

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“Aplicación de la metodología Lean Logistics para mejorar la eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título

profesional de:

Ingeniera Industrial

**Autor:**

Paula Virginia Gutierrez Olano

**Asesor:**

MBA Walter Agustín Meza Rímac  
<https://orcid.org/0000-0001-8250-4437>

Trujillo - Perú

## INFORME DE SIMILITUD



Página 2 of 85 - Integrity Overview

Identificador de la entrega trn:oid::1-3249090121




### 15% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

#### Filtered from the Report


- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

#### Top Sources

- 13%  Internet sources
- 5%  Publications
- 9%  Submitted works (Student Papers)

#### Integrity Flags

##### 1 Integrity Flag for Review

-  **Hidden Text**  
4 suspect characters on 1 page  
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## DEDICATORIA

La presente investigación, es dedicada con mucho cariño a tres personas que han marcado mi existencia; mi padre Teodoro Gutiérrez Amador, quien desde el cielo guía mi caminar y bendice cada uno de mis logros, a mi madre María Olano Maguiña, quien con su presencia me fortalece y apoya cada una de mis metas y a mi hijita Sophya Riveros Gutiérrez que es el motor y motivo de cada día de mi existir.

## **AGRADECIMIENTO**

Un especial agradecimiento a la Municipalidad de la Esperanza, por permitirme ser parte de su círculo de colaboradores dándome la oportunidad de explorar nuevos campos profesionales

## Tabla de contenidos

<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Proyección de generación de residuos sólidos .....	17
Tabla 2	Rutas para recolección de residuos.....	46
Tabla 3	Vehículos para transporte de residuos .....	48
Tabla 4	Indicadores previos a la implementación .....	53
Tabla 5	Indicadores posteriores a la implementación .....	57
Tabla 6	Análisis comparativo de los resultados antes y después .....	61
Tabla 7	Ingresos económicos .....	62
Tabla 8	Egresos económicos .....	64
Tabla 9	Flujo de Caja Económico .....	66
Tabla 10	Indicadores económicos .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Distrito de La Esperanza-Trujillo .....	10
Figura 2	Organigrama de la Municipalidad.....	12
Figura 3	VSM del proceso de recolección de residuos .....	36
Figura 4	Organización del equipo .....	38
Figura 5	Formato de revisión de no conformidades en el proceso de recolección.....	39
Figura 6	Flujograma del proceso de transporte de residuos .....	41
Figura 7	Cronograma de capacitación al personal.....	42
Figura 8	Tarjetas Kanban .....	43
Figura 9	Evidencia del uso de tarjetas Kanban.....	44
Figura 10	Servicio de recolección de residuos .....	45
Figura 11	Optimización de rutas de recolección de transporte .....	45
Figura 12	Coordinaciones para mejorar servicio de transporte de residuos.....	49
Figura 13	Formato de supervisión para transporte de residuos .....	50
Figura 14	Cronograma de supervisión para transporte de residuos.....	51
Figura 15	Evidencia de supervisión del transporte de residuos.....	52
Figura 16	Evolución de la eficiencia en el periodo previo a la implementación.....	54
Figura 17	Evolución del aprovechamiento de la carga en el periodo previo .....	55
Figura 18	Evolución del aprovechamiento de tiempo en el periodo previo .....	55
Figura 19	Evolución del costo por kilómetro en el periodo previo a la implementación...	56
Figura 20	Evolución de la eficiencia en el periodo posterior a la implementación.....	58
Figura 21	Evolución del aprovechamiento de la carga en el periodo posterior .....	59
Figura 22	Evolución del aprovechamiento de tiempo en el periodo posterior .....	59
Figura 23	Evolución del costo por kilómetro en el periodo posterior .....	60

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de eficiencia.....	29
Ecuación 2 Cálculo del coeficiente de aprovechamiento de la carga (AC).....	31
Ecuación 3 Cálculo del coeficiente de aprovechamiento de tiempo (AT) .....	31
Ecuación 4 Cálculo del costo por kilómetro (Cm/k) .....	32

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia tuvo como objetivo general aplicar la metodología Lean Logistics para mejorar la eficiencia del transporte de residuos de la municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024. Para ello fue necesario como primera etapa, realizar el mapeo del flujo de valor con VSM, luego efectuar mejoras de procesos Kaizen, posteriormente efectuar la coordinación de recolección de residuos con herramienta Kanban, luego la optimización de rutas con enfoque Just In Time. Los resultados evidenciaron que luego de la aplicación de la metodología Lean Logistics, se evidenciaron mejoras significativas en el transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo. La eficiencia aumentó de 90.93% a 95.05%, optimizando los procesos operativos. El aprovechamiento de la carga pasó de 87.19% a 92.78%, maximizando la capacidad de los vehículos. Asimismo, el aprovechamiento del tiempo mejoró de 18.05 km/h a 19.7 km/h, agilizando los recorridos. Finalmente, el costo por kilómetro se redujo de S/ 65.67 a S/ 56.27, generando un ahorro de S/ 9.40 por km. La mejora fue altamente rentable, con un VAN de S/ 296,475, una TIR del 14.60% y un B/C de 3.06, asegurando beneficios superiores a la inversión. Además, el retorno se logró en 7.52 meses, validando la eficiencia de Lean Logistics en la reducción de costos y optimización operativa. Estos resultados reflejaron un sistema más eficiente, rentable y sostenible. Por tanto, se concluye que la metodología Lean Logistics con herramientas como VSM, Kanban, Kaizen y Poka-Yoke, sí lograron mejorar la eficiencia del transporte de residuos de la municipalidad materia de estudio.

**Palabras clave:** Lean Logistics, eficiencia del transporte, residuos sólidos, Municipalidad de La Esperanza.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

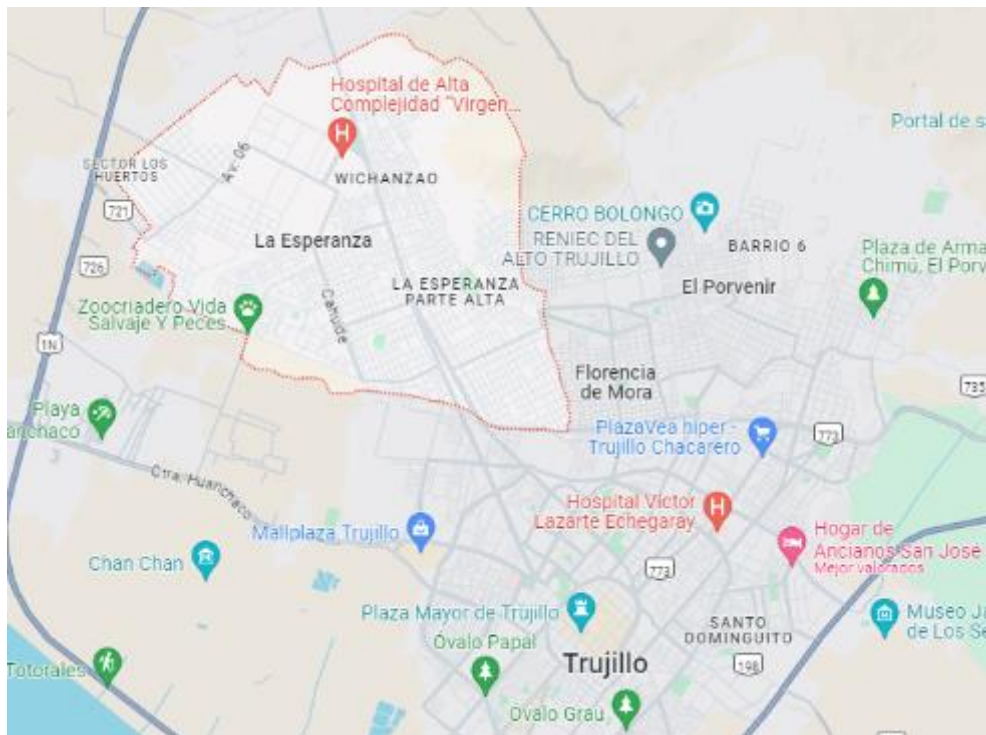
### 1.1. Antecedentes de la empresa

#### Información general de la municipalidad distrital

El distrito La Esperanza corresponde a uno de los 11 distritos de la provincia de Trujillo, que se encuentra en el departamento La Libertad; además, cuenta con 12.55 km<sup>2</sup> de superficie y fue creado el 29 de enero de 1965. En los últimos años el distrito ha crecido en gran medida debido al incremento de la población en Trujillo, en tanto que se cuenta con importantes organizaciones de servicios y actividades económicas e industriales en la zona. En la actualidad, el distrito se conforma por 9 barrios, 15 asentamientos humanos y 2 urbanizaciones. El detalle de ubicación se presenta en la Figura 1.

#### Figura 1

*Distrito de La Esperanza-Trujillo*



*Nota.* Tomado de Google Maps (2024)

## **Misión y Visión**

La misión de la Municipalidad de La Esperanza se centra en brindar servicios públicos de manera eficiente para impactar en la calidad de vida de sus habitantes, en tanto que se requiere un desarrollo sostenible, equilibrado e integral del distrito.

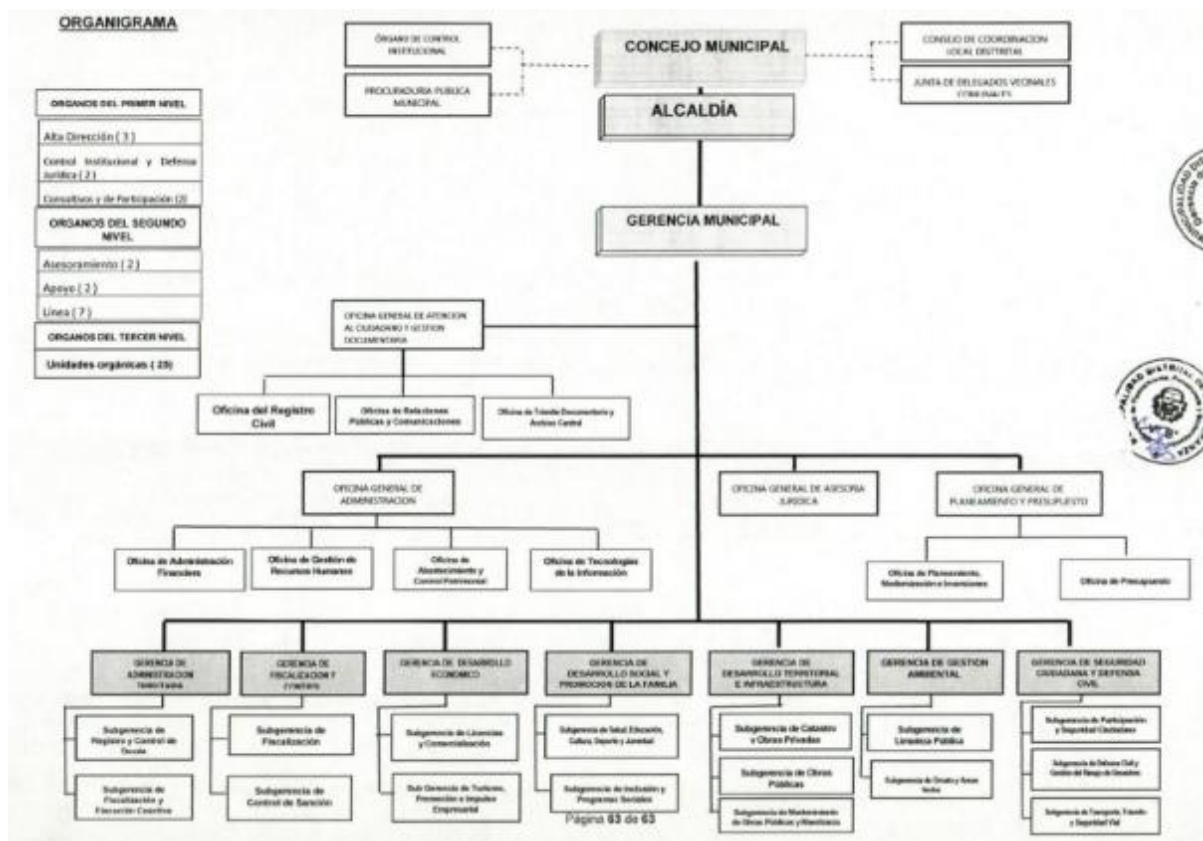
Su visión es convertirse en una Municipalidad ejemplar que destaque por su gestión eficiente y participativa, transformando al distrito de La Esperanza en una ciudad moderna, segura, saludable y ordenada.

## **Organización**

La Municipalidad de La Esperanza está organizada con el Concejo Municipal como órgano superior y seguido por la Alcaldía, que se encarga de la dirección ejecutiva. Bajo este cargo se encuentra la Gerencia Municipal, responsable de diferentes oficinas tales Atención al ciudadano y Gestión documentaria, Administración, Asesoría Jurídica, y Planeamiento y Presupuesto. Además, la Gerencia Municipal supervisa las gerencias especializadas de Administración tributaria, Fiscalización y control, Desarrollo económico, Desarrollo social, Desarrollo territorial e infraestructura, Gestión ambiental, y Seguridad ciudadana y defensa civil. La estructura jerárquica de la organización se presenta en la Figura 2.

**Figura 2**

*Organigrama de la Municipalidad*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

## Servicios

La Municipalidad de La Esperanza ofrece una variedad de servicios a través de las diferentes oficinas bajo la responsabilidad de la Gerencia Municipal. A continuación, se describen algunos de estos servicios:

- Administración tributaria

A través de su Gerencia de administración Tributaria, es responsable de diseñar, planificar, controlar y supervisar la administración, registro y recaudación tributaria municipal. Además, tiene la tarea de plantear medidas para mejorar la política tributaria.

- Fiscalización y control

Mediante la Gerencia de Fiscalización y Control, tiene la responsabilidad de liderar y gestionar las tareas de fiscalización de la normativa en temas de administración y medio ambiente. También, se encarga de aplicar las sanciones cuando corresponda, dentro de la jurisdicción municipal.

- Desarrollo Económico

A cargo de la Gerencia de Desarrollo Económico, tiene el deber de planificar, gestionar y superar el desarrollo turístico, económico, de abastecimiento y comercialización local.

- Desarrollo Social y Promoción de la familia

La Municipalidad de La Esperanza se encarga de diseñar, planificar, organizar y evaluar programas destinados a la promoción de derechos ciudadanos. Entre estos programas se incluyen servicios en áreas de salud, cultura, educación, deporte y recreación. Además, la Gerencia tiene la responsabilidad de llevar a cabo acciones de prevención, rehabilitación y lucha contra el consumo de drogas.

- Desarrollo Territorial e Infraestructura

Se gestionan, organizan y supervisan las actividades relacionadas con la planificación del uso del suelo y la organización del espacio físico. Esta gerencia también se encarga del proceso de planificación de infraestructura, así como de promover la inversión privada para el desarrollo de proyectos con fin comunitario. Además, supervisa la administración del equipo mecánico propiedad de la municipalidad.

- Gestión ambiental

Liderado por la Gerencia de Gestión Ambiental, se lideran, gestionan y supervisan las actividades relacionadas con la protección del medio ambiente, así como el saneamiento.

- Seguridad Ciudadana y Defensa Civil

Bajo la dirección de la Gerencia de Seguridad Ciudadana y Defensa Civil, se desarrollan políticas y normas para controlar el riesgo de desastres, la vialidad, el tránsito y el transporte público, conforme a la normativa vigente. Además, se diseña y supervisa la implementación de instrumentos de planificación y gestión para la participación ciudadana y la seguridad. La gerencia también gestiona y evalúa los procesos relacionados con la fiscalización de la participación vecinal. Asimismo, lidera y supervisa la aplicación de planes y procesos, supervisa la atención a poblaciones vulnerables ante desastres, controla el proceso de emisión de licencias, emite resoluciones, y promueve acciones de apoyo a compañías de bomberos, organizaciones de beneficencia y la Cruz Roja, se encarga de resolver apelaciones y actualizar los indicadores de gestión del área, entre otros.

### **Funciones del área**

La experiencia se desarrolló en la Subgerencia de Limpieza Pública y las principales funciones se relacionaron a plantear e implementar normas y proyectos relacionados con la higiene y salubridad según la norma vigente, lo cual incluye la recolección de residuos sólidos. Además, ejecuta y gestiona el servicio de limpieza pública, y realiza campañas de programas de aseo y salubridad. También, tiene la responsabilidad de fomentar y apoyar programas de saneamiento y limpieza con participación de la comunidad, emitir autorizaciones de los recicladores, dar mantenimiento a depósitos y contenidos, y promover una conducta ciudadana orientada al cuidado ambiental.

### **1.2. Realidad problemática**

En el escenario internacional la gestión y transporte eficiente de residuos representa una problemática crítica a nivel internacional, de acuerdo con los especialistas del PNUD (2022) se presenta una situación crítica particularmente en el contexto de la urbanización

acelerada, el crecimiento demográfico y la producción masiva de desechos. Este desafío no solo afecta la salud pública, sino que plantea importantes cuestiones económicas y logísticas. La infraestructura de transporte de residuos sólidos en muchas ciudades, especialmente en países en desarrollo, es insuficiente y obsoleta. Según los reportes el 40% de los residuos urbanos en países de ingresos bajos y medianos no son gestionados adecuadamente, lo que resulta en una recolección ineficiente y transporte inadecuado.

Un informe del Banco Mundial (2021) menciona que la producción de residuos aumentara en 70% para 2050, alcanzando los 3.4 mil millones de toneladas por año si no se implementan medidas correctivas. El crecimiento exponencial de la cantidad de residuos sólidos generados es una de las principales preocupaciones, este incremento desafía la capacidad de los sistemas de gestión y transporte, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas.

Para Tuan et al. (2022) a pesar de los desafíos, algunas experiencias de éxito que han implementado soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia del transporte de residuos sólidos, así como el uso de tecnologías avanzadas como camiones de recolección automatizados y sistemas de optimización de rutas ha evidenciado ser efectivo en la reducción de costos y mejora de la eficiencia, logrando una cobertura cercana al 95%. La problemática del transporte de residuos sólidos es multifacética y requiere la integración de infraestructura, la adopción de tecnologías y la implementación de políticas sostenibles.

A nivel nacional, para el Ministerio del Ambiente (2022) el manejo y transporte eficiente de residuos sólidos en Perú enfrenta numerosos desafíos que impactan la salud pública y el medio ambiente. La generación de residuos sólidos en Perú ha aumentado significativamente en los últimos años. En el último periodo se generaron aproximadamente 23,000 toneladas diarias de residuos sólidos municipales, de las cuales solo el 54% fue adecuadamente gestionado, este incremento se debe al crecimiento

poblacional, la urbanización y el consumo creciente, especialmente en las áreas urbanas. A pesar de las iniciativas, incluyendo el fortalecimiento de capacidades municipales y la promoción de tecnologías limpias, persisten desafíos significativos, como la falta de financiamiento y la resistencia de gobiernos locales

De acuerdo con los especialistas del SINIA (2020), el transporte ineficiente de residuos sólidos tiene graves consecuencias. Los gases de efecto invernadero de vehículos de recolección ineficientes y la quema de residuos en vertederos informales son prácticas comunes que afectan la salud pública. La infraestructura para cumplir con el proceso de transporte de residuos sólidos en Perú es insuficiente, así como obsoleta en muchas ocasiones y se reporta que menos del 60% de los municipios cuenta con un sistema adecuado de recolección de residuos y aproximadamente el 43% de los residuos municipales no fueron recolectados ni gestionados adecuadamente, lo que evidencia las deficiencias del sistema. La falta de vehículos adecuados y rutas optimizadas contribuye a una recolección ineficiente, lo que resulta en residuos acumulados en áreas urbanas y los alrededores

A nivel local, la problemática del bajo nivel de eficiencia en el transporte de residuos en La Esperanza es multifacética, implicando desafíos logísticos, económicos y ambientales significativos. En la experiencia profesional se evidenció que el distrito enfrenta una generación creciente que supera la capacidad de gestión del sistema actual. La recolección se realiza con una flota vehicular insuficiente y en muchos casos obsoleta, lo que resulta en recorridos ineficientes y tiempos prolongados de transporte. Además, la falta de infraestructura adecuada, como estaciones de transferencia y puntos de acopio, agrava el problema, generando acumulación de desechos en áreas públicas y afectando la salubridad del entorno. La situación se ve exacerbada por la limitada inversión en tecnologías modernas y la carencia de programas de educación ambiental que promuevan la separación

en la fuente y la reducción de residuos. El impacto ambiental es considerable, con la contaminación y la proliferación de vertederos informales que contaminan el suelo y las fuentes de agua cercanas. A fin de profundizar en la problemática, se presenta la Tabla 1 a continuación.

**Tabla 1**

*Proyección de generación de residuos sólidos en La Esperanza*

Año	Población	GPC (kg/hab/día)	Generación Total (t/día)	Generación Residuos Sólidos Municipales (t/año)
2023	220 641	0.70	154.44	56,373.77
2024	225 539	0.70	157.87	56,625.21
2025	230 546	0.70	161.38	58,904.50
2026	235 664	0.70	164.96	60,212.15
2027	240 896	0.70	168.62	61,548.92

*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

En el año de 2023 se generó un total de 56,373 toneladas de residuos y dicha cantidad se incrementará año a año. En este sentido, en la experiencia se observó la ineficiencia en el transporte de residuos contribuyó a un mayor gasto público, desviando recursos que podrían destinarse a mejorar otros servicios esenciales. En resumen, la combinación de infraestructura insuficiente, falta de modernización y ausencia de estrategias integrales de gestión de residuos sólidos coloca a La Esperanza en una posición crítica que requiere intervención urgente y coordinada entre autoridades y comunidad para mejorar la eficiencia del transporte de residuos y mitigar los impactos negativos asociados.

### 1.3. Formulación del problema

#### 1.3.1. Problema general

¿Cómo la aplicación de la metodología Lean Logistics mejora la eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024?

### 1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación inicial de la eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024?
- ¿Cómo se ejecutará la metodología Lean Logistics en función a los indicadores de eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024?
- ¿Cuál es el impacto económico de la aplicación la metodología Lean Logistics en la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024?

### 1.4. Justificación

Según Hernández y Mendoza (2018), la justificación de una investigación debe ampliar el conocimiento existente sobre un tema específico, con el objetivo de contribuir a una comprensión más profunda del mismo. En este contexto, dado que la eficiencia en el transporte de residuos es crucial y las metodologías innovadoras como el Lean Logistics pueden ofrecer mejoras significativas, esta investigación se orienta hacia tres enfoques de justificación que se detallan a continuación.

#### 1.4.1. Justificación teórica

Según Ñaupas et al. (2018) la justificación teórica de la investigación se fundamenta en la revisión de la literatura y conceptos, en este caso, sobre los principios de la eficiencia operativa en el transporte de residuos. En el contexto de la gestión de residuos, el marco teórico del Lean Logistics se alinea con la necesidad de desarrollar sistemas más sostenibles y responsables, permitiendo a la municipalidad implementar estrategias basadas en datos y análisis detallados para reducir tiempos y costos. Además, se apoya en teorías de mejora continua y control de calidad para una base sólida en la investigación.

### **1.4.2. Justificación práctica**

Para Valderrama (2019) desde una perspectiva práctica, la investigación puede resultar en mejoras significativas en la gestión diaria de estos procesos. Se destaca que la metodología permite a las organizaciones públicas optimizar sus operaciones mediante la eliminación de ineficiencias y una mejor coordinación entre distintos departamentos y actores. En el caso específico de la gestión de residuos, la aplicación práctica de Lean Logistics puede conducir a rutas de recolección más eficientes, menor tiempo de transporte y una mejor utilización de la flota vehicular que puede aumentar la satisfacción de los ciudadanos al proporcionar un servicio más confiable y rápido. La práctica de estas mejoras refleja la capacidad de la metodología para adaptarse y resolver problemas específicos del contexto municipal.

### **1.4.3. Justificación económica**

Económicamente, para Hernández y Mendoza (2018) se debe evaluar la viabilidad de la aplicación y determinar si se tienen disponibles los recursos necesarios. La metodología Lean se centra en la reducción de costos mediante la eliminación de desperdicios y la maximización de la eficiencia operativa. En el ámbito municipal, esto se traduce en una disminución de los costos asociados con el combustible, mantenimiento de vehículos y mano de obra, al optimizar las rutas de recolección y reducir el tiempo de inactividad. Además, una gestión más eficiente puede liberar recursos financieros que pueden ser reinvertidos en otras áreas críticas de la municipalidad, promoviendo un uso más responsable y sostenible del presupuesto público. La mejora beneficia a la administración municipal y contribuye a una gestión óptima para los contribuyentes.

## **1.5. Formulación de objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Aplicar la metodología Lean Logistics para mejorar la eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación inicial de la eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024.
- Ejecutar la metodología Lean Logistics en función a los indicadores de eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024.
- Evaluar el costo beneficio de la aplicación la metodología Lean Logistics en la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Bragato (2023) en “*Lean Logistics Optimization: An Application of A3 Thinking to the Internal Logistics of a Chemical Company*” la finalidad fue aplicar un modelo Lean Logistics en una empresa farmacéutica que enfrenta desafíos complejos en el manejo de materiales debido a restricciones regulatorias y la naturaleza pequeña y dispersa de los almacenes en Francia. El análisis del uso del montacargas y movimiento de SAP permitió a los autores decodificar movimientos virtuales en tiempo real. Se proponen y priorizan ocho contramedidas en función del impacto, la evaluación de la inversión y el retorno de la inversión. Se prevé que la implementación de cinco medidas clave, incluida la instalación de una tubería y soluciones de códigos de barras, ahorrará 544 horas, logrando el objetivo imprescindible, dado que se logró a una comprensión más amplia del Lean en la logística farmacéutica, ofreciendo conocimientos prácticos para mejorar la eficiencia y optimizar los recursos. Se concluye que el modelo es eficaz para simplificar la comunicación e identificar soluciones innovadoras; sin embargo, se requiere evaluar aspectos específicos para ampliar y estandarizar estas medidas a otras plantas.

Mohamad (2023) en “*Logistics Best Practices Towards Logistics Performance in Malaysia Moderated with Lean Logistics*”, la finalidad fue explorar cómo las mejores prácticas logísticas y la logística lean tienen un impacto moderador en el desempeño logístico. Se desarrolló una investigación explicativa y no experimental, la muestra se conformó por 170 empresas de la población total de 1.312 organizaciones que completaron con éxito los cuestionarios; además en el análisis de los datos se emplearon los programas SPSS y PLS-SEM. Los hallazgos indican que el compromiso y la colaboración de la gerencia tuvieron un impacto significativo en el desempeño ( $p$ -valor menor a 0.05),

mientras que la logística Lean no modera la relación entre las mejores prácticas y el desempeño. En Malasia, este estudio es pionero en la investigación de la logística eficiente y el uso de las mejores prácticas en logística para mejorar el desempeño logístico entre las pymes. En esta investigación también se analizaron las limitaciones del estudio.

Alejandro et al. (2022) en “*A New Lean Logistics Management Model for the Modern Supply Chain*”, analizó la adopción de los principios Lean en la logística con la finalidad de optimizar el abastecimiento de materiales. Se realizó una encuesta dirigida a 25 expertos de Nuevo León, México obteniendo 21 respuestas válidas. Mediante análisis factorial (método de componentes principales), se determinaron los factores principales que influyen en la orientación Lean Logistics. El 76.19% de expertos vincula estos conceptos al abastecimiento, destacando el compromiso gerencial. Se detectaron áreas de oportunidad y una tendencia favorable hacia la filosofía Lean en este ámbito. Los resultados confirman que los principios Lean son aplicables para eliminar actividades sin valor y optimizar recursos en la cadena de suministro. Sin embargo, se resalta la necesidad de una comunicación clara y capacitación efectiva para los gerentes, a fin de reducir la resistencia al cambio y promover la participación de los empleados en la implementación de mejoras. Esto facilitaría la comprensión y adopción de la metodología Lean Logistics en los procesos logísticos.

Fallas et al. (2020) “*A lean logistics framework: a case study in the wood fiber supply chain*”, la finalidad fue implementar el Lean Logistics para lograr una disminución de los costos de transporte de madera a través de herramientas de mapa de flujo de valor (VSM) que se centró en identificar el desperdicio lean en las operaciones logísticas. El VSM para el estudio de caso de la fábrica de papel incluye tres procesos: proveedor, transporte al patio de madera y operaciones de recepción en el patio y fábrica de consumo. Una vez que se aplicó la herramienta, se proyectaron las siguientes reducciones de costos:

el costo de logística de entrada se redujo de USD \$ 2,8 millones a USD \$ 2,3 millones de dólares y el costo de mantenimiento de inventario se redujo de USD \$ 98.400 a USD \$ 79.600 dólares anuales. Los posibles ahorros anuales informados totalizaron aproximadamente USD \$ 320,000 dólares por la introducción de principios Lean Logistics que reducen el desperdicio en el transporte y el costo de mantenimiento. Se concluye que el enfoque Lean Logistics reduce los costos del transporte.

Aziz et al. (2020) en “*Lean Logistics Strategy for the Ready-Made Garments (RMG) Industry of Bangladesh*”, el objetivo central fue la determinación de actividades que ocasionan desperdicios en la logística de la cadena de suministro y presentar recomendaciones para un diseño superior en el control del movimiento y la reorganización de la adquisición de materias primas. El sistema logístico del sector de RMG orientado a la exportación ha enfrentado numerosos problemas, incluyendo largos tiempos de entrega, congestión y retrasos en los puertos, así como la falta de un sistema de transporte multimodal, lo que lleva a un nivel inadecuado de riesgos. El transporte ferroviario y por carretera son segmentos importantes para los servicios internos. La participación del transporte marítimo en el comercio de exportación e importación en Bangladesh es del 80%, mientras que el de aire y carretera es del 20%. Se propone el mapeo de actividades con VSM, la creación de flujos de trabajo y establecer un aprovisionamiento según la demanda. La conclusión a la que se llegó fue que la aplicabilidad y formas de implementación de herramientas Lean son ideales para una mejora en el sistema de este sector.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Llanos (2024) en sus tesis “*Propuesta de mejora en el proceso de despacho de productos terminados en una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos químicos y sales mediante el uso de herramientas de Lean Logistics e*

*investigación de operaciones*” tuvo el propósito de plantear una propuesta de mejora a través de la aplicación de herramientas provenientes del Lean Logistics para un plan de despachos eficiente. Con ello en mente, se planteó un modelo de optimización centrado en la programación de despachos que sirve para reducir la cantidad de pedidos con carácter de urgencia, dejando tiempo para controlar y supervisar el plan de trabajo. En su implementación, se utilizaron herramientas de Lean Logistics como el trabajo estandarizado, el Poka-Yoke y reuniones Kaizen. El modelo matemático mostró que el 37.35% de camiones tuvo una variación y el 9.64% experimentó cambios significativos en la secuencia de entrega. Además, el 30% de las entregas se modificaron en días con más camiones que pedidos. Se obtuvo una VAN de \$ 12,581.39, un TIR de 14.10% y un PRI de 7 meses, lo cual indica la viabilidad.

Güere (2024) en su trabajo de investigación *“Propuesta de mejora para cumplir con el ON TIME en las entregas de las carrocerías mediante la aplicación de las herramientas de Lean Logistics en la empresa FAMEDI, 2024”*, tuvo el objetivo de mejorar el *on time* en las entregas de las carrocerías fabricadas por la empresa FAMEDI S.A.C. a través de la implementación de herramientas Lean. Inicialmente, se llevó a cabo un análisis inicial, en donde se encontró que las principales causas de las entregas tardías eran la falta de seguimiento a los pedidos realizados a los proveedores, demoras en el área de soldadura y armado, ausencia de supervisión al personal, y una deficiente selección del personal. Ante lo cual, se propuso implementar la metodología Lean Logistics, para lo cual se consideró herramientas como el Heijunka, las 5s, el Poka-Yoke, la estandarización de procesos, el Mantenimiento Preventivo Total (TPM), el VSM y el Kanban. Los resultados de la propuesta, demostraron que el *on time* en las entregas de las carrocerías aumentaría a 98%. Además, se reduciría en el tiempo de procesos en el área logística (de 5 a 3 días), y el tiempo de producción y ocio en el área de soldadura (de entre 15 a 16 a 12.5 días). En

cuanto a la situación financiera, el proyecto mostró un VAN de S/317,496.15, con una tasa de descuento del 5%, y una TIR del 40%, lo cual indica que el proyecto será viable.

Góngora y Navarro (2023) en *“Propuesta de mejora de la entrega a tiempo en el proceso de transporte de cajeros automáticos usando herramientas Lean y gestión de inventarios”* tuvieron como propósito elaborar una propuesta para mejorar las entregas a tiempo utilizando herramientas de Lean y gestión. Primero, se llevó a cabo un análisis de situación, encontrando errores en la programación del servicio, demora por falta de repuestos y paradas de las unidades. A partir de ello, se propuso emplear un par de herramientas que fueron programación lineal, VSM y DAPI. Además, se empleó el MRP para planificar las entregas y elaborar un programa que permita nivelar las cargas de los vehículos. Los resultados mostraron mejoras significativas: las variaciones en los tiempos de los procesos sin demoras se redujeron a 7.25, y a 11.83 minutos para los procesos con demoras. El valor de simulación calculado fue de 77.44 minutos, mejorando sobre los 89.27 minutos. En términos de retrasos unitarios, se redujeron de 5 unidades en el proceso actual a 1 en el proceso mejorado. En cuanto a los beneficios económicos, se obtuvo un VAN de S/16,057.81 y TIR de 19%, señalando la viabilidad del proyecto.

Esquivel y Mitacc (2023) en su trabajo de investigación *“Propuesta de mejora en la logística de distribución de productos avícolas mediante el uso de Lean Logistics y Optimización de rutas de una empresa Pyme en Lima-Perú”*, plantearon una propuesta para mejorar el proceso de distribución de productos avícolas de una empresa Pyme a través de herramientas de Lean Logistics y optimización de rutas. Para desarrollar este proyecto, primero se evaluó la situación actual de la empresa, identificando problemas en los indicadores de pedidos a tiempo y completos. Para abordar estos problemas, se planteó un plan que utiliza herramientas de Lean Logistics como las 5S, TOVE, TVSM, con el fin de mejorar los procesos del pre-tránsito, desarrollo y post tránsito. La propuesta se

proyectó a un año y se encontró que permitió una mejora del 42% en los tiempos de las actividades del área de despacho, 4.1% en la documentación y un aumento en el índice de perfecto del 72.1% al 84.2%. En cuanto al TOVE, se logró una mejora del 67.1% al 77.9%. Finalmente, los beneficios económica de este proyecto mostraron un VAN de S/ 66576.94 y un TIR de 46%, por lo cual se concluye que el proyecto es viable.

Monzón (2023) en “*Propuesta de aplicación de herramientas Lean Logistics para mejorar la productividad de la empresa Roca Black E. I. R. L., 2023*”, su objetivo fue implementar una propuesta basada en herramientas de Lean Logistics con el fin de optimizar la productividad. Inicialmente, se realizó un análisis inicial para conocer en qué situación se encontraba la empresa, encontrando que la eficiencia de la empresa era del 81.05%, su eficacia del 88.37% y la productividad del 71.64%. Ante estos hallazgos, decidió elaborar una propuesta basada en la metodología Lean, utilizando herramientas tales como 5S, el sistema de registro y formatos estándares. En cuanto a los beneficios económicos, se obtuvo un VAN de S/ 59,646.89, un TIR de 58.2% y una relación costo beneficio de 1.82, lo cual evidencia que propuesta resultaría económicamente viable. Asimismo, con la propuesta la productividad se incrementaría al 91.53%, la eficiencia a 91.6% y la eficacia a 99.88%. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de herramientas Lean Logistics logra una mejora del nivel de productividad.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Variable independiente: Metodología Lean Logistics**

#### **Definición de Lean Logistics**

De acuerdo con Harrison et al. (2023) Lean Logistics es un enfoque que aplica los principios del Lean en la gestión logística, buscando optimizar la cadena de suministro mediante la eliminación de desperdicios y la mejora continua. Este concepto se centra en minimizar las actividades sin generación de valor, como los tiempos largos de espera,

exceso de inventario y procesos redundantes. Al reducir estos desperdicios, se logra un incremento en la eficiencia operativa y una disminución de los costos. En el contexto del Lean Logistics, la mejora continua se lleva a cabo mediante la implementación de prácticas que permite la recepción de materiales justo en el momento en que se necesitan

Para Tang (2023) Lean Logistics es un enfoque logístico, cuyo objetivo principal es maximizar la eficiencia a través de la eliminación de desperdicios encontrados en la cadena de suministro. Los desperdicios, en este contexto, se refieren a cualquier actividad que consume recursos sin generar valor agregado para el cliente. Lean Logistics se basa en principios como la mejora continua el enfoque en el cliente y la flexibilidad. Una característica clave es la reducción de inventarios mediante la implementación del sistema que asegura que los materiales lleguen en el momento preciso de ser utilizados, minimizando costos de almacenamiento y evitando el envejecimiento de productos.

En Hans (2023) se menciona que Lean Logistics es una metodología que optimiza la cadena de suministro aplicando los principios del Lean Management para maximizar la eficiencia y reducir los desperdicios. Este enfoque se enfoca en eliminar actividades que no agregan valor, como excesos de inventario, demoras en el transporte y procesos innecesarios. La aplicación de Lean Logistics implica una estrecha colaboración entre proveedores, fabricantes y distribuidores, con el fin de sincronizar la producción y la entrega según la demanda real del mercado. Entre las herramientas utilizadas se encuentran la implementación del sistema just-in-time, que reduce los costos de almacenamiento, y la mejora continua, que busca perfeccionar constantemente los procesos.

### **Beneficios de la aplicación de Lean Logistics**

En Benyahya y Macurová (2021) se menciona que la metodología de Lean Logistics ofrece múltiples beneficios para las organizaciones que buscan optimizar sus operaciones logísticas. Uno de los principales beneficios es la reducción de costos

operativos. Al eliminar actividades y procesos que no agregan valor, como el almacenamiento innecesario o el transporte redundante, las empresas pueden disminuir significativamente los gastos relacionados con la logística.

Para Abed et al. (2024) otro beneficio clave es el aumento de la eficiencia operativa. Lean Logistics promueve la creación de flujos de trabajo más ágiles y eficientes, lo que resulta en una disminución de los tiempos de ciclo y una mejora de la puntualidad. Esto no solo mejora la productividad, sino que también puede incrementar la capacidad de responder rápidamente a cambios de demanda por parte de la empresa.

Según Rojas et al. (2024) la implementación de Lean Logistics puede llevar a una mayor sostenibilidad ambiental. Al optimizar rutas de transporte, reducir el uso de materiales y minimizar el desperdicio, las empresas pueden disminuir su huella de carbono y contribuir a la sostenibilidad ambiental, lo que es cada vez más valorado por consumidores y reguladores. De esta manera, Lean Logistics mejora tanto la eficiencia como la rentabilidad, a la vez que contribuye a la calidad, colaboración y sostenibilidad a largo plazo. Adicionalmente, fomenta una colaboración y comunicación más sólida entre los participantes de la cadena logística.

### **Herramientas de la metodología Lean Logistics**

Harrison et al. (2023) menciona que la metodología de Lean Logistics emplea herramientas diseñadas para la eliminación adecuada de desperdicios y la mejora continua que adaptan a diferentes aspectos del proceso logístico y las más importantes se mencionan a continuación.

- Value Stream Mapping (VSM) dado que ayuda a las organizaciones a visualizar y analizar todos los pasos en la cadena de suministro.

- Kanban es otra herramienta que se utiliza para gestionar y optimizar el flujo de trabajo mediante tarjetas visuales que indican el estado de los procesos. Kanban permite una producción más ágil y ajustada a la demanda,
- 5S es una metodología que mejora el orden y la organización en los entornos de trabajo, contribuyendo a la eficiencia operativa.
- Kaizen, o mejora continua, es un pilar de la filosofía lean dirigido a generar mejoras pequeñas y constantes. A través de equipos de trabajo y la participación activa de todos los empleados
- Poka-Yoke es una técnica que busca prevenir errores humanos mediante la implementación de dispositivos o procedimientos que hacen que sea imposible cometer errores durante el proceso.

### 2.2.2. Variable dependiente: Eficiencia de Transporte

#### Definición de Eficiencia

De acuerdo con Arrogante (2020) la eficiencia se define como la capacidad de un sistema, proceso o entidad para lograr los resultados deseados utilizando la menor cantidad posible de recursos, ya sean tiempo, dinero, energía, o insumos materiales. En un contexto empresarial o productivo, la eficiencia implica la maximización de la productividad y la minimización de los desperdicios. Un sistema eficiente no solo alcanza los objetivos establecidos, sino que lo hace de manera optimizada, reduciendo costos y mejorando la competitividad.

Ecuación 1 Cálculo de eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Trabajo}{Trabajo + tiempo perdido} * 100\%$$

Para Escudero (2021) la eficiencia orientada al sector transporte concierne a la capacidad que tiene un sistema de transporte para maximizar el uso de sus recursos

(vehículos, infraestructura, mano de obra) mientras minimiza el tiempo y los costos asociados a las operaciones. Esto implica la optimización de rutas, la gestión eficaz del flujo de tráfico, disminución de tiempos y maximización de la carga útil de los vehículos. La eficiencia operativa es crucial para garantizar que los servicios de transporte sean confiables, rápidos y capaces de satisfacer la demanda.

De acuerdo con Eslava (2021) la eficiencia de transporte también se refiere a la relación costo-beneficio de las operaciones de transporte, considerando tanto los costos directos (combustible, mantenimiento, salarios) como los costos indirectos (impacto ambiental, congestión, desgaste de infraestructura). Un sistema de transporte económicamente eficiente es aquel que logra una reducción en los costos de transporte por unidad de carga o por pasajero, al tiempo que maximiza los ingresos y el retorno sobre la inversión. Esto se logra a través del uso de tecnologías modernas, la implementación de políticas de precios adecuadas y la optimización de los procesos logísticos.

### **Importancia de la eficiencia en la logística y transporte**

De acuerdo con Cuatrecasas (2022) la eficiencia en la logística es un factor determinante para el éxito organizacional y optimización de la capacidad empresarial, especialmente en un entorno cada vez más competitivo, donde la capacidad de responder con rapidez y precisión es esencial. Para Rodríguez (2021) la eficiencia en la logística permite que las empresas tengan ventajas competitivas significativas, al poder mejorar tanto el uso de sus recursos como la eficiencia de sus procesos, reduciendo costos operativos y mejorando la calidad del servicio al cliente. Las empresas que logran operar con menores costos y ofrecer un servicio más ágil y confiable están mejor posicionadas para competir en un mercado dinámico y exigente. Además, gestionar eficientemente los inventarios y responder proactivamente a las expectativas de los clientes son factores clave que diferencian a las empresas exitosas de sus competidores.

En Dávila (2022) se menciona que la eficiencia en la logística es fundamental para la sostenibilidad y la competitividad empresarial. Las empresas que logran optimizar sus procesos logísticos están mejor preparadas para hacer frente a cualquier desafío y capitalizar las oportunidades de crecimiento. Un sistema logístico eficiente es capaz de adaptarse rápidamente a cambios en el entorno, como fluctuaciones en la demanda.

### **Indicadores de eficiencia en el sector transporte**

- **Coefficiente de aprovechamiento de la carga:** Para Fuentes et al. (2021) es un indicador que evalúa la eficiencia con la que se utiliza la capacidad de carga de un vehículo en operaciones logísticas. Este coeficiente se calcula como la proporción del volumen o peso real de carga transportada en relación con la capacidad máxima del vehículo. Un coeficiente alto indica que se está maximizando el uso de la capacidad disponible, lo que reduce la necesidad de viajes adicionales y optimiza los costos de transporte.

Ecuación 2 Cálculo del coeficiente de aprovechamiento de la carga (AC)

$$AC = \frac{\text{Capacidad real utilizada (kg)}}{\text{Capacidad real del camión (kg)}}$$

- **Coefficiente de aprovechamiento de tiempo:** Según Fuentes et al. (2021) mide la eficiencia con la que se utiliza el tiempo disponible en una operación logística y se calcula como la distancia recorrida efectiva de trabajo (tiempo en movimiento o en actividad productiva) dividido por el tiempo total disponible (incluyendo tiempos muertos o inactivos). Un coeficiente alto indica que el tiempo se está utilizando de manera efectiva, minimizando tiempos ociosos y aumentando la productividad.

Ecuación 3 Cálculo del coeficiente de aprovechamiento de tiempo (AT)

$$AT = \frac{\text{Kilometros recorridos}}{\text{tiempo de operación del transporte}}$$

- Costo por kilómetro: De acuerdo con Oleas et al. (2020) es un indicador clave en la gestión logística que mide el costo total de operar un vehículo por cada kilómetro recorrido que incluye todos los gastos asociados, como combustible, mantenimiento, seguros, peajes, y costos de personal. Se utiliza para evaluar la eficiencia económica de las operaciones de transporte, permitiendo identificar oportunidades para reducir costos y optimizar rutas. Un costo por kilómetro bajo indica que los recursos están siendo utilizados de manera eficiente, mientras que un costo elevado puede señalar ineficiencias que requieren atención.

Ecuación 4 Cálculo del costo por kilómetro (Cm/k)

$$Cm/k = \frac{\text{Costo total de transporte}}{\text{kilómetros recorridos}}$$

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Descripción de la Experiencia

Con respecto a la descripción de mi experiencia laboral, esta inicia en enero del año 2020, con la búsqueda de mis prácticas preprofesionales como ingeniero industrial en la Subgerencia de Supervisión, Seguridad y Salud en el Trabajo de la Municipalidad Distrital La Esperanza, subgerencia dependiente de la Gerencia de Recursos Humanos.

Apenas seis días después de mi incorporación como practicante, la subgerente a cargo tomó una licencia de maternidad, razón por la cual mi persona asumió, junto con otros practicantes, la responsabilidad de la subgerencia en mención, donde iniciamos la elaboración de diversos instrumentos de gestión para la implementación de la citada unidad ya que la subgerencia como tal recién ese año iniciaba sus funciones según el organigrama aprobado en diciembre del 2019. En marzo de ese mismo año, con la llegada de la pandemia y el estado de emergencia decretado el 16 de marzo, las diversas unidades orgánicas de la municipalidad cerraron, a excepción de las áreas consideradas indispensables, como la Gerencia de Recursos Humanos.

En el mes de marzo y siendo aún practicante se me otorgó la oportunidad de exponer un plan de trabajo ante el alcalde Martín Namay Valderrama en una reunión previa al confinamiento, recibiendo las felicitaciones por el trabajo técnico que venía desarrollando. Durante la pandemia, continué brindando apoyo a la Gerencia de Recursos Humanos y llevando a cargo el flujo documental y participando en el equipo de respuesta rápida ante la emergencia, además se me consideró parte del equipo de confianza para la distribución de la Canasta Básica Familiar brindada por el estado acción que desempeñé recorriendo los lugares más recónditos del distrito. En junio del 2020 se me otorgó una locación de servicios en la Subgerencia de Supervisión, Seguridad y Salud en el Trabajo por un periodo de 90 días calendarios.

En octubre de 2020, la Gerencia de Recursos Humanos lanzó una convocatoria bajo el régimen Decreto Legislativo N° 1057, a la cual postule y fui seleccionada para desempeñarse como operador administrativo en la subgerencia mencionada, a una semana de ser contratada se me dispone a través de Memorando asumir la encargatura como Subgerente de la Subgerencia de Supervisión Seguridad y Salud en el Trabajo; cargo que desempeñe eficientemente hasta Febrero del 2021; posterior a esa fecha y dentro de la misma subgerencia asumí la responsabilidad de Seguridad y Salud en el Trabajo, hasta julio del año 2021. En agosto tuve un mes de vacaciones y en Setiembre de ese año a mi regreso y dada la necesidad de servicios en la Subgerencia de Habilitaciones Urbanas ya que todos los servidores de esa unidad se encontraban con licencia médica producto de la Covid-19 se me dispone ser la Asistente del Subgerente, puesto que asumí hasta octubre del 2021.

Posteriormente, desde noviembre del 2021 tuve un reto mayor y se me dispone el cargo de jefa encargada de la Unidad de Servicios Generales de la Subgerencia de Abastecimiento y Control Patrimonial, encargándome de la logística de la entidad, incluyendo estudio de mercado, cotización y adquisiciones de bienes y contratación de servicios y obras además del uso de los aplicativos SIGA, SIAF, PERÚ COMPRÁS.

Permanecí en la indicada subgerencia hasta marzo de 2023. En ese mes, tras la llegada del fenómeno climatológico conocido como huracán Yaku, y debido a su situación personal, post licencia de maternidad; se me rota a la Gerencia de Gestión Ambiental donde existía la necesidad de servicio de un profesional competente. Desde esa fecha hasta la actualidad he venido desempeñándome en dicha gerencia, asumiendo funciones en conjunto con la dirección del área y llegando a temas críticos y sumamente importantes para la Municipalidad de La Esperanza como es la gestión del transporte de residuos, el cual se ha abordado de una manera estratégica y empleando los conocimientos y habilidades adquiridas en la universidad, durante mi permanencia y en un trabajo técnico junto al Ing. José Oswaldo

Eugenio Suárez Barrueto, quien lidera la Gerencia de Gestión Ambiental hemos venido desarrollando planes y aplicando propuestas de mejora en la Gestión de residuos sólidos de este distrito realizando la planificación, organización, dirección y supervisión.

### *3.1.1. Diseño de propuesta en Lean Logistics*

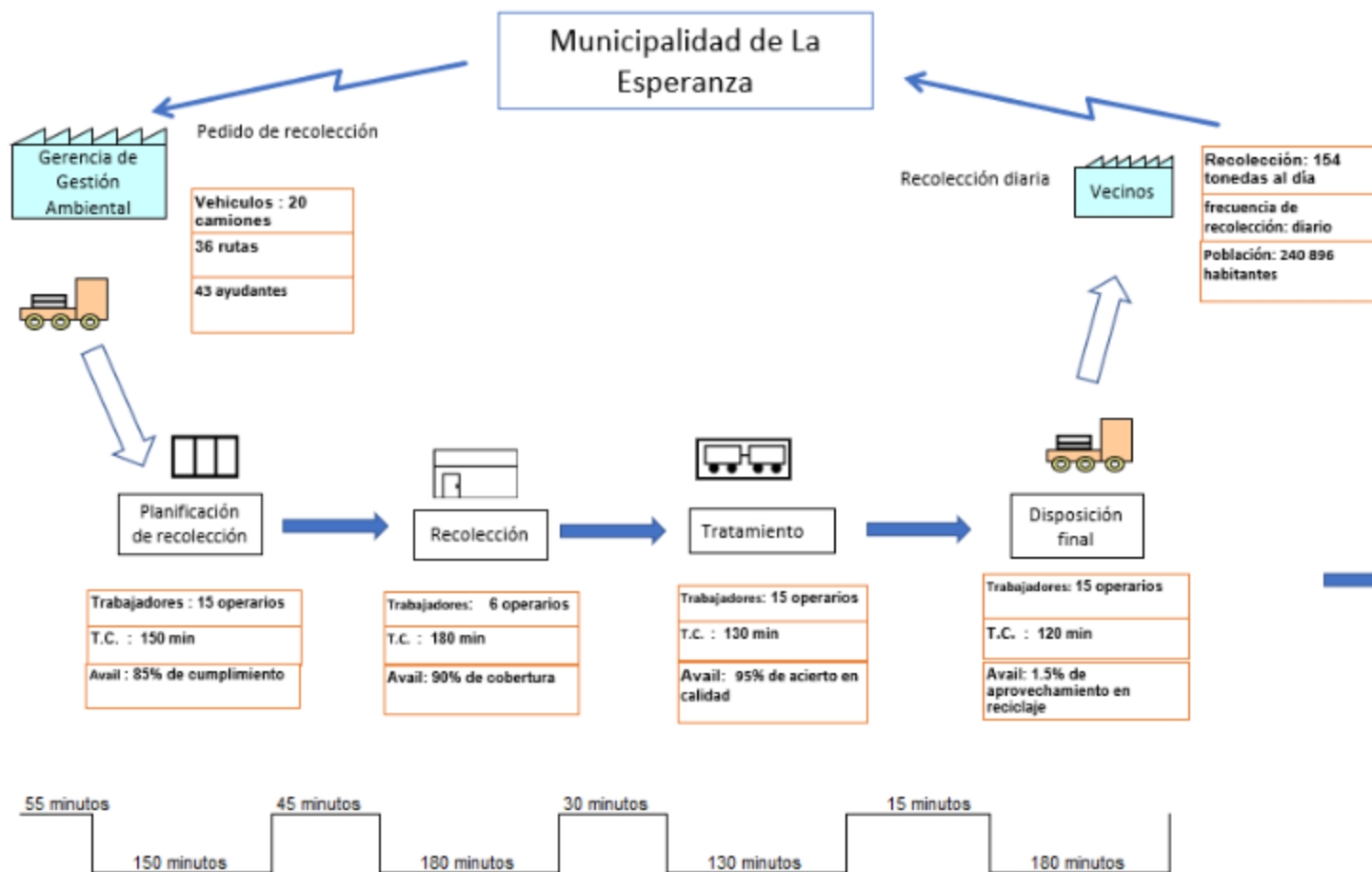
#### **Etapa 1: Mapeo del flujo de valor con Value Stream Mapping (VSM)**

La primera fase correspondió con el diseño del flujo de proceso de recolección de residuos de la ciudad de Trujillo a través del Value Stream Mapping (VSM) que se enmarca en un conjunto de herramientas Lean que sirve para el reconocimiento de las etapas que corresponde el proceso de recolección, de modo que se puedan resaltar áreas en donde se generen elementos innecesarios o ineficiencias.

De esta manera, la finalidad de esta etapa fue la determinación de los puntos de generación de residuos. Esto permitió una correcta clasificación para poder ubicar los residuos producidos según su tipo y ruta utilizada. Asimismo, otros aspectos incluidos en la clasificación son el volumen, capacidad de vehículos y frecuencia de recolección. Para lograr esto fue útil la aplicación del VSM, al permitir un reconocimiento visual de todas las actividades que hayan añadido valor, así como aquellas que no lo hicieran, de modo que se identificaba de forma más fluida los elementos innecesarios tales como rutas prescindibles, tiempos de espera extensos o vehículos subutilizados.

**Figura 3**

*VSM del proceso de recolección de residuos*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

La utilidad del VSM también radicó en la posibilidad de identificar partes en donde ocurren sobrecargas o flujos prescindibles tales como acumulación de residuo excesivo en zonas complejas. Esto generaba perjuicios en el proceso tales como un aumento en los costos operativos o el mayor desgaste de los vehículos. A través del análisis correspondiente se logra mejorar estos puntos y poder mejorar la eficiencia del uso de combustible, minimizar la emisión de contaminantes y reducir los tiempos excesivos de las operaciones.

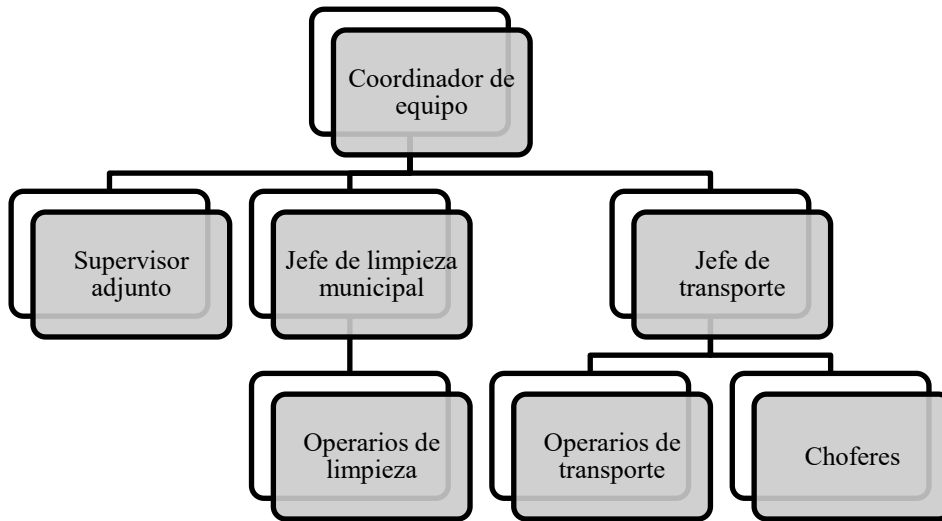
En síntesis, el uso del VSM permitió la mejora de las siguientes etapas, logrando una jerarquización de las actividades que impactaron más y lograron la mejora de los perjuicios antes mencionados. La etapa concluye con la elaboración de un informe sobre la situación actual, en donde se detalló los puntos de mejora logrados y las soluciones que llevaron a ellos.

## **Etapas 2: Mejora de procesos Kaizen**

La segunda etapa de la mejora fue el de la mejora continua a través del enfoque Kaizen. Este forma parte de la metodología Lean mediante la cual se busca una optimización continua de todo el proceso implementando cambios incrementales modestos, implementados para todos los equipos de la organización que los ayuden a identificar y resolver los problemas potenciales.

**Figura 4**

*Organización del equipo*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

En la Figura 4 se observa un organigrama que resume la estructura del equipo de trabajo. Como se observa, la figura líder es el coordinador de equipo que tiene a su cargo un supervisor adjunto, al jefe de limpieza municipal y al de transporte. A su vez, el jefe de limpieza municipal tiene como subordinados a múltiples operarios de limpieza que se encargan de mantener la limpieza de manera continua, mientras que el jefe de transporte tiene a su cargo a los operarios de transporte y choferes que se encargan del manejo de los vehículos de transporte de desperdicios.

En primer lugar, esta fase comenzó por el lado de los equipos conductores que se encargaron de la identificación de ineficiencias dentro del proceso de recolección de residuos. Al estar en contacto directo de manera continua, estos tuvieron la posibilidad de poder reconocer de manera más sencilla qué elementos afectan las operaciones diarias que realizan, así como los desafíos logísticos que enfrentaron, de modo que la información proporcionada se tome para la posterior elaboración de soluciones de optimización.

**Figura 5**

*Formato de revisión de no conformidades en el proceso de recolección de residuos*

FORMA TO PARA EL REGISTRO DE NO CONFORMIDAD		
SERVICIO NO CONFORME	<input type="checkbox"/>	
NO COMPLETO	<input type="checkbox"/>	
Proceso (Al cual se le identifica el Servicio Conforme o la No Conformidad):	Fecha: (En la que se levanta)	Empresa:
Modelo Estándar de Control Interno MECI	<input type="checkbox"/>	
Sistema de Gestión de Calidad	<input type="checkbox"/>	
Otro Sistema de Gestión	<input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION DEL SERVICIO NO CONFORME O DE LA NO CONFORMIDAD:		
DATOS DE QUIEN REPORTA EL SERVICIO PRODUCTO NO CONFORME O LA NO CONFORMIDAD		
Nombre:		
-----		
Cargos:		
-----		
Empresa:		
-----		

*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

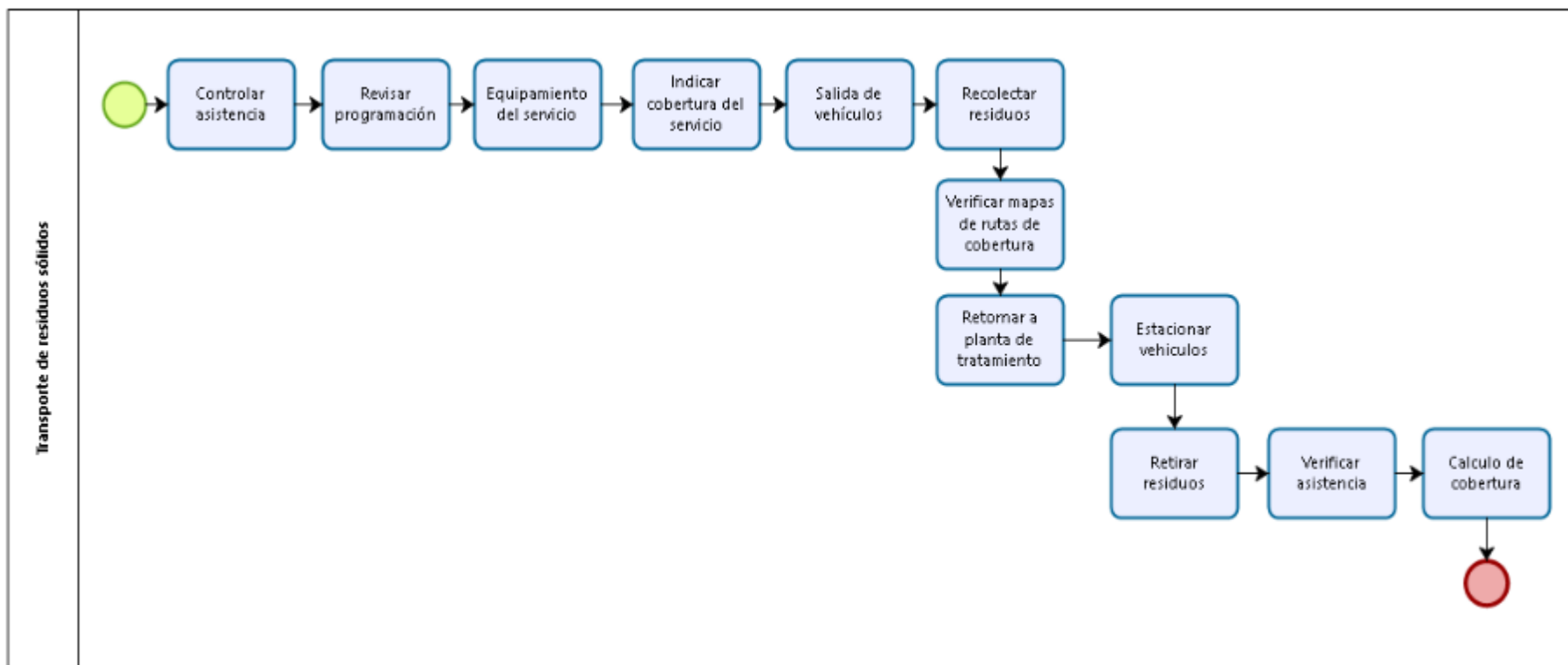
En la figura anterior se puede observar un modelo utilizado para el registro de no conformidades dentro de la recolección de residuos. Este contiene todos los elementos necesarios para su inspección posterior, tales como la descripción detallada del servicio que lo contiene y los datos del trabajador que lo identificó. De esta manera se mantiene al detalle un historial de todas las ineficiencias encontradas y que permitieron elaborar soluciones a su medida.

El objetivo central de esta etapa se centró en la búsqueda de mejorar los tiempos de cada ciclo, conseguir una mejor coordinación entre las zonas de recolección y mejorar el uso de los recursos disponibles. Una de las tácticas utilizadas fue la supresión de tareas que carezcan de valor, es decir aquellos que no sumen al proceso sea eliminado, así como la estandarización del proceso. Con base en ello, se realiza una valoración de los turnos programados, disposición del personal disponible y la capacidad de los vehículos de carga y transporte.

Una mejora dentro del Kaizen fue la estandarización de los procesos, los cuales aseguran la minimización de los tiempos ociosos, así como el incremento de la productividad de cada turno. La estandarización se enfoca sobre todo en los procesos continuos tales como en la carga y descarga de residuos, zonas de generación de residuos o coordinación entre estaciones de transferencia. En este sentido, se presenta el siguiente flujograma de operaciones para el transporte de residuos.

**Figura 6**

*Flujograma del proceso de transporte de residuos*



*Nota.* Elaboración propia en Bizagui Modeler.

**Figura 7**

*Cronograma de capacitación al personal*

PROGRAMACIÓN DE CAPACITACIÓN					Versión 1	Página 1 de 1	
Quien elaboró		PAULA			VIGENCIA	2023	
PLANIFICACIÓN				REPORTE - SEGUIMIENTO			
Nº	Población Objetivo	Temática	Duración	Periodicidad	Número de personas capacitadas	Fecha medición de eficacia	Observaciones
1	Área de transporte de residuos	Filosofía Lean	30 min	Semanal	8	Fin de mes	
2	Área de transporte de residuos	Gestión del transporte	30 min	Semanal	8	Fin de mes	
3	Área de transporte de residuos	Reducción de desperdicios	30 min	Semanal	8	Fin de mes	
4	Área de transporte de residuos	Flujos de trabajo para reducir tiempos de transporte	30 min	Semanal	8	Fin de mes	
5	Todos los trabajadores	Trabajo estandarizado en equipo	30 min	Quincenal	20	Fin de mes	
6	Todos los trabajadores	Sistema de gestión de residuos	30 min	Semanal	20	Fin de mes	
7	Área de transporte de residuos	Errores comunes	30 min	Quincenal	8	Fin de mes	
8	Área de transporte de residuos	Operatividad de procesos de recolección	30 min	Mensual	8	Fin de implementación	
9	Todos los trabajadores	Gestión de la calidad	30 min	Mensual	20	Fin de implementación	
10	Todos los trabajadores	Normativa de transporte de residuos en el Perú	30 min	Mensual	20	Fin de implementación	

*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

En la figura 7 se tiene el cronograma de implementación del Lean. La finalidad de esta fue dar a conocer el flujo de trabajo a todos los trabajadores de la municipalidad para lo cual se programaron 10 sesiones que tocaron distintas temáticas relacionadas con la metodología orientada a la recolección de desperdicios. La periodicidad para el dictado de estas varió entre semanal, quincenal y mensual dependiendo de la prioridad, disponibilidad y optimización. Es importante señalar también que la meta del Kaizen es desarrollar una cultura de mejora continua. Es por ello por lo que se busca enseñar a todos los equipos que conforman el área de manera constante y periódica. Adicionalmente se debe realizar una

evaluación de los cambios para conocer su impacto y que, en base a ello, se puedan realizar nuevas mejoras adaptadas a la nueva información.

### **Etapa 3: Coordinación de recolección con herramienta Kanban**

La tercera etapa tuvo como punto central la optimización del proceso de coordinación para recolección, a través del Kanban. El Kanban es un instrumento utilizado para la mejora en la gestión de flujos de trabajo y comunicación a través de los estímulos visuales. Esto se da mediante el uso de tarjetas visuales, digitales o físicas, que marcan los momentos en que sea necesario una recolección dentro de cada zona en que se generen residuos. El aporte se da a los equipos de recolección, a los cuales se les facilita la visualización respecto a la necesidad de intervención, tanto cuándo como dónde se los necesite, de modo que se reduzca los movimientos innecesarios por parte del equipo y mejore su puntualidad en el cumplimiento de la tarea.

### **Figura 8**

*Tarjetas Kanban*

<b>Kanban de transporte</b>		
Código:		
Descripción:		
Automóvil:		
Cap. Caja	Tipo Caja	Kanban N°

De:
A:

*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

Un ejemplo del uso del Kanban se encuentra en la figura anterior. En esta se ilustra un modelo de tarjeta Kanban, que permitió a los gestores logísticos realizar el seguimiento al detalle de cada zona de recolección en vivo. De esta manera, se utiliza la tarjeta para señalar si algún contenedor se encuentra lleno con residuos, mostrando que es necesario la

intervención de los conductores para la recolección. Esto evita que los trabajadores realicen desplazamientos a zonas en donde la acumulación de residuos aún no haya alcanzado su punto más alto.

### Figura 9

*Evidencia del uso de tarjetas Kanban*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad

En la figura anterior se muestra otro elemento del Kanban. El uso de colores en las tarjetas permite una mejor identificación visual en las tareas. Al señalarlas de rojo se indica la urgencia de resolver un problema en algún punto del proceso, tal como falta de materiales. El uso del color amarillo señala la importancia de precaución, es decir, un posible problema más adelante tal como un probable retraso. El verde muestra un estado normal de las cosas, en donde el proceso está funcionando de manera óptima y no hay necesidad de intervención. Otro color es el celeste, el cual es usado para la señalización de tareas en pausa, o que no requieren la intervención inmediata. De esta manera, el proceso de recolección se vuelve más eficiente.

#### **Etapa 4: Optimización de rutas con enfoque Just in Time (JIT)**

La etapa 4 correspondió a la optimización de rutas de transporte a través del uso del Just in Time (JIT). Esta forma parte del Lean, y se encarga de minimizar los tiempos de espera, de manera que se pueda asegurar que los recursos se encuentren disponibles en los momentos que se necesiten, evitando tanto la subutilización como la sobreutilización.

#### **Figura 10**

*Servicio de recolección de residuos*

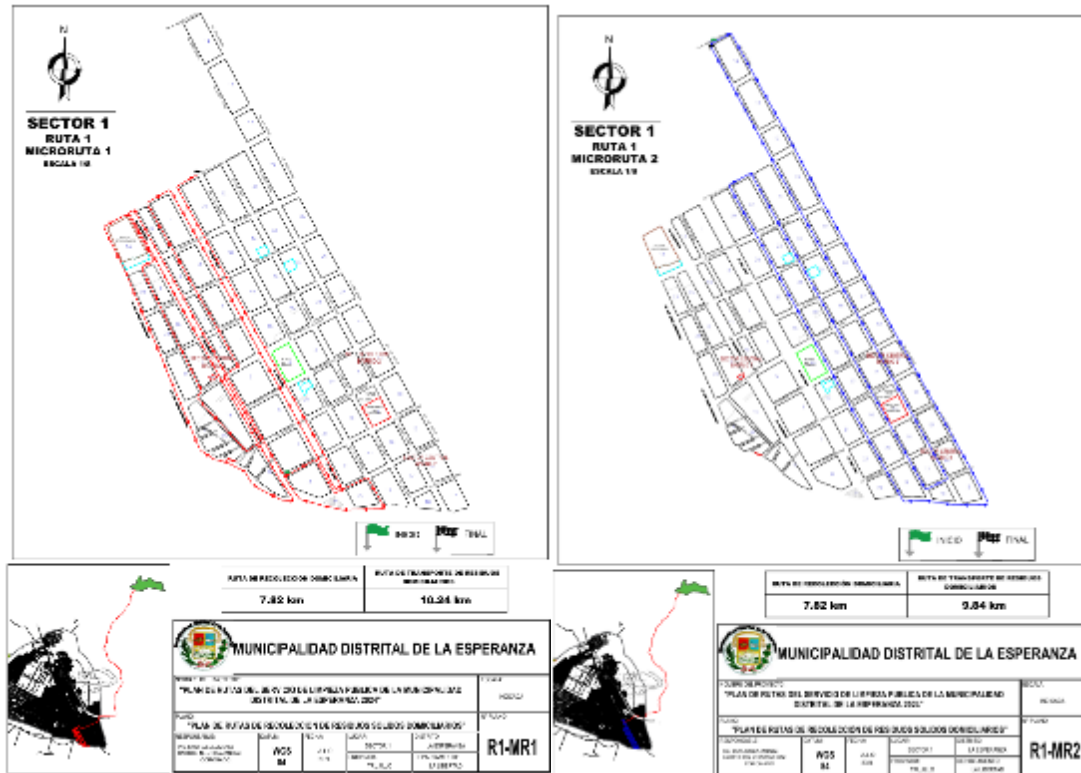


*Nota.* Información proporcionada por la entidad

Para su implementación, lo primero que se hizo fue examinar las rutas de recolección presentes. Se tomaron en consideración aspectos como tráfico, distancia, volumen de generación por área y tiempos. Esto porque la finalidad es minimizar todo lo que se pueda los tiempos de inactividad, así como vehículos parados, de manera que estos últimos puedan estar disponibles siempre que se los necesite. En este sentido, se presentan los mapas del sector 1 y 2 del distrito, en tanto que el detalle de todos los demás mapas se desarrolla en el Anexo X.

#### **Figura 11**

*Optimización de rutas de recolección de transporte*



Nota. Información proporcionada por la entidad

Una manera de reconocer de manera permanente los contenedores con su capacidad al máximo fue tratando de implementar un sistema de monitoreo eficiente, tales como instalación de sensores en los contenedores que emitan alertas al llegar a un volumen preestablecido. Esto permite la eliminación de los desplazamientos innecesarios de vehículos y asegura su disponibilidad para emergencias inmediatas, así como el ahorro de combustible.

**Tabla 2**

*Rutas para recolección de residuos*

Sector	Ruta	Límite De Ruta	Micro rutas	Recorrido Optimizado (Km)	Unidad Vehicular	Horario
1	1	José Artigas, Av. Los Laureles, Av. José Gabriel Condorcanqui, Francisca de Paula Santander, Benito Juárez, Hidalgo y Castillo	1	7.91	Camión compactador	6 AM-2PM
			2	6.13		6 AM-2PM
2	2	Av. Indo América, Benito Juárez, Francisca de Paula Santander, Av. José Gabriel Condorcanqui	3	5.94	Camión compactador	6 AM-2PM
			4	9.1		6 AM-2PM
3	3	Egipto, Av. José Gabriel Condorcanqui, Micaela Bastidas, Mateo del Toro y Zambrano, José Antonio Galán	5	7	Camión compactador	6 AM-2PM
			6	7.12		6 AM-2PM

4	4	Av. Indo América, av. José Gabriel Condorcanqui, Egipto, 6 de Enero	7	7.23	Camión compactador	6 AM-2PM
			8	5.54		6 AM-2PM
5	5	Canal De Suez, Av. Cahuide, Egipto, José Antonio Galán, Mateo Del Toro y Zambrano, calle 6, calle 14, calle 7, calle B27	9	8.63	Camión compactador	6 AM-2PM
			10	9.18		6 AM-2PM
6	6	Jr. Nicolas de Piérola, Los Álamos, Av. José Gabriel Condorcanqui, Av. Indo América, San Lucas, Indico, av. Gran Separadora Industrial	11	7.28	Camión compactador	6 AM-2PM
			12	6.79		6 AM-2PM
7	7	Avenida 1, José Sabogal, avenida 5, Avenida Indo América, Avenida José G. Condorcanqui	13	6.62	Camión compactador	6 AM-2PM
			14	5.6		6 AM-2PM
8	8	Los 4 suyos; Los Reyes, San Pedro; Alcides Spelucin, Santa Rosa, Francisco de Paula Santander, Félix Aldao, Avenida Los Laureles, José Tadeo Monogas	15	4.18	Camión compactador	6 AM-2 PM
			16	10.2		6 AM-2PM
9	9	Avenida Indo América, Nicaragua, Alcides Spelucin, Benito Juárez	17	7.65	Camión compactador	6 AM-2PM
			18	6.76		6 AM-2PM
10	10	Manuel Scorza, Ricardo Palma, Avenida Miguel Grau, Av. El sol, Av. Pachacútec, av. 6, Integración; calle S/N, Las Turquezas, Av. 1, Av. José Gabriel Condorcanqui; Avenida 1, Nicaragua, Avenida Indo América, Avenida 5	19	10.9	Camión compactador	6 AM-2PM
			20	9		6 AM-2PM
			21	1.97		6 AM-2PM
			22	3.89		6 AM-2PM
11	11	Calle 3 (Las Palmeras), parte baja del área del cerro cabras, Avenida 4, Los Laureles, Los Pinos	23	6.21	Volquete	6 AM-2PM
			24	6		6 AM-2PM
			25	7.61		6 AM-2PM
12	12	Francisca de Paula Santander, Avenida Ramón Castilla, Los Ángeles, Avenida 26 de Marzo, Félix de Aldao	26	6.46	Camión compactador	6 AM-2PM
			27	6.83		6 AM-2PM
13	13	Avenida Indo América, Avenida 3, Prol. Avenida 1, Av. Nuevo Jerusalén, Avenida Nuevo Indoamérica	28	6	Volquete	6 AM-2PM
			29	7.34		6 AM-2PM
			30	6.58		6 AM-2PM
14	14	Avenida Nuevo Trujillo, Avenida Cahuide, Avenida E, Avenida Vista Hermosa	31	6.52	Camión compactador	6 AM-2PM
			32	9.15		6 AM-2PM
15	15	Avenida E, Avenida Cahuide, Avenida C 14, Calle 6, Avenida Vista Hermosa	33	7.3	Camión compactador	6 AM-2PM
			34	7.24		6 AM-2PM
16	16	Avenida Pachacútec, Avenida José Gabriel Condorcanqui, Los Álamos, Jr. Nicolas de Piérola, Avenida Gran Separadora Industrial, calle S/N, Avenida 6	35	7.87	Camión compactador	6 AM-2PM
			36	7.46		6 AM-2PM

Nota. Información proporcionada por la entidad.

En la tabla 2 se observa la disposición total existente, que es de 16 sectores y 36 micro rutas para el transporte de residuos del distrito. Asimismo, el JIT permite una planificación de rutas dinámicas, es decir, que puedan adaptarse considerando las necesidades de recolección del momento considerando los aspectos mencionados (tráfico, volumen, clima, entre otros).

**Tabla 3**
*Vehículos para transporte de residuos*

Ítem	Unidad Vehicular	Marca	Placa	Capacidad
1	Camión Compactador	Isuzu	Eac-807	Peso Bruto: 27,300 Kg Peso Neto: 13,300 Kg Carga Útil: 14,000 Kg
2	Camión Compactador	Isuzu	Eac-706	
3	Camión Compactador	Isuzu	Eac-711	
4	Camión Compactador	Isuzu	Eac-702	Peso Bruto: 18,630 Kg Peso Neto: 21,130 Kg Carga Útil: 7,500 Kg
5	Camión Compactador	Isuzu	Eac-710	
6	Camión Compactador	Freightliner	Ege-612	Peso Bruto: 13,284 Kg Peso Neto: 27,000 Kg Carga Útil: 13,716 Kg
7	Camión Compactador	Freightliner	Ege-597	
8	Camión Compactador	Mercedes Benz	Egx-949	Peso Bruto: 16,500 Kg Peso Neto: 11,000 Kg Carga Útil: 5,500 Kg
9	Camión Compactador	Mercedes Benz	Egx-954	
10	Camión Compactador	Mercedes Benz	Eaa-445	
11	Camión Compactador	Volkswagen	Eak-687	Peso Bruto: 30,500 Kg Peso Neto: 13,430 Kg Carga Útil: 17,070 Kg
12	Camión Compactador	Volkswagen	Eak-419	
13	Camión	Toyota Hino	Egn-599	Peso Bruto: 6,130 Kg Peso Neto: 4,270 Kg Carga Útil: 10,400 Kg
14	Camión	Toyota Hino	Egn-606	
15	Camión	Toyota Hino	Egs-523	
16	Camión	Toyota Hino	Ege-654	
17	Camión	Toyota Hino	Egn-586	Peso Bruto: 19,490 Kg Peso Neto: 9,250 Kg Carga Útil: 10,240 Kg
18	Volquete	Volvo	Egx-947	
19	Volquete	Volvo	Egx-943	Peso Bruto: 16,800 Kg Peso Neto: 8,000 Kg Carga Útil: 8,800 Kg
20	Volquete	Volvo	T81-902	

*Nota.* Información proporcionada por la entidad.

El detalle de los vehículos de transporte que se muestra en la tabla indica que existen 16 maquinarias entre camiones compactadores, volquetes y camiones simples. Estos vehículos, al utilizarse el JIT, minimizan su deterioro al eliminar los recorridos prescindibles de su cronograma, y utilizándolos solo en los momentos en que cada zona de recolección lo necesite. Adicionalmente, a nivel medioambiental, la reducción de desplazamientos minimiza a su vez la emisión de gases contaminantes.

## Figura 12

### *Coordinaciones para mejorar servicio de transporte de residuos*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad

Por último, para una adecuada implementación del JIT se necesita una coordinación continua y cercana entre los participantes involucrados, que abarcan desde gestores logísticos hasta operarios. Para ello, fue necesario llevar a cabo capacitaciones continuas al personal y trabajadores, así como la introducción de nuevas tecnologías que permitan un monitoreo continuo.

### **Etapa 5: Evaluación continua con Poka Yoke**

La última etapa correspondió a la implementación del Poka Yoke, un sistema integrado en el Lean que busca la mejora continua. Esto se refiere a la utilización de mecanismos que puedan identificar fallos y corregirlos de forma automática.

**Figura 13**

*Formato de supervisión para transporte de residuos*

Proceso:		Código:		xxxxx
Documento:		Versión:		1
Fecha:		Páginas:		1 DE 1
FORMATO DE SUPERVISIÓN DE TRANSPORTE				
ACTIVIDAD				
UBICACIÓN				
NOMBRE DE QUIEN REPORTA				
FECHA DE REPORTE (dd/mm/aa)				
DESCRIPCIÓN DEL ACTO OBSERVADO		DESCRIPCIÓN DE LA CONDICIÓN OBSERVADA		
ACCIÓN CORRECTIVA INMEDIATA		SUGERENCIA PARA PREVENIR SU REPETICIÓN		
ANÁLISIS				
ACEPTABLE	BAJO	MODERADO	ALTO	INTOLERABLE
ACCIONES CORRECTIVAS, PREVENTIVAS Y DE MEJORA TOMADAS				
RESPONSABLE DE LAS ACCIONES TOMADAS				
FECHA DE CIERRE DEL ACTO O CONDICIÓN INSEGURA				
NOMBRE DEL FUNCIONARIO QUE REALIZA EL CIERRE				

*Nota.* Información proporcionada por la entidad

La supervisión dentro del transporte de residuos fue importante pues aseguró una gestión adecuada a nivel sanitario y ambiental. Una correcta supervisión permite el cumplimiento de normas, evitando la ocurrencia de derrames que generen contaminación o pongan en peligro a los trabajadores. Asimismo, la correcta supervisión también permite que las rutas y los métodos utilizados sean eficientes y se logre la optimización de los recursos. Por último, permite una facilidad mayor en la detección de fallas, generando información que pudo utilizarse en la implantación de mejora continua del servicio.



Se observa el cronograma de auditorías utilizado para la programación del transporte de residuos. En esta se colocan revisiones periódicas que aseguren el cumplimiento de la normativa ambiental. Adicionalmente, permite una mayor transparencia en la gestión del transporte al conocer cuándo se llevaron a cabo cada actividad, lo que contribuye a la mejora continua a través de un servicio más eficiente.

### **Figura 15**

*Evidencia de supervisión del transporte de residuos*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad

Se destaca la relevancia del Poka Yoke respecto a la contribución en la construcción de una cultura de mejora continua a través de una examinación constante sobre los errores que puedan ocurrir. Partiendo de ello se elaboraron mecanismos que limiten su ocurrencia en el futuro, esto siendo posible tanto a través de sistemas tecnológicos como en la formación del capital humano de manera constante para estar siempre informados y actualizados. De esta manera, se aseguró la entrega de un sistema de transporte de residuos en Trujillo caracterizado por su eficiencia y confiabilidad.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de los indicadores en escenario inicial

En esta sección, se analizan los indicadores clave del escenario previo a la implementación de la metodología Lean Logistics. Los datos reflejan una eficiencia moderada, con tendencias decrecientes en el aprovechamiento de la carga y un aumento progresivo en los costos operativos. Estos resultados evidencian la necesidad de optimizar la gestión del transporte de residuos, destacando áreas críticas como la planificación de rutas y el uso de recursos, que requieren mejoras para alcanzar un desempeño más eficiente y el detalle de los cálculos se encuentra en el Anexo 1.

**Tabla 4**

*Indicadores previos a la implementación*

Periodo	Eficiencia	Aprovechamiento de la carga	Aprovechamiento de tiempo (km/h)	Costo por kilómetro
ene-23	91.4%	90.1%	18.8	S/ 61.08
feb-23	91.5%	90.8%	18.3	S/ 58.47
mar-23	91.7%	89.6%	18.2	S/ 62.34
abr-23	92.0%	88.5%	18.0	S/ 65.49
may-23	91.4%	86.4%	18.1	S/ 65.09
jun-23	90.9%	87.3%	18.4	S/ 67.38
jul-23	90.4%	88.2%	18.0	S/ 65.96
ago-23	90.9%	86.5%	18.3	S/ 66.20
sep-23	90.5%	86.0%	18.1	S/ 68.01
oct-23	90.2%	84.3%	17.9	S/ 70.14
nov-23	90.4%	85.1%	17.3	S/ 68.01
dic-23	89.9%	83.5%	17.2	S/ 69.90
Promedio	90.9%	87.19%	18.0	S/ 65.67

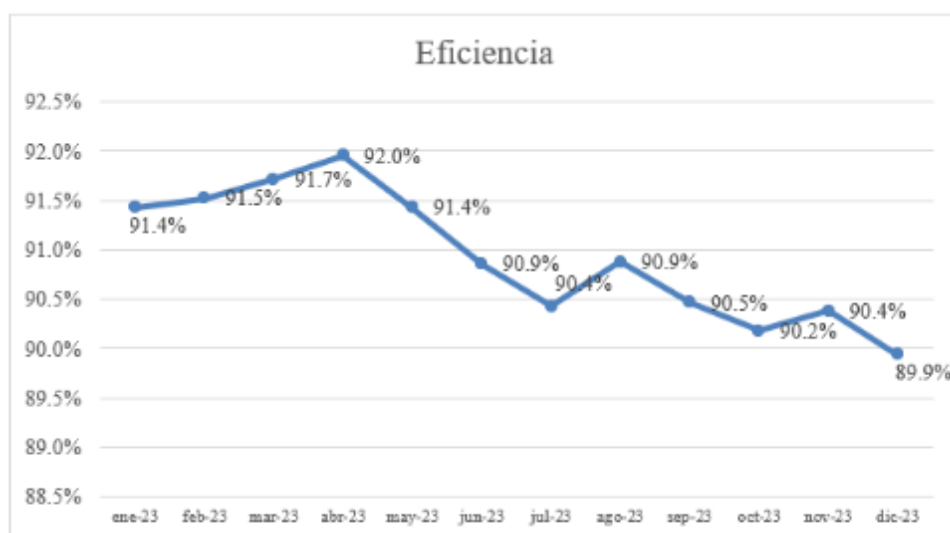
*Nota.* Información proporcionada por la entidad

En el escenario previo, los promedios de los indicadores clave muestran una eficiencia del 90.9%, un aprovechamiento de la carga del 87.19%, un aprovechamiento de tiempo de 18.0 km/h y un costo por kilómetro de S/ 65.67. Estos valores reflejan un

desempeño moderado, con margen de mejora, especialmente en el costo por kilómetro, que es relativamente alto. La eficiencia y el aprovechamiento de la carga se mantienen cercanos al 90%, lo que indica que, aunque el sistema funciona, no está optimizado. El aprovechamiento de tiempo sugiere que los vehículos no están operando a su máxima capacidad, lo que podría estar contribuyendo a los costos elevados. En general, estos promedios indican la necesidad de implementar mejoras para optimizar los recursos.

**Figura 16**

*Evolución de la eficiencia en el periodo previo a la implementación*

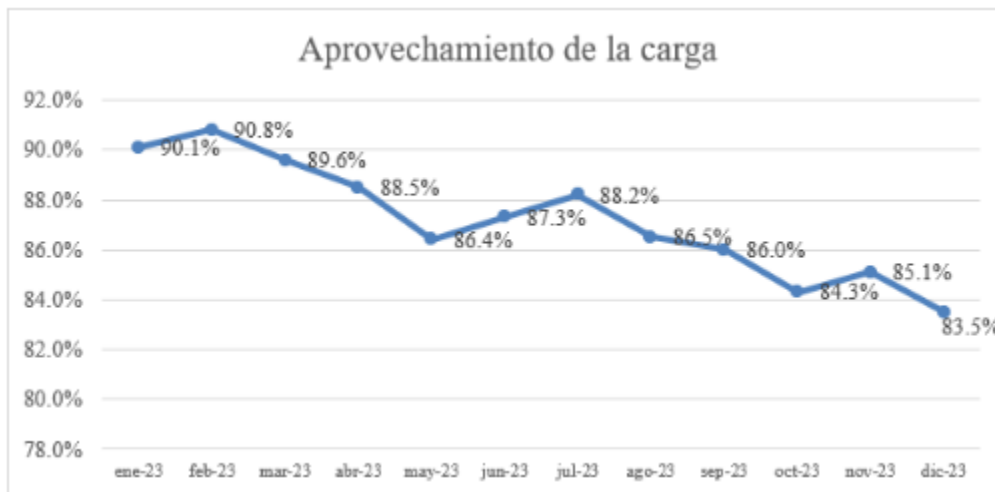


*Nota.* Información proporcionada por la entidad

En el escenario previo, se observa una ligera tendencia a la baja en la eficiencia, pasando de 91.4% en enero a 89.9% en diciembre. El aprovechamiento de la carga también disminuye, de 90.1% a 83.5%, lo que sugiere un uso menos efectivo de los recursos a lo largo del año. El aprovechamiento de tiempo se mantiene estable alrededor de 18 km/h, pero con una ligera disminución hacia fin de año, esta tendencia indica un deterioro gradual en la eficiencia operativa.

**Figura 17**

*Evolución del aprovechamiento de la carga en el periodo previo a la implementación*

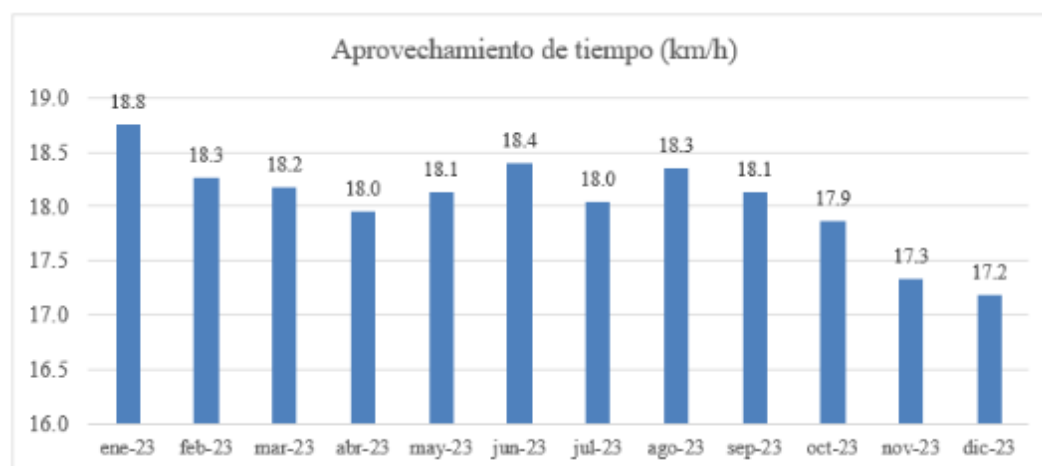


*Nota.* Información proporcionada por la entidad

La tendencia en el aprovechamiento de la carga muestra una disminución constante, desde 90.1% en enero hasta 83.5% en diciembre. Esto podría deberse a una planificación ineficiente de rutas o a una gestión deficiente de los residuos. El costo por kilómetro, por otro lado, aumenta progresivamente, lo que sugiere un incremento en los gastos operativos, posiblemente relacionados con el mantenimiento de los vehículos o el aumento de los costos de combustible.

**Figura 18**

*Evolución del aprovechamiento de tiempo en el periodo previo a la implementación*

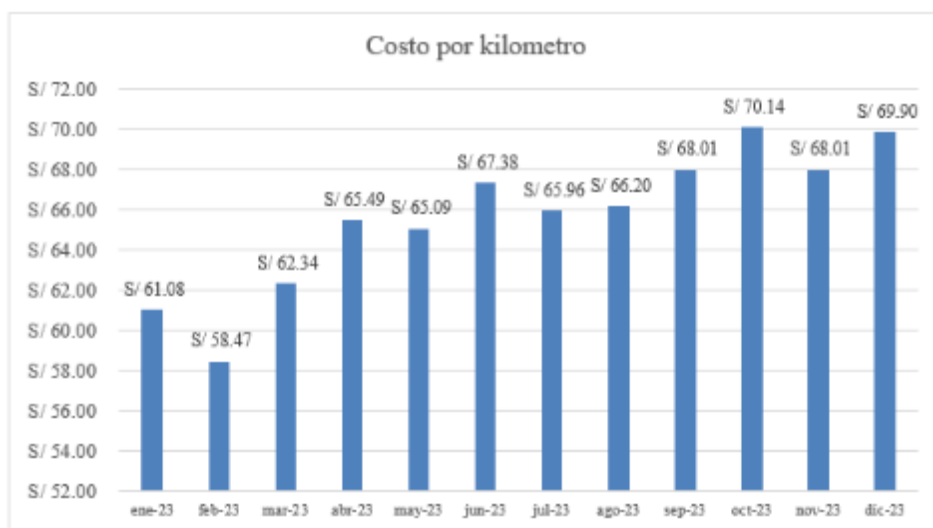


*Nota.* Información proporcionada por la entidad

El aprovechamiento de tiempo se mantiene relativamente estable, con una ligera disminución hacia fin de año, pasando de 18.8 km/h en enero a 17.2 km/h en diciembre. Esto indica que los vehículos no están operando a su máxima capacidad de velocidad, lo que podría estar relacionado con congestiones de tráfico o rutas no optimizadas. La eficiencia, aunque alta, muestra una tendencia decreciente, lo que sugiere que los recursos no se están utilizando de manera óptima. Estas tendencias refuerzan la necesidad de mejorar la planificación y gestión de las operaciones.

**Figura 19**

*Evolución del costo por kilómetro en el periodo previo a la implementación*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad

El costo por kilómetro muestra una tendencia ascendente a lo largo del año, con un aumento significativo en los últimos meses, alcanzando S/ 70.14 en octubre. Esto podría estar relacionado con el incremento en los costos de combustible, mantenimiento de vehículos o ineficiencias en la planificación de rutas. La eficiencia y el aprovechamiento de la carga también muestran una tendencia decreciente, lo que sugiere que el sistema no está siendo gestionado de manera óptima. Estas tendencias indican la necesidad de implementar mejoras para reducir costos y aumentar la eficiencia.

#### 4.2. Resultados de los indicadores luego de la metodología (después)

En esta sección, se presentan los indicadores del escenario posterior a la implementación realizada del Lean Logistics. Los resultados muestran mejoras significativas en el nivel de eficiencia, aprovechamiento de carga y disminución de costos. Estas tendencias positivas confirman que las estrategias implementadas, como la optimización de rutas y la gestión de recursos, han tenido un impacto favorable en la operación, logrando un transporte de residuos más eficiente y sostenible y los cálculos a detalle se encuentran en el Anexo 2.

**Tabla 5**

*Indicadores posteriores a la implementación*

Periodo	Eficiencia	Aprovechamiento de la carga	Aprovechamiento de tiempo (km/h)	Costo por kilómetro
ene-24	92.3%	86.5%	18.5	S/ 58.79
feb-24	92.4%	88.1%	18.3	S/ 57.74
mar-24	93.7%	90.7%	18.9	S/ 58.98
abr-24	93.8%	91.3%	18.6	S/ 59.75
may-24	94.2%	93.9%	19.2	S/ 60.03
jun-24	94.7%	93.3%	19.3	S/ 60.91
jul-24	94.3%	92.5%	19.7	S/ 58.10
ago-24	95.7%	94.2%	20.4	S/ 55.82
sep-24	96.4%	95.1%	20.8	S/ 54.15
oct-24	97.0%	94.8%	20.5	S/ 51.72
nov-24	97.6%	95.7%	20.6	S/ 50.37
dic-24	98.5%	97.2%	21.2	S/ 48.86
Promedio	95.1%	92.78%	19.7	S/ 56.27

*Nota.* Información proporcionada por la entidad

En el escenario posterior, los promedios mejoran significativamente: la eficiencia aumenta a 95.1%, el aprovechamiento de la carga a 92.78%, el aprovechamiento de tiempo a 19.7 km/h y el costo por kilómetro se reduce a S/ 56.27. Estos resultados reflejan una optimización en la gestión del transporte de residuos a partir del Lean Logistics. La

eficiencia y el aprovechamiento de la carga superan el 90%, lo que indica un uso más efectivo de los recursos. Además, el costo por kilómetro disminuye considerablemente, lo que sugiere una reducción en los gastos operativos. En general, estos promedios muestran una mejora significativa en el nivel de eficiencia operativa

**Figura 20**

*Evolución de la eficiencia en el periodo posterior a la implementación*

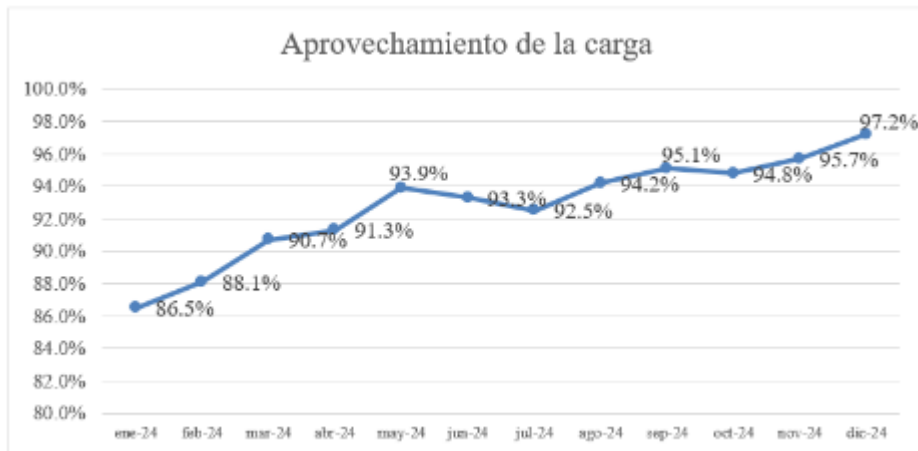


*Nota.* Información proporcionada por la entidad

En el escenario posterior, se observa una tendencia positiva en todos los indicadores. La eficiencia aumenta de 92.3% en enero a 98.5% en diciembre, mostrando una mejora constante. El aprovechamiento de la carga también aumenta, de 86.5% a 97.2%, lo que indica un uso más efectivo de los recursos. El aprovechamiento de tiempo mejora de 18.5 km/h a 21.2 km/h, reflejando una optimización en las rutas y la velocidad de los vehículos. El costo por kilómetro disminuye, alcanzando su punto más bajo en diciembre, estas tendencias confirman la efectividad de las mejoras implementadas.

**Figura 21**

*Evolución del aprovechamiento de la carga en el periodo posterior a la implementación*

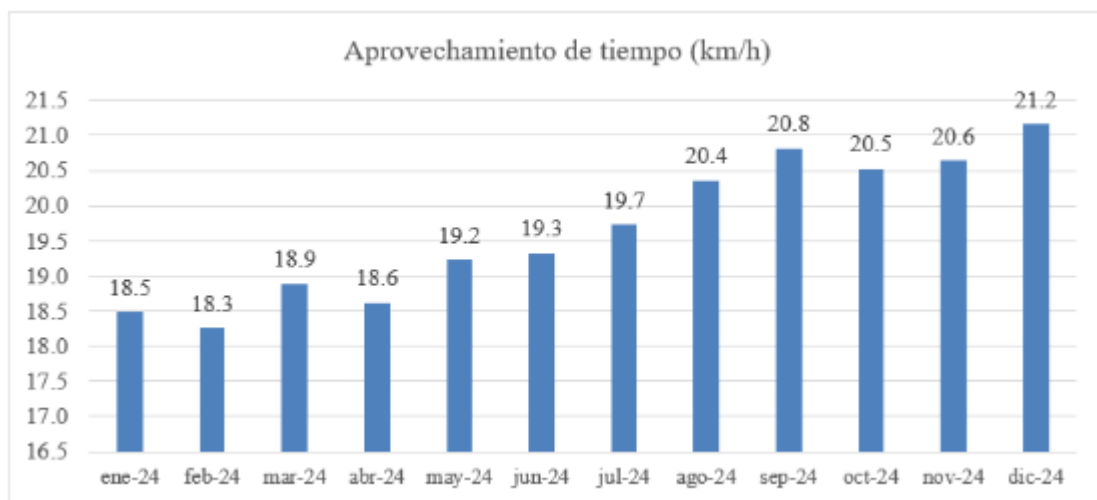


*Nota.* Información proporcionada por la entidad

La tendencia en el aprovechamiento de la carga muestra un aumento constante, desde 86.5% en enero hasta 97.2% en diciembre. Esto refleja una mejor planificación de rutas y una gestión más eficiente de los residuos. El costo por kilómetro, por otro lado, disminuye progresivamente, lo que sugiere una reducción en los gastos operativos, posiblemente debido a una mejor gestión y una optimización en el uso de combustible.

**Figura 22**

*Evolución del aprovechamiento de tiempo en el periodo posterior a la implementación*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad

El aprovechamiento de tiempo muestra una tendencia ascendente, en la cual se pasó de 18.5 km/h en enero a 21.2 km/h en diciembre. Esto indica que los vehículos están operando a una mayor velocidad, lo que podría deberse a una optimización de las rutas y una reducción en los tiempos de espera. La eficiencia también aumenta constantemente, lo que sugiere que los recursos se están utilizando de manera más efectiva. Estas tendencias positivas confirman que las mejoras tuvieron un impacto significativo en el nivel de eficiencia operativa.

**Figura 23**

*Evolución del costo por kilómetro en el periodo posterior a la implementación*



*Nota.* Información proporcionada por la entidad

El costo por kilómetro muestra una tendencia descendente a lo largo del año, con una reducción significativa en los últimos meses, alcanzando S/ 48.86 en diciembre. Esto podría estar relacionado con una mejor gestión de los recursos, una optimización en el uso de combustible y una disminución de los costos de mantenimiento. La eficiencia y el aprovechamiento de la carga también muestran una tendencia ascendente, lo que sugiere que el sistema está siendo gestionado de manera más efectiva. Estas tendencias indican que

ha habido un impacto positivo en la eficiencia operativa a partir de las mejoras introducidas.

### 4.3. Análisis comparativo de los resultados antes y después de la mejora

En esta sección, se comparan los promedios de los indicadores clave entre los escenarios previo y posterior. La comparación revela mejoras notables en la eficiencia, el aprovechamiento de la carga y disminución de costos, respaldando la efectividad del Lean Logistics. Estos cambios demuestran que una mejor gestión de los recursos es fundamental para mejorar el desempeño operativo en el transporte de residuos.

**Tabla 6**

*Análisis comparativo de los resultados antes y después*

Indicador	Antes (2023)	Después (2024)	Diferencia
Eficiencia	90.93%	95.05%	4.12%
Aprovechamiento de la carga	87.19%	92.78%	5.58%
Aprovechamiento de tiempo (km/h)	18.05	19.7	1.62
Costo por kilometro	S/ 65.67	S/ 56.27	-S/ 9.40

*Nota.* Información proporcionada por la entidad

La comparación entre los escenarios previo y posterior muestra mejoras significativas en todos los indicadores. La eficiencia aumentó de 90.93% a 95.05%, lo que representa un incremento del 4.12%. El aprovechamiento de la carga mejoró de 87.19% a 92.78%, con un aumento del 5.58%. El aprovechamiento de tiempo también mejoró, pasando de 18.05 km/h a 19.7 km/h, lo que refleja una optimización en las rutas y la velocidad de los vehículos. Finalmente, el costo por kilómetro disminuyó de S/ 65.67 a S/ 56.27, lo que representa un ahorro de S/ 9.40 por kilómetro. Estos cambios confirman que la aplicación del Lean Logistics ha tenido un impacto positivo en la eficiencia operativa.

#### 4.4. Evaluación económica del flujo de caja

##### 4.4.1 Ingresos económicos

Respecto a los ingresos generados por la aplicación de la metodología Lean Logistics, en la Tabla 7 se detalla los costos reducidos, entiéndase, ahorros generados asociados a la implementación del nuevo modelo de transporte eficiente, a saber:

**Tabla 7**

*Ingresos económicos*

Periodo	Costo por Kilómetro recorrido		Reducción de costos (S/)	Kilómetros recorridos
	Costo total Antes	Costo Total Después		
Ene-23	S/ 463,908.0	S/ 446,569.4	17338.6	7,596
Feb-23	S/ 444,154.5	S/ 438,554.2	5600.3	7,596
Mar-23	S/ 473,485.5	S/ 448,008.4	25477.0	7,596
Abr-23	S/ 497,429.1	S/ 453,837.6	43591.4	7,596
May-23	S/ 494,436.1	S/ 455,956.5	38479.6	7,596
Jun-23	S/ 511,795.3	S/ 462,666.9	49128.4	7,596
Jul-23	S/ 501,020.7	S/ 441,294.9	59725.7	7,596
Ago-23	S/ 502,816.4	S/ 424,023.6	78792.8	7,596
Set-23	S/ 516,584.0	S/ 411,276.6	105307.4	7,596
Oct-23	S/ 532,746.0	S/ 392,834.5	139911.4	7,596
Nov-23	S/ 516,584.0	S/ 382,576.6	134007.4	7,596
Dic-23	S/ 530,950.2	S/ 371,105.9	159844.3	7,596
Promedio	S/ 498,825.8	S/ 427,392.1	857,205.0	7,596

La Tabla anterior se presenta un análisis detallado de la reducción de costos derivada de la implementación de mejoras en el transporte de residuos. Se observa una disminución progresiva del costo total por kilómetro recorrido a lo largo del año 2023, con una diferencia notable entre los valores antes y después de la optimización del sistema.

Durante el mes de enero, la reducción de costos fue de S/ 17,338.6, mientras que en febrero disminuyó a S/ 5,600.3, reflejando una menor optimización en ese periodo. No obstante, a partir de marzo se registra un incremento significativo en los ahorros, alcanzando S/ 25,477.0 y aumentando progresivamente hasta un máximo de S/ 159,844.3 en diciembre.

El promedio anual de reducción de costos asciende a S/ 857,205.0, lo que indica que las estrategias implementadas han generado una optimización sostenida en la gestión del transporte de residuos. Estos ahorros reflejan mejoras en la eficiencia operativa, disminución de los tiempos improductivos y la optimización de rutas bajo los principios de Lean Logistics.

#### **4.4.2. Egresos económicos**

Respecto a los egresos, en la Tabla 8 se muestran a detalle los costos asociados a la implementación del nuevo modelo de transporte eficiente. Se identifica que la inversión más significativa corresponde a la adquisición de camiones compactadores económicos, con un costo total de S/ 200,000. Asimismo, se destinaron S/ 20,000 a la puesta en marcha del taller de mantenimiento preventivo, de forma que se asegure la disponibilidad y operatividad continua de los vehículos. Este monto cubre la compra de herramientas y repuestos básicos (S/ 8,000), adecuación de infraestructura (S/ 7,000) y adquisición de software para mantenimiento y control (S/ 5,000). Se asignó también un presupuesto de S/ 15,000 para asesoría en Lean Logistics, con el objetivo de mejorar la planificación de rutas y eliminar desperdicios en la operación. Además, se realizaron inversiones en capacitación del personal operativo (S/ 9,000), materiales y señalización (S/ 6,000), monitoreo mediante GPS (S/ 10,000) e incentivos para conductores (S/ 5,000), totalizando S/ 280,000. Este desglose evidencia un enfoque integral para optimizar la operación, priorizando la eficiencia de los recursos y la sostenibilidad de la inversión a largo plazo.

**Tabla 8**

*Egresos económicos*

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Total (S/.)
1. Adquisición de Camiones Compactadores Económicos	2 unidades	100,000	200,000
2. Implementación de Taller de Mantenimiento Preventivo	-	-	20,000
- Contenedores y repuestos básicos	-	-	8,000
- Infraestructura básica y señalización	-	-	7,000
- Accesorios de mantenimiento y control	-	-	5,000
3. Asesoría en Lean Logistics y Optimización de Rutas	-	-	15,000
4. Capacitación para Personal Operativo en Lean Logistics	3 sesiones	3,000	9,000
5. Materiales y Señalización para Eficiencia Operativa	-	-	6,000
6. Implementación de Indicadores y Monitoreo GPS	-	-	10,000
7. Incentivos para Conductores por Buen Desempeño	-	-	5,000
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>280,000</b>

*Nota. Información suministrada por la Municipalidad*

Con relación al flujo de caja económico mostrando en la Tabla 9, se observa la implementación de la mejora logística. En Semana 0, se registra un egreso inicial de S/ 280,000, correspondiente a la inversión en infraestructura, equipos y capacitación. A partir del Mes 1, comienzan a reflejarse los beneficios económicos con una reducción de costos de S/ 17,339, seguida de valores fluctuantes en los siguientes meses. A medida que las mejoras operativas se consolidan, el impacto financiero se hace más evidente, alcanzando una reducción máxima de S/ 159,844 en diciembre. En términos acumulativos, el proyecto inicia con un saldo negativo de S/ -280,000, el cual se reduce progresivamente hasta alcanzar un punto de equilibrio en el Mes 8. A partir de este momento, la rentabilidad comienza a ser positiva, cerrando el año con un flujo de caja acumulado de S/ 577,205, lo que demuestra la viabilidad financiera de la inversión.

El análisis financiero del proyecto de optimización del transporte de residuos mediante Lean Logistics se respalda con diversos indicadores económicos que permiten evaluar su rentabilidad y viabilidad a largo plazo.

El Costo de Oportunidad del Capital (COK) se ha estimado en 4.43%, representando la tasa mínima de rendimiento esperada para que la inversión sea atractiva en comparación con otras alternativas financieras. Este valor indica que el proyecto debe generar un retorno superior a este porcentaje para ser considerado viable. El Valor Actual Neto (VAN) asciende a S/ 296,475, lo que significa que, descontando todos los costos y beneficios a valor presente, el proyecto generará una ganancia neta significativa. Un VAN positivo confirma que la inversión es rentable y que los flujos de ahorro en costos superan con creces la inversión inicial de S/ 280,000.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza 14.60%, lo que demuestra que el rendimiento del proyecto es ampliamente superior al COK de 4.43%, evidenciando una rentabilidad atractiva. Este indicador muestra que la inversión en optimización del transporte de residuos es financieramente sólida y permitirá recuperar la inversión con un margen favorable.

La relación Beneficio-Costo (B/C) se sitúa en 3.06, lo que indica que por cada S/ 1.00 invertido, se generan S/ 3.06 en beneficios. Este resultado es altamente positivo, ya que muestra que la estrategia implementada no solo permite recuperar la inversión, sino que también genera un impacto económico positivo significativo. Por último, el Periodo de Recupero se estima en 7.52 meses, lo que implica que, en menos de un año, la Municipalidad de La Esperanza podrá recuperar completamente el monto invertido en la implementación del proyecto. Esto resalta la rapidez con la que los beneficios económicos comienzan a reflejarse y refuerza la conveniencia de aplicar principios de Lean Logistics en la gestión del transporte de residuos. En conclusión, los indicadores financieros confirman que la inversión realizada no solo es sostenible, sino que también proporciona una mejora económica tangible en la disminución de costos operativos.

#### 4.4.3. Flujo de Caja económico

**Tabla 9**  
*Flujo de Caja Económico*

	Semana 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
<b>Ingresos</b>													
Costo antes		463,908	444,155	473,485	497,429	494,436	511,795	501,021	502,816	516,584	532,746	516,584	530,950
Costo después		446,569	438,554	448,008	453,838	455,957	462,667	441,295	424,024	411,277	392,835	382,577	371,106
Reducción de costos		17,339	5,600	25,477	43,591	38,480	49,128	59,726	78,793	105,307	139,911	134,007	159,844
<b>Egresos</b>													
Costo de implementación	280,000												
Flujo del periodo	-280,000	17,339	5,600	25,477	43,591	38,480	49,128	59,726	78,793	105,307	139,911	134,007	159,844
Flujo acumulado		-262,661	-257,061	-231,584	-187,992	-149,513	-100,384	-40,659	38,134	143,442	283,353	417,360	577,205

**Tabla 10**  
*Indicadores económicos*

Indicadores	Valor
COK	4.430%
VAN	S/ 296,475
TIR	14.60%
B-C	3.06
Periodo de recupero	7.52

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

En primera instancia, se concluye que el diagnóstico de la situación inicial de la eficiencia fue deficiente, puesto que antes de la aplicación de la metodología Lean Logistics, el transporte de residuos en la Municipalidad de La Esperanza presentaba deficiencias en su eficiencia operativa. La eficiencia alcanzaba solo un 90.93%, indicando oportunidades de mejora en la gestión. El aprovechamiento de la carga era del 87.19%, lo que evidenciaba un uso no óptimo de la capacidad de los vehículos. Además, el aprovechamiento del tiempo era bajo, con una velocidad promedio de 18.05 km/h, reflejando demoras en los recorridos. Por último, el costo por kilómetro era elevado, llegando a S/ 65.67, lo que representaba un gasto considerable para la municipalidad. Estos indicadores mostraban la necesidad de mejorar con urgencia el sistema de transporte para mejorar su rendimiento y reducir costo del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024.

En segundo lugar, se concluye que fue viable ejecutar la metodología Lean Logistics, se evidenciaron mejoras significativas en el transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo. La eficiencia aumentó de 90.93% a 95.05%, optimizando los procesos operativos. El aprovechamiento de la carga pasó de 87.19% a 92.78%, maximizando la capacidad de los vehículos. Asimismo, el aprovechamiento del tiempo mejoró de 18.05 km/h a 19.7 km/h, agilizando los recorridos. Finalmente, el costo por kilómetro se redujo de S/ 65.67 a S/ 56.27, generando un ahorro de S/ 9.40 por km. Estos resultados reflejaron un sistema más eficiente, rentable y sostenible. Por tanto, se concluye que la metodología Lean Logistics con herramientas como VSM, Kanban, Kaizen y Poka-Yoke, sí lograron mejorar el nivel de eficiencia del transporte de residuos de la municipalidad materia de estudio.

En tercer lugar, se concluye que sí es viable económicamente la implementación de la metodología Lean Logistics, siguiendo el análisis financiero que mostró una rentabilidad y viabilidad aceptables. El Valor Actual Neto (VAN) de S/ 296,475 indicó una ganancia neta significativa, mientras que la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 14.60% superó ampliamente el Costo de Oportunidad del Capital (COK) de 4.43%, confirmando la conveniencia de la inversión. La relación Beneficio-Costo (B/C) de 3.06 refleja que por cada sol que se invierte se generan S/ 3.06 en beneficios. Además, el Periodo de Recupero fue de 7.52 meses, indicando que la inversión fue recuperada en un período menor a un año.

Por último, se concluye que la aplicación de la metodología Lean Logistics se dio en cuatro etapas; empezando por el mapeo del flujo de valor con VSM, para luego efectuar mejoras en los procesos Kaizen, posteriormente efectuar la coordinación de recolección de residuos con herramienta Kanban, y luego la optimización de rutas con enfoque Just In Time, sí se pudo mejorar la eficiencia del transporte de residuos de la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024.

## **Recomendaciones**

Para lograr una mejora eficiente del transporte de residuos en la Municipalidad de La Esperanza, se recomienda la implementación de la metodología Lean Logistics. Es necesario que las autoridades municipales y la Gerencia de Gestión Ambiental lideren este proceso, asegurando una capacitación adecuada de los trabajadores en el Lean Logistics. Además, es fundamental estandarizar los procesos, identificar y eliminar desperdicios en la logística del transporte y emplear tecnologías de monitoreo en tiempo real, con lo cual se logra el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Con respecto al diagnóstico de la eficiencia actual del transporte de residuos, se recomienda que el equipo técnico de la municipalidad, en conjunto con consultores

especializados en logística, realice un diagnóstico detallado del sistema de transporte de residuos. Para ello, es necesario aplicar herramientas como el mapeo de procesos, encuestas a los operarios y la recopilación de datos clave sobre tiempos de recolección, costos operativos y posibles ineficiencias en las rutas actuales. Este análisis permitirá obtener una línea base que servirá como referencia para la implementación de mejoras.

Con relación a la ejecución del Lean Logistics, para optimizar la gestión del transporte de residuos, se recomienda que los conductores, el personal operativo y los gestores de residuos adopten los principios de la metodología. Ello implica la disminución de los tiempos de espera, la optimización de rutas mediante software de gestión, suprimir actividades innecesarias y promover una cultura basada en la mejora continua. Es fundamental que la municipalidad brinde capacitaciones y realice un seguimiento constante para asegurar la correcta aplicación de las estrategias y evaluar su impacto en la eficiencia del servicio.

Por último, respecto a la evaluación del costo-beneficio de la implementación del Lean Logistics, se recomienda un trabajo conjunto entre el área de Finanzas y la Gerencia de Gestión Ambiental de la municipalidad para la elaboración de un análisis del costo-beneficio de la metodología aplicada cada semestre o anualmente no solo para el área de compras, sino para toda área que lo aplique o adecue a sus procesos internos. Para ello, se debe comparar la situación previa y posterior a la implementación, evaluando aspectos como la disminución del uso de combustible, de tiempos improductivos y la mejora en la productividad del personal. Este análisis permitirá determinar el impacto financiero y operativo de Lean Logistics, facilitando la toma de decisiones para futuras mejoras en la gestión del transporte de residuos.

## REFERENCIAS

- Abed , A., AlArjani, A., Seddek, L., & ElAttar, S. (2024). Reduce the delivery time and relevant costs in a chaotic requests system via lean-Heijunka model to enhance the logistic Hamiltonian route. *Results in Engineering Vol 21*, 101745.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101745>
- Alejandro Chable, J., Salais Fierro, T., Saucedo-Martínez, J., & Cedillo Campos, M. (2022). A New Lean Logistics Management Model for the Modern Supply Chain. *Mobile Networks and Applications*, 1-12. doi:<https://doi.org/10.1007/s11036-022-02018-1>
- Arrogante Ramirez, A. (2020). *Organización de eventos empresariales*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Aziz, T., Shahriar, T., Faiyaz, F., Islam, A., & Rashid, H. (2020). Lean Logistics Strategy for the Ready-Made Garments (RMG) Industry of Bangladesh. *Proceedings of the International Conference on Industrial & Mechanical Engineering and Operations Management*, 1-10.
- Banco Mundial. (2021). *Publicación: What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10986/30317>
- Benyahya, P., & Macurová, L. (2021). Utilization of shopfloor management as a tool for communication and knowledge sharing in the framework of LEAN logistics – a case study. *Serbian Journal of Management* 16 (1), 267 - 276.  
doi:<https://doi.org/10.5937/sjm16-25783>
- Bragato Matteo, B. (2023). *Lean Logistics Optimization: An Application of A3 Thinking to the Internal Logistics of a Chemical Company (Tesis de Maestría)*. Universidad

- Politecnico di Milano. Obtenido de <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/214279>
- Cuatrecasas Arbos, L. (2022). *Manual de organización e ingeniería de la producción y gestión de operaciones*. Barcelona, España: PROFIT Editorial.
- Dávila Grajales, E. (2022). *Gestión integral de la calidad basada en procesos*. Ediciones de la U.
- Escudero Silvera, R. (2021). *Logística 2100: Gestión y operaciones en la cadena de suministro*. Ediciones de la U.
- Eslava Sarmiento, A. (2021). *Logística intermodal*. Ediciones de la U.
- Esquivel Inga, J., & Mitacc Alvarez, A. (2023). *Propuesta de mejora en la logística de distribución de productos avícolas mediante el uso de Lean Logistics y Optimización de rutas de una empresa Pyme en Lima-Perú. (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/671839>
- Fallas, P., Quesada, H., & Bond, B. (2020). A lean logistics framework: a case study in the wood fiber supply chain. *Society of Wood Science and Technology* 52 (1), 117-127. Obtenido de <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2918>
- Fuentes Vega, J., Millo Carmenate, V., Cogollos Martínez, J., Pérez Chaviano, A., & Fundora Beltrán, P. (2021). El sistema de indicadores para evaluar el desempeño del transporte de cargas. *Revista Universidad y Sociedad* 13 (3), 342-353. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n3/2218-3620-rus-13-03-342.pdf>
- Gongora Huanca, J., & Navarro Abad, L. (2023). *Propuesta de mejora de la entrega a tiempo en el proceso de transporte de cajeros automáticos usando herramientas Lean y gestión de inventarios (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/671955>

- Güere Cuicapusa, V. (2024). *Propuesta de mejora para cumplir con el ON TIME en las entregas de las carrocías mediante la aplicación de las herramientas de Lean Logistics en la empresa FAMEDI, 2024. (Tesis de Licenciatura)*. Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14005/14351>
- Hans Pfohl, C. (2023). *Logistics Management: Conception and Functions*. Springer Nature.
- Harrison, A., Skipworth, H., van Hoek, R., & Aitken, J. (2023). *Logistics Management and Strategy*. Pearson Education Limited.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Llanos Watanabe, E. (2024). *Propuesta de mejora en el proceso de despacho de productos terminados en una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos químicos y sales mediante el uso de herramientas de Lean Logistics (Tesis de Licenciatura)*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/28254>
- Ministerio del Ambiente. (2023). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5605818/4973970-planres-2do-entregable-para-publicar-en-web-minam-27-12-2023\\_scc.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5605818/4973970-planres-2do-entregable-para-publicar-en-web-minam-27-12-2023_scc.pdf)
- Mohamad Fared, M. (2023). Logistics Best Practices Towards Logistics Performance in Malaysia Moderated with Lean Logistics. *Proceedings of the 10th International Conference on Business, Accounting, Finance and Economics*, 225–238.  
doi:10.2991/978-2-494069-99-2\_19
- Monzon Florez, A. (2023). *Propuesta de aplicación de herramientas Lean Logistics para mejorar la productividad de la empresa Roca Black E. I. R. L., 2023 (Tesis de*

- Licenciatura*). Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/34859>
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Jesús, P., & Romero, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Oleas Lara, C., Mazón Fierro, G., & Carrasco Zárata, E. (2020). Optimización del proceso logístico en el transporte y las operaciones de exportación mediante fórmulas matemáticas en los KPI's. *Dominio de las Ciencias 6 (3)*, 756-773. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7539683>
- PNUD. (2022). *Guía para la gestión integral de residuos sólidos municipales*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Obtenido de [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-09/PADIT\\_Gu%C3%ADa%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-09/PADIT_Gu%C3%ADa%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales.pdf)
- Rodríguez Moreno, D. (2021). *La productividad en el servicio*. Editorial UPTC.
- Rojas García, J., Elias Giordano , C., Nallusamy, S., & Quiroz Flores, J. (2024). Enhancement of the distribution process on light logistics SMEs in times post-pandemic Covid-19 with Ukraine-Russia conflict by lean logistics and big data. *Social Sciences & Humanities Open Vol 10*, 100945. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100945>
- SINIA. (2020). *Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública*. Sistema Nacional de Información Ambiental. Obtenido de [https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/anexo\\_rm\\_091.pdf](https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/anexo_rm_091.pdf)
- Tang, L. (2023). *Industrial Engineering and Applications*. IOS Press BV.

Tuan, H., Lin, C., Bui, X., Nguyen, M., Thanh, N., Mukhtar, H., & Hoang, H. (2022).

Phthalates in the environment: characteristics, fate and transport, and advanced wastewater treatment technologies. *Bioresource Technology* 34 (8), 126249.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126249>

Valderrama, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.

## ANEXOS

Anexo 1 Datos de escenario inicial

Periodo	Eficiencia			Aprovechamiento de la carga			Aprovechamiento de tiempo (km/h)			Costo por kilometro		
	Tiempo de trabajo (horas)	Tiempo perdido (horas)	% Eficiencia	Capacidad real (KG)	Capacidad utilizada	% AC	kilómetros recorridos	Tiempo de operación (horas)	AT	Costo total	kilómetros recorridos	Cm/k
ene-23	480	45.0	91.4%	2,616,780	2,357,719	90.1%	7,596	405.0	18.8	S/ 463,908.0	7,596	S/ 61.08
feb-23	448	41.5	91.5%	2,442,328	2,217,634	90.8%	7,596	416.0	18.3	S/ 444,154.5	7,596	S/ 58.47
mar-23	496	44.8	91.7%	2,704,006	2,422,789	89.6%	7,596	418.0	18.2	S/ 473,485.5	7,596	S/ 62.34
abr-23	480	42.0	92.0%	2,616,780	2,315,850	88.5%	7,596	423.0	18.0	S/ 497,429.1	7,596	S/ 65.49
may-23	496	46.5	91.4%	2,704,006	2,336,261	86.4%	7,596	419.0	18.1	S/ 494,436.1	7,596	S/ 65.09
jun-23	480	48.3	90.9%	2,616,780	2,284,449	87.3%	7,596	413.0	18.4	S/ 511,795.3	7,596	S/ 67.38
jul-23	496	52.5	90.4%	2,704,006	2,384,933	88.2%	7,596	421.0	18.0	S/ 501,020.7	7,596	S/ 65.96
ago-23	496	49.8	90.9%	2,704,006	2,338,965	86.5%	7,596	414.0	18.3	S/ 502,816.4	7,596	S/ 66.20
sep-23	480	50.6	90.5%	2,616,780	2,250,431	86.0%	7,596	419.0	18.1	S/ 516,584.0	7,596	S/ 68.01
oct-23	496	54.0	90.2%	2,704,006	2,279,477	84.3%	7,596	425.0	17.9	S/ 532,746.0	7,596	S/ 70.14
nov-23	480	51.1	90.4%	2,616,780	2,226,880	85.1%	7,596	438.0	17.3	S/ 516,584.0	7,596	S/ 68.01
dic-23	496	55.5	89.9%	2,704,006	2,257,845	83.5%	7,596	442.0	17.2	S/ 530,950.2	7,596	S/ 69.90
Promedio	485.33	48.47	90.9%	2,645,855	2,306,103	87.19%	7595.7	421.1	18.0	S/ 498,825.8	7,596	S/ 65.67

## Anexo 2 Datos de escenario posterior

Periodo	Eficiencia			Aprovechamiento de la carga			Aprovechamiento de tiempo (km/h)			Costo por kilometro			
	Tiempo de trabajo (horas)	Tiempo perdido (horas)	% Eficiencia	Capacidad real (KG)	Capacidad utilizada	% AC	kilómetros recorridos	Tiempo de operación (horas)	AT	Costo total	kilómetros recorridos	Cm/k	
ene-24	480	40.0	92.3%	2,616,780	2,263,515	86.5%	7,596	411.0	18.5	S/ 446,569.4	7,596	S/ 58.79	
feb-24	464	37.9	92.4%	2,529,554	2,228,537	88.1%	7,596	416.0	18.3	S/ 438,554.2	7,596	S/ 57.74	
mar-24	496	33.4	93.7%	2,704,006	2,452,533	90.7%	7,596	402.0	18.9	S/ 448,008.4	7,596	S/ 58.98	
abr-24	480	32.0	93.8%	2,616,780	2,389,120	91.3%	7,596	408.0	18.6	S/ 453,837.6	7,596	S/ 59.75	
may-24	496	30.3	94.2%	2,704,006	2,539,062	93.9%	7,596	395.0	19.2	S/ 455,956.5	7,596	S/ 60.03	
jun-24	480	27.0	94.7%	2,616,780	2,441,456	93.3%	7,596	393.0	19.3	S/ 462,666.9	7,596	S/ 60.91	
jul-24	496	30.1	94.3%	2,704,006	2,501,206	92.5%	7,596	385.0	19.7	S/ 441,294.9	7,596	S/ 58.10	
ago-24	496	22.4	95.7%	2,704,006	2,547,174	94.2%	7,596	373.0	20.4	S/ 424,023.6	7,596	S/ 55.82	
sep-24	480	17.8	96.4%	2,616,780	2,488,558	95.1%	7,596	365.0	20.8	S/ 411,276.6	7,596	S/ 54.15	
oct-24	496	15.1	97.0%	2,704,006	2,563,398	94.8%	7,596	370.0	20.5	S/ 392,834.5	7,596	S/ 51.72	
nov-24	480	11.9	97.6%	2,616,780	2,504,258	95.7%	7,596	368.0	20.6	S/ 382,576.6	7,596	S/ 50.37	
dic-24	496	7.5	98.5%	2,704,006	2,628,294	97.2%	7,596	359.0	21.2	S/ 371,105.9	7,596	S/ 48.86	
Promedio	486.67	25.45	95.1%	2,653,124	2,462,259	92.78%	7595.7	387.1	19.7	S/ 427,392.1	7,596	S/ 56.27	

Anexo 3 Evidencias fotográficas en la Municipalidad de La Esperanza, Trujillo, 2024







#### Anexo 4 Costo de Oportunidad del Capital

Tasa Anual (%)	Depósitos a Plazo para Personas Naturales					Depósitos a Plazo para Personas Jurídicas				
	Hasta 30 días	31-90 días	91-180 días	181-360 días	Más de 360 días	Hasta 30 días	31-90 días	91-180 días	181-360 días	Más de 360 días
BBVA	2.12	3.36	3.78	3.78	3.32	4.00	4.08	4.40	4.50	4.57
Bancom	-	0.00	2.45	3.62	3.54	0.79	2.12	1.75	1.26	-
Crédito	3.39	3.43	3.40	3.00	2.98	4.27	4.69	4.56	4.64	4.67
Pichincha	-	4.47	4.44	4.25	-	4.01	4.81	4.75	4.49	-
Compartamos	-	-	4.49	4.21	4.47	4.83	4.70	4.58	4.66	-
RIF	3.15	4.48	4.40	4.41	4.37	4.32	4.34	3.80	4.21	4.26
Scotiabank	1.49	3.03	3.00	3.07	2.07	3.88	4.29	4.01	4.22	3.88
Citibank	-	-	-	-	-	3.74	3.71	-	-	-
Interbank	-	4.08	3.95	4.05	3.89	4.28	4.61	4.58	4.55	4.39
Mibanco	2.12	2.86	3.52	3.51	2.28	4.48	4.57	4.42	3.57	4.07
GNB	-	5.05	4.58	4.88	3.25	4.44	4.64	4.61	4.54	4.38
Falabella	0.19	3.25	4.73	4.28	3.74	4.59	4.70	4.71	4.58	-
Santander	-	3.60	4.05	-	-	3.97	3.83	4.20	4.17	1.75
Ripley	-	5.01	-	4.95	4.71	-	-	-	-	-
Allin	1.00	2.94	3.03	3.07	4.35	-	-	-	2.50	3.50
ICBC	-	-	-	-	-	3.81	4.22	-	-	-
Bank of China	-	-	-	-	-	4.25	-	-	-	-
BCI	-	-	-	-	-	4.55	4.74	4.64	-	-
Promedio	2.81	3.67	3.57	3.62	3.42	4.24	4.55	4.48	4.43	4.54

Nota. Extraído de <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEPortal/Paginas/TIPasivaDepositoEmpresa.aspx?tip=B>