contaminados con hc	Inflamable	Canecas	5.600
Mezcla de respel líquidos de laboratorio	Inflamable, corrosivo, tóxico	Bidon	345
Plaguicidas	Tóxico	Bolsas	17
Reactivos	Inflamable, corrosivo, tóxico	Bidon	89
Recipiente contaminado con químicos y/o reactivos	Inflamable, corrosivo, tóxico	Bolsas o Big bags	300
Recipientes de plásticos impregnados con fluidos	Tóxico	Bolsas o Big bags	120
Residuos de pintura	Inflamable, tóxico	Cajas	800
Sólidos contaminados con ácido	Corrosivo	Bolsas o Big bags	1.200
Sólidos contaminados con hidrocarburos	Inflamable	Bolsas o Big bags	1.560
Sólidos contaminados con plomo	Tóxico	Bolsas o Big bags	1.890
Tierra contaminada con hidrocarburo - acpm	Inflamable	Canecas	870
Total general			14.573

Fuente. Elaboración propia

La empresa cuenta con una flota de 2 vehículos tipo sencillo con capacidad de 8 toneladas y 1 turbo con capacidad de 4.5 toneladas como peso nominal con furgones adaptados para realizar transporte de todo residuo peligroso (Respel) exceptuando explosivos y radiactivos, dedicados en la operación por medio de un servicio tercerizado especializado de

recolección (3PL), La planificación de los servicios se lleva a cabo con un día de anticipación, momento en el cual se verifica en la plataforma de la empresa los tipos de residuos, cantidades por tipo de embalaje y kilogramos reportadas por los clientes. Además, se realiza una llamada telefónica para asegurar que la información sea precisa. Sin embargo, muchos clientes aún no tienen conciencia sobre la importancia de reportar cantidades exactas o al menos aproximadas, lo cual es crucial para programar el número de visitas y calcular la cantidad de kilogramos recolectar diariamente por vehículo, la empresa maneja dos factores para los servicios de recolección, primero, programar vehículo de manera óptima con la mayor cantidad de kilogramos posibles independientemente si la cantidad de clientes a visitar es 1 o 2, segundo, visitar la mayor cantidad de clientes (mayor a 4) aunque la cantidad de kilogramos no sea el esperado, dado que este último lo miden como efectividad o alcance de clientes ejecutados. aproximadamente entre el 25% y el 30% de los servicios programados cada mes no se ejecutan según lo previsto. Esta desviación entre la planificación y la ejecución de los servicios genera no solo costos operativos adicionales los cuales se estiman en 9 millones mensuales, sino que también amenaza la reputación y competitividad de la compañía, es por esto, la importancia de definir la capacidad que tiene una empresa para recopilar y transformar datos en información útil relevante que facilite la toma de decisiones (Francés, Saura, & Blasco, 2009) por medio de metodologías de análisis

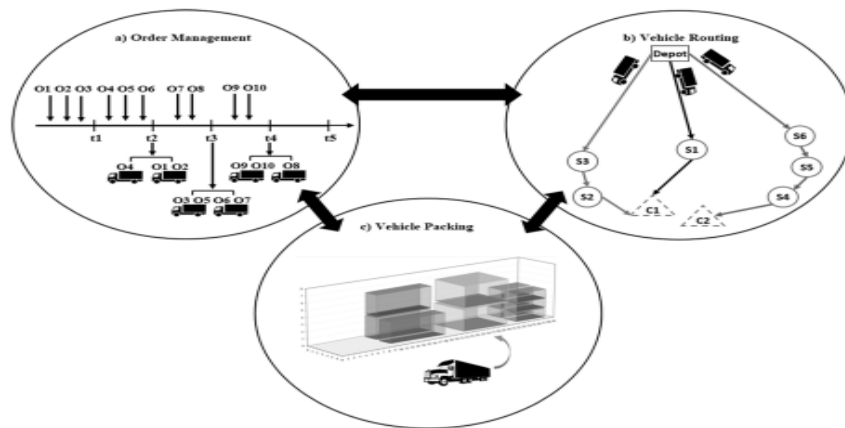
Este problema es de importancia crítica, ya que compromete no solo la rentabilidad y competitividad, sino también su compromiso con la excelencia en la prestación de servicios medioambientales. Además, en un contexto donde la responsabilidad ambiental está sujeta al manejo adecuado de los residuos para minimizar los riesgos sobre la salud humana y el ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2005) y la confianza del cliente son primordiales, abordar estas diferencias entre la programación y la ejecución de los servicios se convierte en una necesidad apremiante.

¿Cómo afecta la desviación entre la programación y la ejecución de los servicios de residuos peligrosos a los costos operativos y reputación en el mercado?

Justificación

La tercerización de servicios logísticos, particularmente a través de proveedores 3PL, se ha consolidado como estrategia clave para muchas empresas que buscan reducir costos y concentrarse en sus actividades principales. Sin embargo, en el ámbito específico de la recolección y transporte de residuos peligrosos, esta práctica se expone contantemente a nuevos retos que afectan la eficiencia y la reputación de las empresas, por esto la necesidad también de comprender los 3 factores más relevantes que componen los servicios 3PL que se relacionan entre sí, gestión de pedidos, rutas de vehículos y embalaje de vehículos. Estos tres componentes se ilustran esquemáticamente en la **Fig. 1**.

Figura 1 Componentes principales del servicio 3PL



Fuente: Adaptado de (Pooya & Lash, 2024)

Estos componentes significan que el proveedor logístico de terceros (3PL) recibe las demandas de un fabricante a través de una orden de compra. El 3PL procesa este pedido y organiza el transporte de las mercancías desde el proveedor

hasta el fabricante utilizando un vehículo de su flota de reparto. Este aspecto de la gestión de pedidos se muestra en la **Fig 1a**. Un solo vehículo de entrega puede transportar la carga de varios pedidos de diferentes al mismo tiempo, especialmente si esto permite al 3PL reducir costos. Por lo tanto, es esencial planificar cuidadosamente la ruta de cada vehículo de la flota (**Fig 1b**) y cómo se empaquetan los pedidos en los vehículos para la entrega (**Fig 1c**). (Pooya & Lash, 2024)

Este artículo se justifica por la necesidad urgente de abordar y resolver las desviaciones entre la programación y la ejecución de los servicios logísticos tercerizados en la recolección y transporte de residuos peligrosos en la empresa analizada. La desviación en la ejecución de estos servicios no solo aumenta los costos operativos, sino que también daña la reputación de la empresa, comprometiendo su capacidad de cumplir con los estándares ambientales y las expectativas de los clientes donde la gestión integral de residuos es primordial que se efectúe de manera oportuna con una logística eficiente, lo que implica que cualquier retraso o servicios no ejecutados en los tiempos planificados puede tener consecuencias graves para la salud pública, el medio ambiente y sanciones.

Objetivo general

Proponer mejora en la prestación del servicio de recolección y transporte en una empresa del sector de gestión de residuos peligrosos

Objetivos específicos

- Recopilar datos de los servicios de recolección de residuos peligrosos industriales programados que no se ejecutan
- Definir metodología para diagnosticar las causas más relevantes que generan que no se ejecute el servicio de recolección programado
- Diseñar metodología innovadora para optimizar la eficiencia en el proceso de recolección y transporte de residuos industriales peligrosos

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, con el objetivo de proponer mejoras en la prestación del servicio de recolección y transporte en una empresa del sector de gestión de residuos peligrosos. A continuación, se describen los pasos y métodos utilizados para abordar cada uno de los objetivos específicos planteados:

Recopilación de datos:

Instrumento: Se utilizará un informe como la principal fuente de datos brindado por el área de Experiencia al Cliente. Este informe contiene un histórico de los factores o causas que han generado recolecciones fallidas de residuos peligrosos industriales desde agosto de 2023 hasta febrero de 2024 debido que solo en este rango de fecha la empresa cuenta con datos cuantitativos

Método: Se realizará una revisión detallada de los datos disponibles para comprender la causal de los servicios programados que no se ejecutaron, lo que permitirá clasificar y organizar la información para un análisis posterior.

Diagnóstico de causas:

Instrumento: Se aplicará la técnica de análisis de Pareto para identificar las causas que contribuyen al 80% de las fallas en las recolecciones.

Método: Las causas identificadas con mayor participación se agruparán y se analizarán en términos de su frecuencia y severidad, lo cual servirá como base para la propuesta de mejoras.

Propuesta de mejora:

Instrumento: Se diseñará una metodología de mejora basada en los principios de la gestión de calidad y mejora continua, utilizando técnicas como el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act)

Método: La metodología propuesta se socializará con todo el equipo operativo, presentando tanto las causas detectadas como las soluciones o buenas prácticas recomendadas. Se establecerá un indicador de desempeño que medirá el porcentaje de cumplimiento de los servicios programados post-implementación de las mejoras, lo que permitirá evaluar la efectividad de estas en el tiempo

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

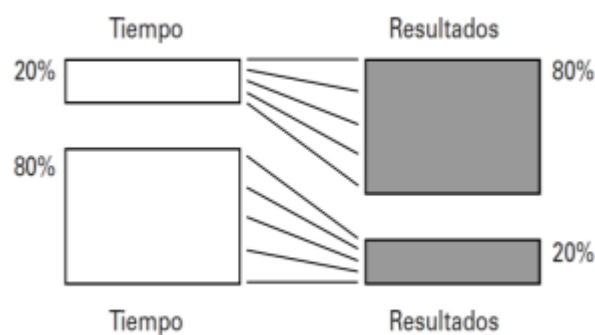
Frecuencia de Causas de Recolecciones Fallidas

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis de datos sobre las causas de las recolecciones fallidas, basados en el informe proporcionado por el área de Experiencia al Cliente, sin embargo, actualmente esta información se sigue tomando como registro de evidencias mas no tiene otra finalidad que pueda permitir identificar y mejorar el proceso de la empresa sujeta de estudio, por esta razón por medio de una técnica que permite priorizar las causas que generan mayor impacto en el proceso de recolección de residuos peligrosos se busca reducir los costos logísticos e impactos negativos que generan para los clientes . El periodo analizado abarca desde agosto de 2023 hasta febrero de 2024 con un total de 2630 datos de los cuales 299 (11%) corresponden a registros tipificados en 19 factores o causas de servicios fallidos.

Presentación de la técnica de Pareto

Un problema muy frecuente al que se exponen las personas es que dedican gran parte de su tiempo a problemas secundarios (apagando incendios) en lugar de enfocarse en unas pocas actividades cruciales. Esto provoca acumulaciones regulares que pueden convertirse en problemas mayores, perturbando o dificultando las actividades de las compañías. Además, de manera inversa, también ocurren períodos de inactividad o pérdida de tiempo, lo que resulta que el flujo no sea uniforme (Puchol, 2003 Citado por Barrientos, Fernández, & Oropeza, 2022). Los autores Barrientos, Fernández, & Oropeza (2022), expresan que de manera opuesta, se observa que el 20 por ciento del tiempo produce el 80 por ciento de los resultados, conforme a la Ley de Pareto. Esto implica que la mayor parte del tiempo se debe dedicar a actividades o tareas de menor importancia y productividad, mientras que solo un 20 por ciento del tiempo se destina a asuntos realmente relevantes como se observa en la **Fig. 2**.

Figura 2 Principio de Pareto 80/20



Fuente: Adaptado de (Puchol, 2003 Citado por Barrientos, Fernández, & Oropeza, 2022)

Es así que por medio de este principio de Pareto se busca conocer los factores que están generando un desgaste operativo por lo que no se efectúa el servicio programado generando recolecciones fallidas, se desea aprovechar el tiempo de trabajo para enfocarse en actividades que permitan mejorar la prestación del servicio para satisfacer al cliente y disminuir costos adicionales relacionados.

Identificación de las causas más frecuentes

En los últimos cinco meses del año 2023, se registraron un total de 205 incidentes de recolecciones fallidas, ver **Tabla**

1, con un promedio aproximado de 41 incidentes por mes. En los dos primeros meses de 2024, se registraron 94 incidentes, lo que representa un promedio de 47 incidentes por mes. Esta comparación muestra que, en promedio, los incidentes mensuales de recolecciones fallidas han aumentado ligeramente en 2024. Esto indica que, aunque la cantidad total de incidentes es menor debido al período más corto de análisis, la frecuencia de los fallos sigue siendo alta y necesita atención urgente.

Tabla 2. Tipificación de causas de servicios fallidos

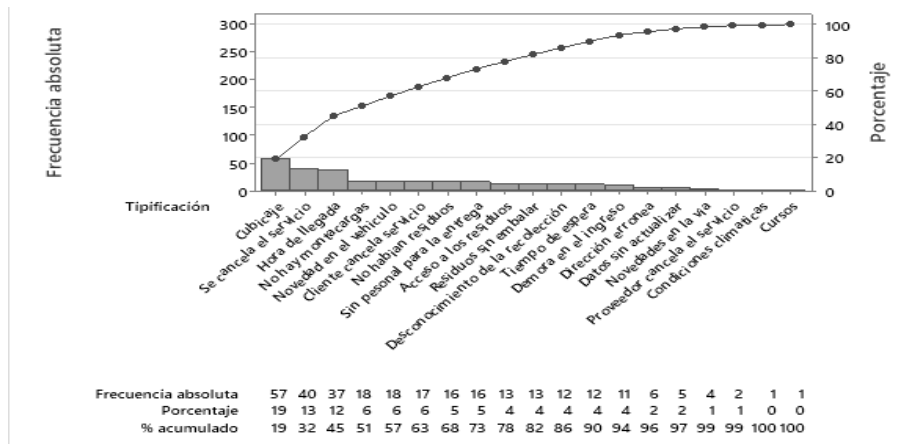
Tipificación	2023	2024
Cubicaje	39	18
Se cancela el servicio	35	5
Hora de llegada	25	12
No hay montacargas	14	4
Novedad en el vehículo	10	8
Cliente cancela servicio	11	6
No habian residuos	11	5
Sin personal para la entrega	11	5
Acceso a los residuos	3	10
Residuos sin embalar	6	7
Desconocimiento de la recolección	12	0
Tiempo de espera	10	2
Demora en el ingreso	5	6
Dirección errónea	4	2
Datos sin actualizar	4	1
Novedades en la vía	3	1
Proveedor cancela el servicio	0	2
Condiciones climáticas	1	0
Cursos	1	0
Total general	205	94

Fuente. Elaboración propia

A pesar de que 2024 abarca solo dos meses, la cantidad de incidentes aún es significativa. Si se extrapolan estos datos, la frecuencia anual podría ser comparable o incluso mayor que la de 2023, lo que indica problemas persistentes, problemas como el cubicaje, hora de llegada, y la falta de equipos como montacargas siguen siendo críticos y necesitan soluciones más efectivas. Estos problemas están directamente relacionados con la planificación inadecuada de las rutas y la falta de coordinación entre los equipos involucrados en el proceso de recolección. Implementar soluciones para optimizar estas áreas permitirá no solo reducir la frecuencia de las fallas, sino también disminuir los costos adicionales generados por la reprogramación de los servicios y la insatisfacción de los clientes.

Causas Principales

Figura 3. Diagrama de Pareto tipificación de servicios fallidos



Fuente. Elaboración propia

Dado que las 5 causas principales representan una proporción significativa de los incidentes (57%), indicando que más de la mitad de los problemas se concentran en estos factores (Cubicaje, se cancela el servicio, hora de llegada, no hay montacargas y novedad en el vehículo), las medidas correctivas deben enfocarse principalmente en optimizar el cubicaje, mejorar la coordinación y comunicación para evitar cancelaciones y ajustar los horarios de llegada.

La importancia de conocer el comportamiento de los datos que nos arroja un proceso es que permite tomar decisiones informadas, identificar problemas y oportunidades, medición de eficiencia, mejora continua y cumplimiento de objetivos, es por esta razón que se propone llevar a cabo la siguiente metodología.

Metodología propuesta (Análisis de la evolución del indicador a lo largo del tiempo)

La presente metodología propone un enfoque integral para mejorar el proceso de prestación de servicios, utilizando herramientas analíticas como el cálculo del porcentaje de cumplimiento y el diagrama de Pareto. A través de la recopilación y análisis de datos, se busca establecer un diagnóstico preciso de las deficiencias en el servicio y priorizar las áreas de mejora. La implementación de un plan de acción basado en los hallazgos permitirá a la empresa optimizar sus operaciones, minimizar los servicios fallidos y, en última instancia, elevar la calidad del servicio ofrecido, con base a los resultados obtenidos se puede determinar que la empresa cuenta con parte de la información que requiere para mejorar su servicio pero no ha establecido un método efectivo para llevar a cabo y medir la evolución del mismo. Por medio de la técnica conocida como el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) se establecen las siguientes fases para mejora del proceso.

Planear

Definición de Objetivos: Incrementar el porcentaje de cumplimiento de los servicios programados en un 10% en los próximos 6 meses y utilizar los datos obtenidos para realizar un análisis profundo y ajustar las rutas de recolección, eliminando los problemas más frecuentes que generan recolecciones fallidas

De esta manera se busca atacar los problemas que han generado mayor cantidad de incidentes, como el cubicaje, cancelación del servicio, hora de llegada y disponibilidad de montacarga.

Hacer

Recopilación de datos detallados: Mantener un registro detallado en Excel de todos los servicios programados, incluyendo:

- Fecha y hora del servicio
- Nombre del cliente

- Tipificación del servicio: Especificar claramente el estado final del servicio.

Si se ejecutó sin problemas, se debe registrar “sin novedad”, por otra parte, si hubo una novedad, especificar la causa como: cubicaje, se cancela el servicio, hora de llegada, no hay montacargas, novedad en el vehículo, cliente cancela el servicio, no había residuos, sin personal para la entrega

- Observación detallada: Especificar en un mensaje corto la novedad identificada para mayor claridad

Análisis de datos: Realizar tabla dinámica en Excel para consolidar los datos obtenidos y generar grafica de Pareto para identificar las causas de mayor participación que están generando los servicios fallidos, para tomar acción específica según sea su tipo de causal.

Una vez identificadas las causales de mayor participación, se deben establecer actividades correctivas para mejorar cada una de manera individual, debido a que tienen particularidades muy distintas.

Cálculo del Indicador de Cumplimiento: Mensualmente, calcular el porcentaje de cumplimiento utilizando la fórmula. Ver **Figura 4**

Figura 4. Formula del indicador

$$\text{Indicador de Cumplimiento(\%)} = \left(\frac{\text{Número de servicios completados}}{\text{Total de servicios programados}} \right) \times 100$$

Fuente. Elaboración propia

Se debe mantener el registro constante y oportuno de todos los servicios, esto permitirá obtener datos precisos sobre la evolución del servicio en tiempo real.

Verificar

Análisis de la Evolución del Indicador: Crear grafico de líneas de tendencia o de barras especificando en el eje “X” los meses y en el eje “Y” el porcentaje de cumplimiento del indicador, esto permitirá conocer la evolución del indicador para evaluar las fluctuaciones y tendencias que se van generando con el pasar del tiempo.

Actuar

Finalmente, en esta fase, se realizarán evaluaciones periódicas para medir el impacto de las acciones implementadas y determinar si los objetivos se están cumpliendo. En los primeros meses, las evaluaciones se realizarán quincenalmente para asegurar que las correcciones se implementarán rápidamente, y más adelante, a medida que las mejoras se consoliden, se extenderán a intervalos mensuales.

Al identificar resultados positivos por medio de una reducción significativa en los servicios fallidos se continuará con el mismo ciclo, sin embargo, en todo proceso surgen nuevos puntos de mejora que se trabajaran en el siguiente ciclo del PDCA, asegurando que el proceso de mejora continuara de forma constante. De lo contrario, se debe realizar una reestructuración de los objetivos definidos y validar que cada punto del ciclo se este cumpliendo a cabalidad porque de esto dependerá el resultado efectivo de la metodología.

4. CONCLUSIONES

En conclusión, la gestión efectiva de la recolección y transporte de residuos peligrosos se revela como un factor crítico en el ámbito de la sostenibilidad ambiental y la salud pública. A lo largo de este estudio, se ha identificado una notable desviación del 11% entre los servicios programados y los realmente ejecutados, lo que genera costos operativos adicionales y repercute negativamente en la reputación de la empresa. La aplicación de herramientas analíticas, como la técnica de Pareto y el ciclo PDCA, la aplicación del principio de Pareto permite enfocar los recursos en los factores que más requieren tener detalle o que requieren atención urgente. La implementación de soluciones eficaces para optimizar

los procesos, basadas en los hallazgos de este análisis, contribuirá a reducir los costos operativos, minimizar la reprogramación de servicios y mejorar la satisfacción del cliente, esto permitió desglosar a 5 causas fundamentales de estas desviaciones que representan el 57%, facilitando el enfoque para desarrollo de estrategias de mejora concretas. A medida que se continúe con el seguimiento y evaluación de las acciones correctivas, es fundamental mantener un enfoque constante en la mejora continua. Con un proceso sistemático de análisis, acción y ajuste, se puede lograr una prestación de servicio más eficiente, alineada con los objetivos estratégicos de la empresa, y un impacto positivo tanto en los clientes como en los costos operativos

Los resultados evidencian que la optimización de los procesos logísticos no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también promueve un compromiso social y ambiental robusto. Además, se destaca la importancia de una planificación adecuada y la recopilación de datos precisos para la toma de decisiones informadas, lo que es esencial para cumplir con las normativas ambientales y satisfacer las expectativas de los clientes.

Por lo tanto, la implementación de la metodología propuesta no solo busca elevar la calidad del servicio ofrecido, sino también garantizar que las empresas se adapten a un entorno en constante cambio, asegurando la sostenibilidad y la competitividad en el mercado de gestión de residuos peligrosos.

5. REFERENCIAS

- Barrientos, A. D., Fernández, A. d., & Oropeza, A. G. (2022). *Decisiones gerenciales bajo el Principio de Pareto*. Obtenido de <https://www.uv.mx/iiesca/files/2022/10/02CA2022-1.pdf>
- Castro, J. A., Ospina, Y. I., & Camelo, N. S. (2016). *Costos logísticos y metodologías para el costeo en cadenas de suministro una revisión de la literatura*. Cundinamarca, Bogota. doi:10.11144/Javeriana.cc17-44.clmc
- Cistema – ARL SURA. (s.f.). *ARL SURA*. Obtenido de https://www.arlsura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=47
- Davila Gomez, K. M., & Espinoza Diaz, V. J. (2022). *Revisión sistemática: Técnicas de solución para el problema de enrutamiento vehicular en la gestión de residuos sólidos*. Universidad Cesar Vallejo - Repositorio digital institucional. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104091?locale-attribute=es>
- Fonseca, E. E., Torres, L. T., & Barrera, J. F. (2022). *Propuesta de mejora para la Reducción de los sobrecostos en el proceso logístico del Centro*. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3290>
- Francés, D. S., Saura, I. G., & Blasco, M. F. (2009). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1135252312600999>. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1135252312600999>
- Iza, D. R., Albán, R. E., Cisneros, V. A., & Molina, P. G. (2022). *Proceso de diseño y planificación de rutas de transporte para mejorar los tiempos de entrega*. Polo del Conocimiento. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8399926>
- Kmiecik, M. (2022). *Logistics Coordination Based on Inventory Management and Transportation Planning by Third-Party Logistics (3PL)*. Sustainability. doi:<https://doi.org/10.3390/su14138134>
- Kumar, A., Thakur, A. K., Gaurav, G. K., Klemeš, J. J., Sandhwar, V. K., Pant, K. K., & Kumar, R. (2023). *A critical review on sustainable hazardous waste management strategies: A step towards a circular economy*. Environmental Science and Pollution Research. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-023-29511-8>
- Mejía, J. M., Rivera, K. A., & Tovar, L. C. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN LOS PROCESOS LOGÍSTICOS PARA LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE SEGURIDAD IPC COLOMBIA*. Cali. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/d0b536d3-19a7-48a2-8ad7-b577b9d3edd5/content>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (n.d). *minambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/residuos-peligrosos/>
- Pérez, C. F., Gómez, M. C., & Correa, M. V. (2020). *Propuesta de modelo para la transición de operador logístico 1PL a 3PL*. Medellín. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/648782981/Propuesta-de-Tercerizacion-3PL>
- Pooya, A. A., & Lash, M. T. (2024). *The third party logistics provider freight management problem: a framework and deep reinforcement learning approach*. Annals of Operations Research. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-024-05876-y>
- Quinteros, P. R., & González, J. A. (2019). *Desempeño integral de los procesos logísticos en una cadena*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6807951>
- Steinbacher, L. M., Düe, T., Veigt, ., & Freitag, M. (2023). *Automatic modelgenerationfor material flowsimulations of Third-Party Logistics*. Journal of Intelligent Manufacturing. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-023-02257-3>
- Tabares Urrea, N., Ramírez Flórez, G., & Gómez Osorio, J. C. (2020). *AHP difuso y TOPSIS para la selección de un proveedor 3PL considerando el riesgo operacional*. Revista EIA. doi:<https://doi.org/10.24050/reia.v17i33.1329>
- Uvet, H. (2020). *Importance of Logistics Service Quality in Customer Satisfaction: An Empirical Study*. OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. Obtenido de <https://www.journal.oscm-forum.org/publication/article/importance-of-logistics-service-quality-in-customer-satisfaction-an-empirical-study>
- Vera, D. K. (2019). *Análisis de la logística inversa aplicada a desechos peligrosos generados por el Hospital Luis Gabriel Dávila de la ciudad de Tulcán*. Horizontes de Enfermería. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/338379932_Analisis_de_la_logistica_inversa_aplicada_a_desechos_peligrosos_generados_por_el_hospital_Luis_Gabriel_Davila_de_la_ciudad_de_Tulcan
- Viltard, L. A. (2020). *Foco en la Experiencia del Cliente. Qué, por qué y cómo de este paradigma estratégico y organizacional, con un epílogo sobre la economía circular*. Obtenido de <https://www.scielo.org.ar/pdf/ccedce/n114/1853-3523-ccedce-114-113.pdf>
- Zangina, A. S., & Ali, A. F. (2021). *Una visión general de la gestión de residuos peligrosos en Nigeria*. Dutse Journal of Pure and Applied Sciences. doi:<https://dx.doi.org/10.4314/dujopas.v7i4b.22>