

**Propuesta De Mejoramiento Logístico En Los Costos De Transporte Y Distribución De La  
Empresa Produplant Duitama**

Leslie Valentina Hernandez González

Directora:  
Ing. Laura Patricia Carranza Murillo

Especialización De Gerencia De Procesos Logísticos En Redes De Valor

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Opción de grado- Proyecto Aplicado

2025

## Resumen

El presente proyecto se enfocó en el mejoramiento logístico de la empresa Produplant Duitama, con el propósito de identificar y abordar los factores que incrementan los costos de transporte y distribución, afectando la competitividad y sostenibilidad de la organización. A partir de un enfoque aplicado, se desarrolló un análisis exhaustivo de los procesos logísticos actuales, desglosando tanto los costos directos como los indirectos, incluyendo combustible, mantenimiento de vehículos, salarios y transporte externo. Este diagnóstico permitió establecer una línea base para proponer estrategias orientadas a la reducción de costos y la mejora operativa.

La investigación se llevó a cabo mediante un estudio descriptivo basado en la recopilación de información primaria (entrevistas con personal logístico y observaciones directas) y secundaria (registros históricos de costos y procesos). Se identificaron áreas críticas como el consumo elevado de combustible, tiempos muertos en la carga y descarga, y la dependencia de transporte tercerizado en ciertas rutas, especialmente en zonas como Casanare. Estas ineficiencias fueron mapeadas a través de diagramas de flujo y mapas de procesos, permitiendo una visualización clara de los puntos de mejora.

Como resultado, se diseñó una propuesta de optimización que incluye estrategias clave, tales como la reorganización de rutas para reducir trayectos innecesarios, la consolidación de cargas para maximizar la eficiencia del transporte, y la incorporación de herramientas tecnológicas para la gestión y monitoreo de rutas en tiempo real. Además, se proyectaron escenarios de ahorro mediante la implementación de estas medidas, destacando una reducción esperada del 15-20% en los costos logísticos totales.

El impacto del proyecto se refleja en la optimización de los procesos logísticos, la mejora en la eficiencia operativa y la creación de valor en la cadena de suministro, contribuyendo al crecimiento sostenible de Produplant Duitama y fortaleciendo su capacidad para competir en el mercado agrícola.

**Palabras clave:** Mejoramiento logístico, Costos operativos, Transporte y distribución, Procesos logísticos, Optimización de costos, Eficiencia operativa, Reducción de costos, Optimización de rutas, Tecnologías de gestión logística.

## Abstract

This project focused on the logistics improvement of Produplant Duitama, aiming to identify and address the factors that increase transportation and distribution costs, affecting the organization's competitiveness and sustainability. Using an applied approach, a comprehensive analysis of current logistics processes was developed, breaking down both direct and indirect costs, including fuel, vehicle maintenance, salaries, and external transportation. This diagnosis allowed for the establishment of a baseline for proposing strategies aimed at cost reduction and operational improvement.

The research was conducted through a descriptive study based on the collection of primary (interviews with logistics personnel and direct observations) and secondary (historical records of costs and processes) data. Critical areas were identified, such as high fuel consumption, downtime during loading and unloading, and the dependence on outsourced transportation on certain routes, especially in areas such as Casanare. These inefficiencies were mapped through flowcharts and process maps, allowing for a clear visualization of areas for improvement.

As a result, an optimization proposal was designed that includes key strategies such as route reorganization to reduce unnecessary journeys, load consolidation to maximize transportation efficiency, and the incorporation of technological tools for real-time route management and monitoring. In addition, savings scenarios were projected through the implementation of these measures, highlighting an expected 15-20% reduction in total logistics costs.

The project's impact is reflected in the optimization of logistics processes, improved operational efficiency, and the creation of value in the supply chain, contributing to Produplant Duitama's sustainable growth and strengthening its ability to compete in the agricultural market.

**Keywords:** Logistics improvement, Operating costs, Transportation and distribution, Logistics processes, Cost optimization, Operational efficiency, Cost reduction, Route optimization, Logistics management technologies.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	10
Planteamiento del problema.....	11
Justificación .....	14
Objetivos .....	16
Objetivo General .....	16
Objetivos Específicos .....	16
Marco referencial .....	17
Marco teórico .....	17
a. Sector .....	17
b. Empresa.....	21
c. Estado del arte.....	23
Marco Conceptual .....	34
Metodología .....	37
Presentación De Resultados .....	43
Fase 1: Diagnóstico de los Procesos Logísticos Actuales.....	43
Fase 2: Evaluación de Rutas y Medios de Transporte .....	72
Fase 3: Desarrollo de la propuesta de mejoramiento .....	79
Análisis de resultados y discusión .....	93

Conclusiones .....	97
Bibliografía .....	99
Anexos .....	104

## Lista de tablas

Tabla 1. Comparativa de Costos Logísticos con Estándares Nacionales.....	18
Tabla 2. Relación de Costos Logísticos e Ingresos.....	19
Tabla 3. Costos individuales por ruta .....	44
Tabla 4. Rutas combinadas .....	46
Tabla 5. Relación entre costos logísticos e ingresos.....	47
Tabla 6. Impacto acumulativo del Terminal de Transporte .....	49
Tabla 7. Flota Vehicular Produplant Duitama .....	50
Tabla 8. Flota propia vs Transporte Externo .....	51
Tabla 9. Tabulación de respuestas .....	56
Tabla 10. Datos Operativos y Económicos de las Rutas .....	73
Tabla 11. Priorización y Oportunidades de Optimización.....	75
Tabla 12. Resultados proyectados.....	77
Tabla 13. Estrategias de Optimización y Beneficios Proyectados.....	83
Tabla 14. Comparación de Costos por Ruta con y sin Consolidación.....	84
Tabla 15. Proyección por Ruta.....	87
Tabla 16. Propuesta de software .....	91

## Lista de Figuras

Figura 1. Comparación Costos Logísticos vs Ingresos .....	19
Figura 2. Rango de Costos Logísticos por Categoría .....	20
Figura 3. Logo de Produplant Duitama, utilizado en todos los documentos oficiales de la empresa. Por Emanuel Higuera (2014).....	21
Figura 4. Costos individuales por ruta .....	44
Figura 5. Costos combinados por rutas consolidadas .....	46
Figura 6. Relación entre costos logísticos e ingresos .....	48
Figura 7. Impacto acumulativo del Terminal de Transporte.....	49
Figura 8. Comparación de Costos: Flota Propia vs. Transporte Externo.....	52
Figura 9. Problemas más frecuentes .....	58
Figura 10. Proporción sugerencias de mejora.....	59
Figura 11. Diagrama de Flujo de Procesos Logísticos para Transporte y Distribución .....	62
Figura 12. Mapa de Procesos Logísticos de Produplant Duitama .....	66
Figura 13. Mapa de Procesos Detallado: Análisis de Tiempos Muertos e Ineficiencias .....	69
Figura 14. Comparación de Costos: Actual vs. Proyectado por Ruta.....	78
Figura 15. Porcentaje de Ahorro por Ruta .....	78
Figura 16. Porcentaje de ahorro proyectado por estrategia.....	83
Figura 17. Costos por ruta con y sin consolidación .....	85
Figura 18. Comparación de Escenarios: Ahorro Total Proyectado .....	89
Figura 19. Distribución del Ahorro por Ruta.....	90

## Introducción

La industria agrícola colombiana, que contribuye con aproximadamente el 7% del PIB del país, enfrenta retos logísticos que limitan su competitividad y desarrollo. La geografía montañosa y la infraestructura vial deficiente presentan dificultades para el transporte eficiente de productos agrícolas, lo que genera altos costos logísticos y largos tiempos de entrega. Estos factores afectan directamente la capacidad de los agricultores colombianos para competir en el mercado global, lo que disminuye su rentabilidad. Por ello, mejorar la eficiencia logística en el transporte y distribución de productos agrícolas es esencial para aumentar la competitividad del sector.

En este contexto, Produplant Duitama, una empresa agrícola localizada en Boyacá, busca optimizar sus procesos logísticos de transporte y distribución con el objetivo de reducir los costos operativos y mejorar su posición en el mercado. Esta necesidad surge a partir de la identificación de diversas ineficiencias que afectan tanto los costos de operación como la calidad del servicio prestado a los clientes.

El presente trabajo tiene como propósito proponer un plan de mejoramiento logístico que permita a Produplant Duitama incrementar la eficiencia de sus operaciones sin comprometer la calidad del servicio, generando un impacto positivo en su competitividad. Además, esta investigación contribuirá a la identificación de oportunidades de mejora en los procesos logísticos de la empresa y brindará recomendaciones concretas para su implementación.

En cuanto a la estructura del documento, primero se presentará una revisión teórica sobre los conceptos logísticos aplicables. Luego, se detallarán los antecedentes de la empresa, los problemas identificados y la metodología utilizada en la investigación. Finalmente, se expondrá la propuesta de mejoramiento y los resultados esperados.

### **Planteamiento del problema**

La industria agrícola colombiana, motor fundamental de la economía nacional, se enfrenta a una serie de desafíos logísticos que impactan directamente en su competitividad y desarrollo. Constituyendo alrededor del 7% del Producto Interno Bruto (PIB) del país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia), la agricultura desempeña un papel esencial en la generación de empleo, la seguridad alimentaria y la atracción de inversiones en las zonas rurales. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, "la industria agrícola en Colombia es un sector crucial para la economía nacional, representando aproximadamente el 7% del PIB del país".

Sin embargo, el transporte eficiente de los productos agrícolas representa una preocupación constante para los actores de esta industria. La geografía montañosa de Colombia y la infraestructura vial limitada plantean importantes obstáculos logísticos que se traducen en costos elevados y tiempos de entrega prolongados. Esta situación, identificada por el Departamento Nacional de Planeación de Colombia, obstaculiza la capacidad de los agricultores colombianos para competir en el mercado global y maximizar su rentabilidad. De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación de Colombia, "el transporte de productos agrícolas en Colombia enfrenta desafíos significativos debido a la infraestructura vial limitada y la geografía montañosa del país, lo que puede aumentar los costos logísticos y afectar la competitividad de los agricultores colombianos en el mercado global".

El Ministerio de Transporte de Colombia reconoce la necesidad urgente de abordar estos desafíos logísticos para garantizar la sostenibilidad y el desarrollo equitativo de las zonas rurales. La mejora de la infraestructura de transporte, la implementación de tecnologías innovadoras y la optimización de las rutas de distribución son áreas clave de intervención para aumentar la

eficiencia del transporte de productos agrícolas. Según el Ministerio de Transporte de Colombia, "el transporte eficiente de productos agrícolas en Colombia es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo económico sostenible en las zonas rurales del país".

Los altos costos de transporte representan un problema significativo para las empresas colombianas, con un impacto directo en su competitividad y rentabilidad. Según datos del Banco de la República de Colombia, estos costos pueden llegar a representar hasta el 14% del valor de los bienes producidos, lo que supone una carga financiera considerable para los productores y distribuidores. El Banco de la República de Colombia afirma que "los costos de transporte en Colombia representan en promedio el 14% del valor de los bienes producidos, lo que supone una carga significativa para las empresas y afecta su competitividad". Además de los costos de transporte, los costos de distribución también son un factor crítico para considerar. El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia señala que la falta de infraestructura logística adecuada y la complejidad geográfica del país contribuyen a aumentar los tiempos de entrega y los costos operativos para las empresas.

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia, "los altos costos de distribución en Colombia están relacionados principalmente con la falta de infraestructura logística adecuada y la complejidad geográfica del país, lo que aumenta los tiempos de entrega y los costos operativos para las empresas".

En este contexto, la optimización de la cadena de suministro se presenta como una estrategia fundamental para mejorar la competitividad de Colombia en el mercado internacional. La reducción de los costos logísticos y la mejora de la eficiencia en toda la cadena de valor son objetivos prioritarios para el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, que reconoce la importancia de impulsar políticas públicas que promuevan la competitividad y el

crecimiento sostenible del país. El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia destaca que "la optimización de la cadena de suministro y la reducción de los costos logísticos son elementos clave para mejorar la competitividad de Colombia en el mercado internacional y fomentar el crecimiento económico sostenible".

En resumen, mejorar la eficiencia logística en la industria agrícola y el transporte en Colombia es un desafío multifacético que requiere la colaboración de los sectores público y privado. La inversión en infraestructura, la adopción de tecnologías innovadoras y la implementación de políticas que fomenten la eficiencia y la competitividad son acciones clave para garantizar un desarrollo equitativo y sostenible en todo el territorio nacional.

Produplant Duitama es una empresa que, al tener un nivel de demanda alto, por ende, tiene un nivel alto de distribución de pedidos a nivel nacional, principalmente en Boyacá y sus alrededores. Debido al incremento de los costos operativos de transporte que se han ido generando al realizar la distribución de pedidos, se busca con el plan de mejoramiento logístico en los costos de transporte y distribución encontrar unos índices de rentabilidad beneficiosos para la empresa, que puedan aumentar su competitividad y tener una optimización de costos. Por eso es necesario conocer ¿Cuál es el plan de optimización de costos logísticos de Produplant Duitama que garantiza eficiencia sin comprometer la calidad del servicio en sus rutas de transporte y distribución?

### **Justificación**

La empresa Produplant Duitama, es una empresa que ofrece productos con una alta demanda debido principalmente al sector en el que se encuentra, el sector agrícola del departamento de Boyacá, por tal motivo es importante garantizar el transporte y distribución de estos mismos, a las diferentes fincas de siembra en Boyacá y sus alrededores. Una empresa agrícola se beneficia significativamente al tener una buena gestión de costos, ya que le permite optimizar recursos, mejorar la rentabilidad, tomar decisiones informadas, controlar el presupuesto, alertar sobre desviaciones y mejorar la eficiencia operativa. Esta gestión adecuada de los costos también proporciona información detallada sobre los gastos de la explotación agrícola, lo que facilita la identificación de áreas de mejora y previene pérdidas económicas, contribuyendo así a la sostenibilidad y competitividad a largo plazo del negocio agrícola (cedait,2021).

Es crucial asegurar la eficiencia en los costos de transporte para las empresas del sector agrícola debido a la alta competencia y los costos crecientes, la necesidad de condiciones especiales para productos perecederos, las limitaciones logísticas y la influencia de las nuevas tecnologías. Optimizar estos costos no solo garantiza la rentabilidad y competitividad de las empresas, sino que también permite cumplir con las exigencias del mercado y mantener la calidad de los productos a lo largo de la cadena de suministro (timocom, s. f.).

La importancia de la cadena de valor en las empresas agrícolas radica en su capacidad para identificar y agregar valor a cada etapa del proceso, desde la producción hasta el consumo final. Este enfoque permite optimizar los recursos, mejorar la rentabilidad, determinar costos de producción precisos, proponer estrategias para aumentar los ingresos, y generar planes de

corrección que conduzcan a reducciones de costos y crecimiento de los clientes. Además, la cadena de valor proporciona una visión sistemática de todas las actividades de la empresa, permitiendo comprender el comportamiento de los costos, las fuentes de diferenciación y las ventajas competitivas. En resumen, la cadena de valor en las empresas agrícolas es fundamental para mejorar la eficiencia operativa, la toma de decisiones informadas y la generación de valor en productos agrícolas (Salazar & Mayor, 2020).

Desarrollar el proyecto de propuesta de mejoramiento logístico en los costos de transporte y distribución de la empresa Produplant Duitama, tiene como principal objetivo poder evaluar y analizar las diferentes variables que conforman dicho proceso y cuáles son los factores y principales falencias que están generando el incremento de los costos operativos de distribución y transporte en Boyacá y sus alrededores, para así generar una herramienta que permita hacer el mejoramiento y optimización de estos costos con el fin de tener una gestión positiva en la cadena de valor.

Mejorar la distribución para Produplant Duitama implica reducir costos operativos mediante la optimización de rutas, negociación con proveedores y la implementación de tecnologías avanzadas. Este enfoque también busca mejorar la eficiencia en la gestión de inventarios, la experiencia del cliente y la adaptación a cambios en la demanda del mercado. Además de los beneficios empresariales, liderar este proyecto ofrecerá oportunidades de crecimiento personal y profesional, incluyendo el desarrollo de habilidades analíticas, gestión de proyectos y negociación, entre otros.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Proponer el mejoramiento del proceso logístico de transporte y distribución en la empresa Produplant Duitama para optimizar la eficiencia logística, con el fin de reducir los costos operativos y mejorar la competitividad en el mercado.

### **Objetivos Específicos**

Analizar los procesos actuales de transporte y distribución de Produplant Duitama para identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización.

Evaluar las rutas y medios de transporte utilizados por la empresa, buscando alternativas que minimicen los costos logísticos sin comprometer la calidad del servicio.

Hacer una propuesta de mejoramiento para optimizar los costos de transporte y distribución de la empresa Produplant Duitama.

## **Marco referencial**

### **Marco teórico**

#### **a. Sector**

El sector agrícola en Colombia es un pilar importante de la economía, representando alrededor del 7% del PIB nacional (DANE, 2022). Sin embargo, enfrenta diversos retos, sobre todo en el ámbito logístico, debido a la geografía montañosa y las limitaciones en la infraestructura vial, factores que elevan los costos de transporte y alargan los tiempos de entrega. Estas circunstancias afectan directamente la capacidad de los productores para ser competitivos en el mercado (Departamento Nacional de Planeación, 2022).

Boyacá, donde se encuentra Produplant Duitama, es una región clave para la agricultura en Colombia, destacada como una de las principales fuentes de alimentos del país. A pesar de su importancia, las empresas agrícolas en esta zona deben lidiar con altos costos logísticos, especialmente en la distribución de productos como las plántulas, que son el principal enfoque de Produplant Duitama. Dentro del sector logístico, la eficiencia en la entrega de productos es crucial. Para Produplant, mejorar la distribución a nivel local, regional y nacional es una prioridad. La adopción de tecnologías que optimicen las rutas y fortalezcan la cadena de suministro es fundamental para reducir costos y elevar la competitividad, en un contexto donde la rapidez y precisión en las entregas son cada vez más exigentes.

Adicionalmente, este sector no solo enfrenta desafíos de transporte, sino también las variaciones climáticas, que pueden retrasar tanto la producción como la entrega de las plántulas. En este sentido, mejorar la logística no es solo una necesidad operativa, sino una estrategia clave para asegurar la sostenibilidad y el crecimiento de las empresas agrícolas en Boyacá.

En Colombia, los costos logísticos representan en promedio el 17.9% de las ventas totales, según la Encuesta Nacional Logística (ENL) 2022, realizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Este porcentaje incluye componentes clave como transporte (35.9%), inventarios (25.5%) y almacenamiento (25.1%) (DNP, 2022).

En el sector agropecuario, los costos logísticos suelen ser más elevados, alcanzando el 22.2% de las ventas, debido a factores como transporte especializado, almacenamiento y manejo de productos sensibles (DNP, 2022) (Ver Tabla 1).

**Tabla 1.**

*Comparativa de Costos Logísticos con Estándares Nacionales*

<b>Categoría</b>	<b>Produplant Duitama (% sobre ingresos)</b>	<b>Promedio Nacional (ENL 2022)</b>	<b>Sector Agropecuario (ENL 2022)</b>
<b>Transporte</b>	35.71%	35.9%	40%
<b>Inventarios</b>	No aplica	25.5%	30%
<b>Almacenamiento</b>	No aplica	25.1%	20%
<b>Administrativos y otros</b>	21.43% (Salarios + Otros)	13.5%	10%
<b>Total costos logísticos</b>	<b>23.33%</b>	<b>17.9%</b>	<b>22.2%</b>

Fuente: Adaptado de DNP (2022)

En este contexto, Produplant Duitama registra costos logísticos que representan el 23.33% de los ingresos mensuales, posicionándose ligeramente por encima del promedio nacional y sectorial (Tabla 1). A continuación, se presenta un análisis detallado de los costos logísticos de la empresa, seguido de una comparación con estándares nacionales.

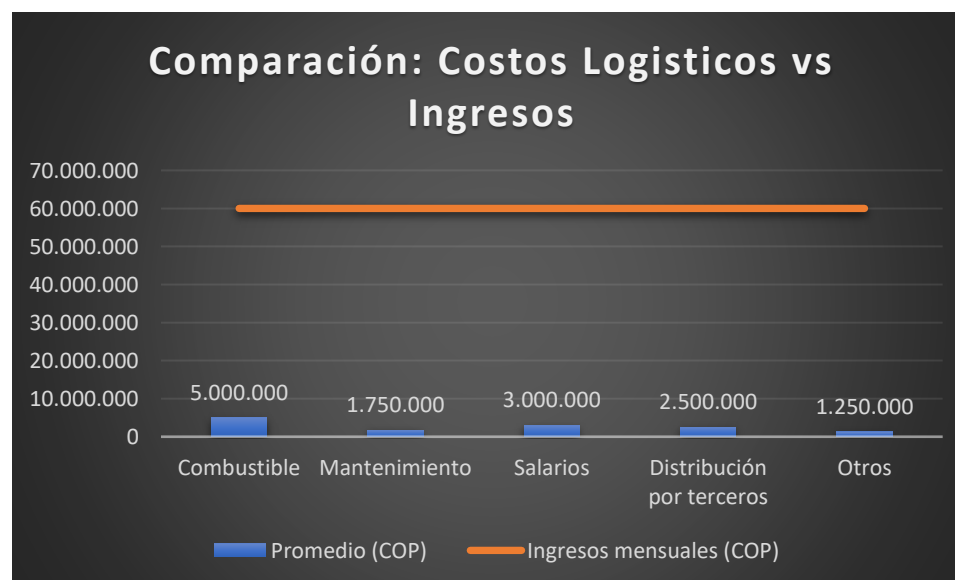
Tabla 2.

*Relación de Costos Logísticos e Ingresos*

<b>Categoría</b>	<b>Promedio (COP)</b>	<b>Ingresos mensuales (COP)</b>	<b>% del ingreso mensual</b>	<b>% del total</b>
<b>Combustible</b>	5,000,000	60,000,000	8.33%	35.71%
<b>Mantenimiento</b>	1,750,000	60,000,000	2.92%	12.50%
<b>Salarios</b>	3,000,000	60,000,000	5.00%	21.43%
<b>Distribución por terceros</b>	2,500,000	60,000,000	4.17%	17.86%
<b>Otros</b>	1,250,000	60,000,000	2.08%	8.93%
<b>Total costos logísticos</b>	<b>14,000,000</b>	<b>60,000,000</b>	<b>23.33%</b>	<b>100%</b>

Además de la comparación con los estándares nacionales, se realizó un análisis interno para determinar el impacto de los costos logísticos en los ingresos totales de la empresa. El gráfico a continuación ilustra esta relación.

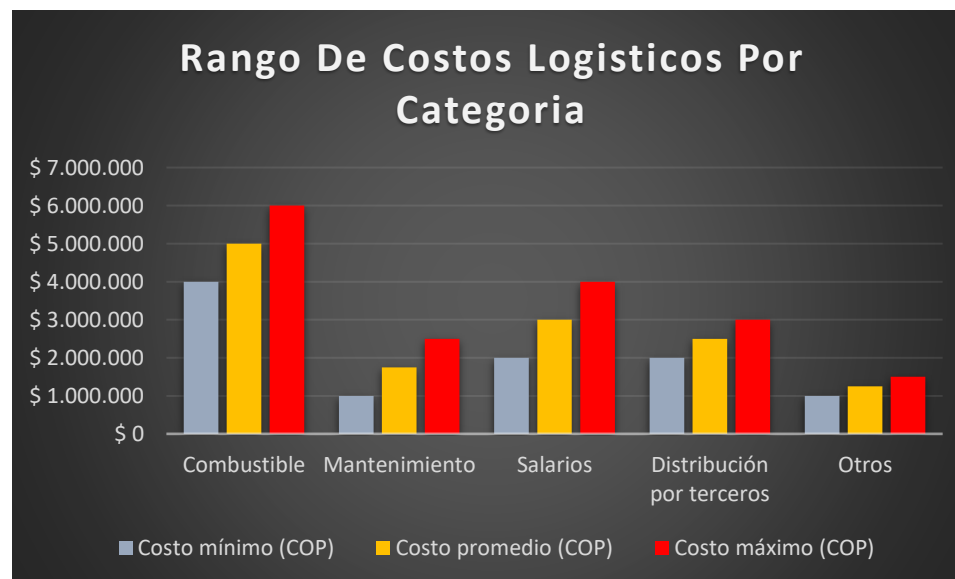
Figura 1.

*Comparación Costos Logísticos vs Ingresos*

Aunque los ingresos totales superan ampliamente a los costos individuales, el total de costos logísticos (14M COP) representa el 23.33% de los ingresos, dejando márgenes ajustados para otras inversiones. Las áreas más críticas son el combustible (8.33%) y los salarios (5.00%).

**Figura 2.**

*Rango de Costos Logísticos por Categoría*



El combustible muestra la mayor variación (4M-6M COP), lo que sugiere fluctuaciones por precios o volúmenes de transporte. Los salarios y distribución por terceros tienen una estabilidad relativa, indicando oportunidades para mantener el control en estas áreas.

El análisis muestra que los costos logísticos de Produplant Duitama son competitivos respecto al sector agropecuario, aunque ligeramente superiores al promedio nacional. Las áreas de mayor impacto son el combustible y los salarios, lo que indica oportunidades para optimizar rutas y procesos operativos, así como considerar estrategias de reducción de costos en transporte externo.

En el panorama general de los costos logísticos son un componente fundamental en las operaciones de Produplant Duitama, pero también representan un desafío crítico para su

competitividad y sostenibilidad. Con un impacto del 23.33% sobre los ingresos mensuales, los costos logísticos de Produplant están por encima del promedio nacional (17.9%) y del sector agropecuario (22.2%) (DNP, 2022).

Este panorama evidencia que los costos logísticos no solo absorben una proporción significativa de los ingresos, sino que también limitan la capacidad de la empresa para invertir en innovación, infraestructura y expansión de mercado.

## **b. Empresa**

### **Figura 3.**

*Logo de Produplant Duitama, utilizado en todos los documentos oficiales de la empresa. Por Emanuel Higuera (2014).*



Produplant Duitama es una empresa agrícola ubicada en la Vereda Tocogua, en el municipio de Duitama, dentro del departamento de Boyacá, Colombia. Su actividad principal es la producción y distribución de plántulas de hortalizas, una labor esencial para el abastecimiento de cultivos en la región. Con una capacidad de producción mensual que alcanza los dos millones de plántulas, Produplant Duitama ha logrado posicionarse como un actor clave en la agricultura boyacense. Esta capacidad productiva no solo refleja el compromiso de la empresa con la calidad y la innovación, sino que también resalta su papel fundamental en la cadena de suministro agrícola local.

Sin embargo, esta prominencia en el sector agrícola conlleva importantes desafíos logísticos que la empresa debe enfrentar. La logística, en este caso, se convierte en un elemento crítico, especialmente en lo que respecta al transporte y la distribución de sus productos. La empresa opera en un contexto geográfico complicado, caracterizado por ser una región montañosa con infraestructura vial limitada. Esta topografía presenta serias dificultades para mantener una operación logística eficiente. Las carreteras que conducen a los mercados y centros de distribución a menudo están en mal estado, lo que no solo dificulta el transporte de productos frescos, sino que también incrementa los costos operativos de la empresa.

Los altos costos de transporte son un factor crucial en la estructura de costos de Produplant Duitama, debido a las largas distancias que deben recorrerse para llegar a los puntos de venta y a las condiciones adversas de las vías. Esta situación se agrava aún más por la dependencia de terceros para la distribución, especialmente en zonas como Casanare, donde las empresas de transporte externas suelen cobrar tarifas elevadas. La complejidad y los costos adicionales que se generan en esta parte de la cadena de suministro pueden impactar negativamente la rentabilidad de la empresa, haciéndola vulnerable a la competencia y a las fluctuaciones del mercado.

Este proyecto se centra en identificar las oportunidades de mejora en los procesos logísticos de Produplant Duitama, con un enfoque especial en la optimización de rutas y la implementación de nuevas tecnologías basadas en análisis logísticos detallados. Este análisis incluye la creación de una matriz de costos que permitirá identificar claramente las áreas con mayores sobrecostos, así como la optimización del modelo de transporte, la propuesta para implementación de sistemas de cross-docking para minimizar tiempos de manipulación y almacenamiento, y la consolidación de cargas para compartir costos de transporte.

La logística eficiente es clave para mantener la competitividad en el mercado agrícola, y este trabajo busca proponer soluciones prácticas que permitan a la empresa reducir sus costos de transporte, mejorar la eficiencia en la distribución de plántulas y, en última instancia, aumentar su rentabilidad. La adopción de tecnologías avanzadas en la gestión logística es un componente esencial que facilitará la implementación de estas estrategias y optimizará las operaciones de Produplant Duitama.

### **c. Estado del arte**

La logística y el transporte son elementos cruciales en la cadena de suministro, especialmente en el sector agrícola, donde la distribución de productos perecederos, como las plántulas producidas por Produplant Duitama, exige una gestión eficiente y precisa. Garantizar que los productos lleguen a su destino en condiciones óptimas es fundamental para la satisfacción del cliente, así como para la sostenibilidad y rentabilidad de la empresa. El entorno empresarial actual es complejo y presenta desafíos como la fluctuación de la demanda, el aumento de los costos de combustible y la presión por adoptar prácticas sostenibles. Estos desafíos hacen que la optimización de las operaciones logísticas sea una necesidad urgente para cualquier empresa que busque mantenerse competitiva.

Durante los últimos años, la investigación en logística ha avanzado significativamente, abordando diversas estrategias para mejorar la eficiencia en el transporte y reducir los costos operativos. Los estudios revisados abarcan desde la aplicación de modelos matemáticos avanzados hasta la implementación de tecnologías de gestión de flotas y la adopción de prácticas sostenibles. Esta primera parte del estado del arte se centra en los estudios más relevantes realizados entre 2011 y 2016, que permiten generar un análisis detallado sobre cómo los enfoques aplicados en estas investigaciones pueden ser utilizados para mejorar la eficiencia logística y la competitividad de Produplant Duitama.

El trabajo de Adarme Jaimes, Fontanilla Díaz y Arango Serna (2011) es un referente en la optimización del transporte agrícola en Colombia, centrándose en la logística de los racimos de fruta de palma de aceite, un producto agrícola de gran importancia para la economía del país. Este sector enfrenta desafíos significativos, incluidos los altos costos de transporte y las

limitaciones en la infraestructura vial, que dificultan la distribución eficiente de los productos. La investigación de Adarme et al. propone un enfoque basado en el single sourcing, una estrategia que centraliza la adquisición y distribución de insumos desde un único proveedor, lo que permite una mejor gestión de inventarios y una reducción en los costos logísticos al optimizar las rutas y consolidar los envíos.

Al consolidar los puntos de distribución, la empresa podría reducir los costos asociados con el manejo y el transporte de las plántulas, optimizando así la logística de la empresa. Además, centralizar las operaciones facilita la respuesta a las fluctuaciones en la demanda, algo especialmente crucial para productos perecederos, que requieren condiciones de entrega controladas para mantener su calidad. La estrategia también permite establecer relaciones más sólidas con los proveedores, asegurando mejores condiciones de compra y una mayor estabilidad en el suministro de insumos, lo cual podría traducirse en una ventaja competitiva.

En paralelo, Márquez (2011) desarrolló un modelo de transporte combinado para la exportación de carbón desde el interior de Colombia, integrando diferentes modos de transporte, como el ferroviario, fluvial y carretero. Este enfoque multimodal es aplicable al contexto agrícola, ya que proporciona flexibilidad en la elección de los métodos de transporte en función de la infraestructura disponible y las condiciones del mercado. La capacidad de combinar distintos medios de transporte permitiría a la empresa ajustar sus operaciones a las particularidades de cada región, optimizando los costos de transporte y mejorando la puntualidad en las entregas.

La combinación de métodos de transporte también ofrece la posibilidad de minimizar el riesgo asociado con la dependencia de un solo modo de transporte. En casos de interrupciones o problemas en una modalidad específica, la empresa podría redirigir sus envíos utilizando rutas alternativas. Esta flexibilidad es esencial en el sector agrícola, donde la capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado y las restricciones de infraestructura puede marcar una diferencia significativa en la competitividad.

Con el avance de la tecnología y la creciente complejidad de las cadenas de suministro, la aplicación de modelos matemáticos avanzados ha ganado importancia en la logística. Rocha González et al. (2014) presentaron un modelo de programación dinámica para la optimización de rutas en Cundinamarca, una región con desafíos logísticos derivados de sus condiciones

geográficas y de infraestructura. La programación dinámica es una técnica que utiliza algoritmos avanzados para determinar la ruta más corta entre múltiples puntos de entrega, optimizando los tiempos de recorrido y reduciendo los costos de combustible. Esta técnica es especialmente útil en entornos rurales o con infraestructura limitada, donde una planificación inadecuada de las rutas puede generar altos costos y tiempos de entrega prolongados.

La implementación de un sistema de programación dinámica en la empresa podría mejorar sustancialmente la eficiencia de la empresa, optimizando las rutas de entrega y asegurando que las plántulas lleguen en condiciones óptimas. La reducción en el tiempo de transporte también ayudaría a disminuir el riesgo de deterioro de los productos, un aspecto crucial en la logística de productos perecederos. Además, la optimización de rutas con programación dinámica puede contribuir a la sostenibilidad medioambiental al reducir el consumo de combustible y, por ende, las emisiones de gases contaminantes.

El uso de programación dinámica no solo optimiza los costos de transporte, sino que también facilita la planificación de entregas eficientes, lo que resulta en una mayor capacidad para satisfacer las demandas del mercado. En un contexto donde las fluctuaciones en la demanda son constantes, contar con una herramienta que permita ajustar las rutas de manera dinámica y en tiempo real representa una ventaja significativa para la empresa. Además, la programación dinámica puede integrarse con otras técnicas de optimización, como los algoritmos genéticos, para ofrecer soluciones más robustas a los problemas logísticos.

Yased Aracely Marquez Lara et al. (2015) llevaron a cabo un estudio en el que aplicaron algoritmos genéticos para la optimización de rutas de reparto. Los algoritmos genéticos son una técnica de búsqueda heurística inspirada en los principios de la evolución natural, utilizada para resolver problemas complejos, como el ruteo de vehículos (VRP). Esta técnica es especialmente útil cuando se deben considerar múltiples restricciones, como la capacidad de los vehículos, las ventanas de tiempo para las entregas y la variabilidad en las condiciones del tráfico.

La aplicación de algoritmos genéticos podría mejorar la eficiencia en la asignación de vehículos y la planificación de las rutas de entrega, optimizando los costos operativos y aumentando la productividad. La capacidad de encontrar soluciones óptimas en escenarios complejos permite a la empresa adaptarse mejor a las condiciones cambiantes del mercado, ajustando rápidamente las rutas en función de factores externos, como el tráfico o las

condiciones climáticas adversas. Esta flexibilidad es crucial en la logística de productos perecederos, donde cualquier retraso en la entrega puede afectar negativamente la calidad de los productos.

Además, los algoritmos genéticos pueden integrarse con otros métodos de optimización para mejorar aún más la eficiencia logística. Por ejemplo, la combinación de algoritmos genéticos con programación lineal podría ofrecer una solución más completa para la optimización de rutas en Produplant Duitama, permitiendo a la empresa considerar múltiples variables y restricciones en su planificación logística.

En ese mismo año, Ayllon Benítez et al. (2015) propusieron un modelo de programación lineal para la distribución de tuna fresca en México. La programación lineal es una herramienta matemática poderosa para optimizar la asignación de recursos, maximizando o minimizando una función objetivo, sujeta a una serie de restricciones específicas. En el caso de la logística, esta técnica se utiliza para minimizar los costos de transporte y garantizar que se cumplan las condiciones necesarias para la distribución de productos perecederos. La investigación demostró que la programación lineal puede generar ahorros significativos en los costos logísticos y mejorar la calidad del servicio al cliente al garantizar entregas oportunas.

La aplicación de un modelo de programación lineal podría facilitar la planificación de las entregas y optimizar las rutas, asegurando que los productos sean transportados de manera eficiente y lleguen a sus destinos en las mejores condiciones posibles. La programación lineal también permite realizar ajustes en la planificación de manera continua, lo que es esencial en un entorno logístico dinámico. Al identificar las rutas más eficientes y ajustar los itinerarios en función de las necesidades del mercado, la empresa puede reducir los tiempos de tránsito, mejorar la satisfacción del cliente y reducir los costos operativos.

La adopción de técnicas de programación dinámica, algoritmos genéticos y programación lineal no solo proporciona soluciones efectivas para la optimización de la logística, sino que también establece una base sólida para la integración de tecnologías avanzadas. Estas técnicas matemáticas se pueden complementar con el uso de tecnologías de gestión de flotas, como el rastreo GPS y los sistemas de gestión de transporte (TMS), para mejorar aún más la eficiencia operativa y la visibilidad en la cadena de suministro. Integrar estas tecnologías con modelos matemáticos avanzados permitiría no solo optimizar sus rutas, sino también mejorar la

visibilidad y la gestión de su cadena de suministro. Por ejemplo, la combinación de programación dinámica con sistemas de rastreo GPS puede facilitar el monitoreo en tiempo real de las rutas de los vehículos, lo que permite ajustar los itinerarios en función de las condiciones del tráfico o de situaciones imprevistas. Al contar con datos en tiempo real, la empresa puede tomar decisiones más informadas, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa y en la capacidad de reaccionar rápidamente ante cualquier problema que pueda surgir.

Además, la implementación de un sistema de gestión de transporte (TMS) permitiría automatizar muchos de los procesos logísticos, mejorando la eficiencia y reduciendo la carga administrativa. Los TMS integran múltiples funciones, como la planificación de rutas, la asignación de vehículos, el seguimiento de envíos y la gestión de inventarios. En el contexto de Produplant Duitama, el uso de un TMS podría ayudar a coordinar de manera más efectiva la distribución de plántulas, asegurando que los productos lleguen en condiciones óptimas y cumpliendo con las expectativas del cliente.

A medida que las cadenas de suministro se vuelven más complejas, la capacidad de automatizar la planificación y optimización logística mediante el uso de algoritmos avanzados y tecnologías de gestión de flotas se convierte en un componente crucial para la competitividad. La integración de estas soluciones no solo optimiza los costos operativos, sino que también mejora la experiencia del cliente, al garantizar entregas más rápidas y precisas.

Otro aspecto importante a considerar en la optimización de la logística es la gestión de la sostenibilidad, especialmente en el contexto actual, donde la reducción de emisiones y el uso eficiente de los recursos son cada vez más valorados. Al aplicar modelos de optimización que reduzcan el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub>, se puede alinear con las tendencias de sostenibilidad del mercado. Esto no solo responde a las regulaciones ambientales, sino que también mejora la imagen de la empresa y su relación con la comunidad.

Por ejemplo, la implementación de algoritmos genéticos no solo optimiza las rutas y los costos, sino que también permite minimizar la huella de carbono al seleccionar itinerarios más cortos y con menos congestión de tráfico. De manera similar, la programación lineal se puede utilizar para priorizar rutas que pasen por zonas con menor tráfico o que tengan menos pendientes, lo que reduce el consumo de combustible. En combinación con tecnologías como los

vehículos eléctricos o híbridos, estas técnicas pueden contribuir a que Produplant Duitama se convierta en una empresa líder en prácticas logísticas sostenibles.

El uso de tecnologías de gestión de flotas también facilita el análisis de datos históricos para identificar patrones y tendencias en la operación logística. Por ejemplo, al analizar los datos recopilados de los sistemas GPS, la empresa puede identificar los tramos de ruta que generan mayores costos o demoras, y ajustar sus estrategias en consecuencia. Este tipo de análisis, cuando se combina con modelos matemáticos, permite implementar mejoras continuas y tomar decisiones más informadas para optimizar la cadena de suministro.

La revisión de los estudios realizados entre 2011 y 2016 demuestra que la aplicación de enfoques matemáticos y el uso de tecnologías avanzadas en la logística pueden transformar significativamente la eficiencia operativa de una empresa. La optimización de las rutas, la centralización de operaciones logísticas, la adopción de métodos multimodales de transporte y la integración de sistemas de gestión avanzados representan oportunidades clave que las organizaciones mejoren su competitividad y sostenibilidad. Estos enfoques permiten reducir costos, mejorar la calidad del servicio y responder de manera proactiva a los desafíos de un mercado cambiante, posicionando a la empresa como un referente en prácticas logísticas eficientes y responsables.

Entre 2017 y 2022, el enfoque de la investigación en logística se ha centrado en la optimización de la distribución urbana y la adopción de prácticas sostenibles. Este periodo ha visto una integración de modelos matemáticos avanzados, tecnologías limpias y estrategias innovadoras para mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental. Estos estudios aportan lecciones clave que pueden ser aplicadas, permitiendo que la empresa mejore sus operaciones logísticas y refuerce su competitividad en un entorno de negocio cada vez más exigente.

A partir de 2017, la investigación en logística ha adoptado un enfoque creciente en la sostenibilidad y la optimización de la distribución, reflejando la necesidad de adaptar las prácticas logísticas a un entorno en constante cambio. En este contexto, se destacan varios estudios que ofrecen perspectivas valiosas (insights) sobre cómo mejorar la eficiencia en la distribución y minimizar el impacto ambiental.

Arango Serna, Gómez Marín y Serna Urán (2017) llevaron a cabo un estudio que enfatiza la importancia de integrar la sostenibilidad en la logística. Los autores propusieron un marco que incorpora tecnologías limpias y la planificación eficiente de rutas como medios para reducir el impacto ambiental. Destacan la utilización de vehículos eléctricos y sistemas de información geográfica (SIG) para la optimización de las rutas de distribución. Este enfoque no solo ayuda a las empresas a reducir costos operativos, sino que también mejora su imagen ante los clientes, al demostrar un compromiso con la sostenibilidad.

La implementación de prácticas sostenibles se convierte en una estrategia no solo para cumplir con las regulaciones ambientales, sino también para mejorar la competitividad en el mercado. Las empresas que adoptan este enfoque pueden atraer a consumidores que valoran la responsabilidad social, lo cual es cada vez más relevante en el entorno actual.

En la misma línea, Covas-Varela et al. (2017) investigaron la mejora de procesos logísticos en la comercializadora agropecuaria Cienfuegos, utilizando Mapa de flujo de valor (Value Stream Mapping (VSM)). Este enfoque permite identificar y eliminar desperdicios en la cadena de suministro, optimizando el flujo de productos y reduciendo costos. La investigación mostró que la aplicación de VSM puede generar reducciones significativas en los costos logísticos y mejorar la eficiencia operativa.

La técnica de Value Stream Mapping es especialmente útil para visualizar el flujo de trabajo en las operaciones logísticas y resaltar áreas que necesitan mejoras. Al implementar este enfoque, las empresas pueden hacer ajustes informados que optimicen la distribución y aseguren que los productos lleguen en condiciones adecuadas. Esta metodología se ha convertido en una herramienta clave para las organizaciones que buscan mejorar sus procesos logísticos de manera continua.

Sozoranga Sandoval et al.(2019) desarrollaron un manual de procedimientos logísticos para LOBTRANS S.A., estandarizando los procesos de distribución y reduciendo errores operativos. La estandarización es fundamental para garantizar la consistencia en las entregas y facilitar la capacitación de nuevos empleados, un aspecto esencial para cualquier empresa que busque mantener la calidad del servicio. Un manual bien estructurado puede servir como guía para todos los empleados, asegurando que se sigan los mismos protocolos en la cadena de suministro.

Este tipo de documentación ayuda a las empresas a identificar áreas de mejora y a implementar prácticas de gestión de calidad que aseguren la satisfacción del cliente. La formalización de los procedimientos puede dar lugar a una mayor eficiencia y a un control más efectivo sobre las operaciones logísticas.

La investigación en logística continuó evolucionando hacia la optimización de rutas y la sostenibilidad en el transporte. Zapata-Cortes et al. (2020) llevaron a cabo un estudio que optimizó las rutas de una empresa de paquetería en Medellín, empleando una flota heterogénea de vehículos. La investigación demostró que el uso de distintos tipos de vehículos para satisfacer las necesidades específicas de cada ruta puede reducir significativamente los costos operativos y mejorar la eficiencia de las entregas. El estudio reportó una reducción de costos operativos del 53%, lo que resalta la importancia de ajustar la flota de vehículos según las características de la ruta.

Este enfoque permite a las empresas maximizar la eficiencia de sus operaciones logísticas al seleccionar el vehículo más adecuado para cada entrega. Al implementar un sistema de gestión que contemple el uso de flotas heterogéneas, las organizaciones pueden mejorar su capacidad de respuesta ante las demandas del mercado y optimizar los costos de transporte.

Adicionalmente, Basozabal-Zamakona y Sorli-Peña (2022) introdujeron el concepto de movilidad sostenible, enfatizando la necesidad de adoptar tecnologías limpias y optimizar las rutas de transporte para mejorar tanto la eficiencia logística como el impacto ambiental. Su investigación señala que la movilidad sostenible no solo ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también puede generar ahorros a largo plazo en los costos operativos. La incorporación de prácticas sostenibles en la logística puede ser una estrategia clave para las empresas que buscan mejorar su competitividad en un mercado cada vez más orientado hacia la sostenibilidad.

La implementación de tecnologías de gestión de flotas y la utilización de combustibles alternativos son ejemplos de cómo las empresas pueden trabajar hacia una logística más sostenible. Esta transición no solo contribuye a reducir la huella de carbono, sino que también puede resultar en beneficios económicos significativos al optimizar el uso de recursos.

Además, el trabajo de Hinojosa-Pacheco et al. (2022) explora los desafíos de la gestión del transporte y la logística en los centros urbanos. Este estudio destaca cómo las empresas deben adaptarse a un entorno urbano en constante cambio, donde la congestión del tráfico y las regulaciones ambientales son factores que afectan la distribución. La incorporación de tecnologías en la gestión del transporte, como aplicaciones móviles y sistemas de monitoreo en tiempo real, permite a las empresas optimizar sus operaciones y mejorar la satisfacción del cliente.

Entender estos desafíos urbanos es fundamental para las empresas que operan en zonas metropolitanas. La adopción de tecnologías que permitan monitorear el tráfico y optimizar las rutas en función de las condiciones del entorno urbano podría mejorar la eficiencia logística y reducir los tiempos de entrega.

Ruiz Núñez et al. (2022) también aportan al debate sobre la logística en el sector agroindustrial al presentar un modelo de red logística para un sistema de distribución y transporte en la industria de diseño y manufactura. Este estudio enfatiza la importancia de la colaboración entre diferentes actores en la cadena de suministro para lograr una distribución más eficiente y sostenible. La colaboración no solo se refiere a la relación entre proveedores y distribuidores, sino también a la cooperación entre empresas que comparten un mismo objetivo de sostenibilidad.

La implementación de un enfoque colaborativo puede abrir oportunidades para formar alianzas estratégicas entre empresas del sector agrícola. Estas alianzas pueden facilitar el acceso a recursos, mejorar la gestión de inventarios y optimizar la logística. Al trabajar juntas, las empresas pueden compartir costos, reducir desperdicios y mejorar el servicio al cliente, beneficiando así a toda la cadena de suministro.

Por último, el trabajo de Salcedo y Villa (2021) analiza la importancia de la gestión de la cadena de suministro y su impacto en la competitividad de las empresas agrícolas. Este estudio destaca que la capacidad de las empresas para adaptarse a las cambiantes condiciones del mercado depende en gran medida de su capacidad para gestionar de manera efectiva su cadena de suministro. La implementación de tecnologías de información y comunicación en la gestión logística puede facilitar la toma de decisiones y mejorar la visibilidad en toda la cadena.

Integrar tecnologías de información en la logística ofrece herramientas valiosas para gestionar el flujo de productos y la información. La visibilidad en tiempo real de las operaciones logísticas permite a las empresas anticiparse a los problemas y tomar decisiones más informadas. A medida que el entorno logístico se vuelve más complejo, la capacidad de adaptarse rápidamente y responder a las necesidades del mercado es crucial.

La investigación de los últimos años subraya la importancia crítica de adoptar enfoques sostenibles y tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia en la logística, especialmente en el sector agrícola. A través de la revisión de los estudios más relevantes, se ha evidenciado que la combinación de estrategias como la optimización de rutas, la adopción de tecnologías limpias, la estandarización de procedimientos y la colaboración entre los actores de la cadena de suministro puede transformar significativamente las operaciones logísticas.

La optimización de rutas, como se demuestra en los estudios revisados, es crucial para reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia en la entrega de productos. Artículos como los de Zapata-Cortes et al. (2020) y Vélez-Bedoya y Arango-Serna (2020) destacan cómo el uso de flotas heterogéneas y la aplicación de algoritmos de optimización pueden llevar a reducciones significativas en los costos y mejorar los tiempos de entrega. La adopción de tecnologías limpias es otra área crítica que se ha abordado en la literatura. Investigaciones como las de Arango Serna et al. (2017) resaltan la necesidad de integrar vehículos eléctricos y sistemas de información geográfica para optimizar las rutas de distribución. Esta transición no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también puede mejorar la imagen corporativa, alineándose con las expectativas de los consumidores que valoran la responsabilidad ambiental. Al implementar prácticas logísticas sostenibles, la empresa puede diferenciarse en un mercado competitivo y atraer a una base de clientes más amplia.

Además, la estandarización de procedimientos, como se evidenció en el trabajo de Sozoranga Sandoval et al. (2019), se presenta como una herramienta esencial para reducir errores operativos y mejorar la eficiencia en la cadena de suministro. Este enfoque sistemático permite identificar áreas de mejora continua, garantizando que la calidad del servicio se mantenga a un alto nivel y que la empresa esté mejor preparada para responder a las demandas del mercado.

La colaboración entre los diferentes actores de la cadena de suministro es otra estrategia vital que ha sido respaldada por múltiples estudios, incluido el de Ruiz Núñez et al. (2022).

Formar alianzas estratégicas con otros productores y distribuidores puede generar sinergias que optimicen el flujo de productos y reduzcan costos. En el contexto de Produplant Duitama, establecer estas colaboraciones podría facilitar el acceso a recursos compartidos y mejorar la gestión de inventarios, lo que es especialmente valioso en un sector donde la estacionalidad puede impactar la disponibilidad de productos.

A medida que las empresas en el sector agrícola enfrentan desafíos cada vez mayores, como la volatilidad de los precios, las fluctuaciones en la demanda y las regulaciones ambientales, estas estrategias ofrecen oportunidades significativas para mejorar la competitividad y la sostenibilidad. La implementación de prácticas logísticas más eficientes no solo contribuye a reducir costos, sino que también permite a las empresas adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes del mercado y cumplir con las expectativas de los clientes.

En resumen, los hallazgos de los estudios revisados proporcionan un marco sólido para que Produplant Duitama implemente cambios significativos en sus operaciones logísticas. Al adoptar un enfoque holístico que combine la optimización de rutas, la sostenibilidad y la estandarización de procesos, la empresa puede no solo mejorar su eficiencia operativa, sino también contribuir al desarrollo sostenible del sector agrícola. La capacidad de adaptarse a las tendencias del mercado y de implementar tecnologías avanzadas será fundamental para asegurar el crecimiento y la rentabilidad en el futuro.

## **Marco Conceptual**

**Logística:** La logística se define como "el diseño y la gestión de sistemas productivos, así como la planificación y el control de las operaciones diarias de negocios dentro de una empresa o en redes transcorporativas" (Hieber and Schönslebeh,2002). Esta disciplina abarca la configuración y organización de una red de distribución logística que afecta significativamente el rendimiento de una empresa compleja, especialmente cuando opera a nivel mundial, con una gran cantidad de productos y puntos de demanda, y cuenta con varias plantas de producción, centros de distribución, minoristas, hasta llegar a los clientes finales.

**Transporte:** La definición de transporte se refiere al movimiento de bienes, personas o animales de un lugar a otro a través de medios como vehículos, barcos, aviones, o trenes. "El transporte es una parte esencial de la gestión logística y de la cadena de suministro, ya que implica la planificación y ejecución eficiente de la movilización de productos y recursos. En el contexto de la logística y la gestión de la cadena de suministro, el transporte desempeña un papel crucial en la distribución de productos desde los centros de producción hasta los puntos de demanda, lo que afecta directamente el rendimiento y la eficiencia de una empresa compleja a nivel mundial" (Regina M. Samson,2010).

**Distribución:** La distribución se define como "la planificación y ejecución eficiente de la movilización de productos y recursos" en el contexto de la logística y la gestión de la cadena de suministro (Regina M. Samson,2010). Esta actividad desempeña un papel crucial en la entrega de productos desde los centros de producción hasta los puntos de demanda, lo que afecta directamente el rendimiento y la eficiencia de una empresa compleja a nivel mundial.

**Costos Logísticos:** Los costos logísticos son los gastos en los que incurre una empresa para garantizar un nivel de servicio específico a sus clientes y proveedores. Estos costos se

dividen en diferentes categorías, como los costos de distribución, los costos de suministro físico y los costos de servicio al cliente. Según Ballou, los costos de distribución son uno de los elementos más significativos dentro de los costos logísticos e incluyen aspectos como el transporte de productos terminados, inventarios, procesamiento de pedidos y administración. Los costos logísticos son los desembolsos necesarios para mantener operativas las actividades de distribución y suministro de una empresa, asegurando la satisfacción de sus clientes y proveedores (Mejía et al., 2010)

***Eficiencia Operativa:*** “La eficiencia operativa se refiere a la capacidad de una empresa para maximizar la producción y minimizar los costos, manteniendo al mismo tiempo altos estándares de calidad. Según el documento proporcionado, la eficiencia operativa en el contexto de la logística implica medir y cuantificar de manera eficiente y económica los costos asumidos por la empresa en sus operaciones de distribución. Esto incluye aspectos como el costo por rodamiento de vehículos, mantenimiento, seguros, combustible, capital humano, entre otros. La falta de un sistema de información que mida regularmente estos costos puede dificultar la evaluación de su evolución a lo largo del tiempo y la toma de decisiones fundamentadas. Para mejorar la eficiencia operativa en logística, es crucial identificar y separar los costos logísticos de otros gastos generales, permitiendo así una gestión más precisa y estratégica de los recursos empresariales” (Cardona & Sanchez, 2021).

***Optimización de Rutas:*** “La optimización de rutas logísticas se refiere al proceso de encontrar la ruta más eficiente para un conjunto de entregas, recogidas o visitas, con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia de las operaciones logísticas” (*Ruta Logística: Cómo Construir una Optimizada*, s. f.). “Según la información proporcionada, la optimización de rutas utiliza herramientas tecnológicas como la inteligencia artificial y algoritmos avanzados para

planificar la mejor ruta de entrega, considerando factores como distancias, tráfico, volumen de productos y otros elementos que serían imposibles de medir y optimizar manualmente” (Morante, 2023). El resultado es una reducción en los tiempos de reparto, el consumo de combustible y la huella de carbono, así como una mejora en la trazabilidad y el servicio al cliente.

***Cadena de suministro (supply chain)*** : “La cadena de suministro se refiere al conjunto de actividades y procesos involucrados en la creación y distribución de un producto o servicio, desde la materia prima hasta el consumidor final. Incluye todas las etapas, desde la adquisición de materias primas, la fabricación, el almacenamiento, la distribución y la entrega al cliente. La gestión de la cadena de suministro busca optimizar estos procesos para mejorar la eficiencia, reducir costos y satisfacer las demandas del mercado” (Pinzón. B, 2005).

***Cadena de Valor (Value Chain)***: “La cadena de valor se refiere al conjunto de actividades que una empresa realiza para diseñar, producir, comercializar y entregar un producto o servicio al cliente. Estas actividades se dividen en dos categorías: actividades primarias (como la logística, la producción y el marketing) y actividades de soporte (como recursos humanos, tecnología y compras). La cadena de valor busca identificar las actividades que agregan valor al producto y aquellas que no, con el objetivo de mejorar la competitividad de la empresa” (Pinzón. B, 2005).

## **Metodología**

El desarrollo del proyecto de mejoramiento logístico en Produplant Duitama se basó en una metodología estructurada que permitió analizar, diseñar e implementar estrategias enfocadas en la optimización del transporte y la distribución. La investigación siguió un enfoque aplicado con carácter descriptivo, ya que no solo buscó documentar el estado actual de los procesos logísticos, sino también generar soluciones prácticas para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

Para lograr este objetivo, se adoptó un estudio de caso, considerando las particularidades de la empresa y sus necesidades específicas. Este enfoque facilitó un análisis detallado de la dinámica operativa, permitiendo evaluar factores críticos como el consumo de combustible, la planificación de rutas y la dependencia del transporte tercerizado. A partir de este diagnóstico, se formularon estrategias adaptadas a la realidad logística de Produplant Duitama.

La recolección de datos combinó técnicas cualitativas y cuantitativas. Se realizaron entrevistas semiestructuradas con el personal logístico, lo que permitió comprender los principales desafíos operativos desde la perspectiva de quienes ejecutan las actividades diarias. Además, se aplicó la observación directa en campo para registrar tiempos operativos, identificar cuellos de botella y documentar los costos asociados a cada etapa del proceso de distribución. Paralelamente, se analizaron registros históricos de costos logísticos, consumo de combustible y desempeño de rutas, generando una base cuantitativa sólida para evaluar el impacto de las estrategias implementadas.

Para estructurar el análisis y la implementación de mejoras, el proyecto se desarrolló en tres fases metodológicas. Cada una de ellas incluyó actividades concretas para identificar problemáticas, evaluar alternativas y aplicar estrategias de optimización. A continuación, se

presenta una descripción detallada de cada fase, junto con los instrumentos utilizados y el procedimiento seguido en cada etapa.

### **Fase 1: Diagnóstico de los Procesos Logísticos Actuales**

El propósito de esta fase fue realizar un análisis detallado de los procesos logísticos de Produplant Duitama con el fin de identificar los costos más representativos e ineficiencias que afectan la rentabilidad. Para ello, se aplicaron diversas técnicas de recolección de datos, combinando métodos cualitativos y cuantitativos que permitieron obtener información precisa sobre el estado actual del transporte y la distribución.

Esta fase se desarrolló en cinco subfases clave:

**1. Análisis de costos actuales:** Se desglosaron los principales costos operativos, incluyendo combustible, salarios, mantenimiento vehicular y transporte tercerizado, permitiendo identificar qué rubros tienen mayor impacto en la operación y cómo se relacionan con los ingresos de la empresa. Se recopilaron registros históricos de costos logísticos, con el objetivo de detectar patrones de gasto y evaluar oportunidades de optimización en las siguientes fases del proyecto.

**2. Entrevistas al personal logístico:** Para obtener información cualitativa sobre los procesos actuales y sus desafíos, se realizaron entrevistas semiestructuradas con el equipo logístico, conformado por cinco empleados:

- **Coordinador logístico:** Responsable de la planificación de entregas y gestión de rutas.

- **Encargado de almacenamiento y despacho:** Organiza los pedidos y supervisa la disponibilidad de plántulas listas para distribución.
- **Conductores (2):** Encargados del transporte y distribución de pedidos, asegurando entregas eficientes.
- **Auxiliar logístico:** Apoya en la carga y descarga, el control de inventario y la verificación de pedidos.

Las entrevistas abordaron cuatro categorías clave como: El flujo de trabajo en las rutinas operativas diarias, la percepción de costos como los factores que impactan los costos logísticos, problemas comunes siendo principales obstáculos en la distribución y las sugerencias de mejora que son propuestas para optimizar el proceso.

La plantilla completa de la guía de entrevista se encuentra en el Anexo A.

### **3. Observación directa en campo**

Se realizaron recorridos acompañando a los vehículos de distribución para registrar tiempos de operación, identificar cuellos de botella y documentar problemas recurrentes como tiempos muertos y congestión vial en puntos críticos. Esta observación permitió validar los datos obtenidos en entrevistas y análisis de costos, brindando una visión más objetiva de las operaciones.

### **4. Diagrama de flujo**

Para visualizar la estructura operativa, se elaboró un diagrama de flujo general, representando las etapas clave del proceso logístico, desde la preparación de la carga hasta la entrega final. Se identificaron puntos de decisión críticos donde podrían implementarse mejoras.

## 5. Mapas de procesos

Se construyeron dos mapas de procesos:

- **Mapa General:** Representa todo el flujo logístico desde la recepción de pedidos hasta la entrega.
- **Mapa Detallado:** Profundiza en tiempos muertos y problemas de congestión vial, permitiendo visualizar dónde ocurren las mayores ineficiencias.

### Fase 2: Evaluación de Rutas y Medios de Transporte

Esta fase tuvo como objetivo analizar la eficiencia de las rutas actuales de distribución y los medios de transporte utilizados, con el fin de identificar oportunidades de optimización que permitieran reducir tiempos y costos operativos. Se enfocó en evaluar las rutas con mayor impacto en los costos, como Duitama-Casanare y Duitama-Tunja, empleando herramientas tecnológicas de geolocalización para obtener datos precisos sobre distancias, tiempos de recorrido y posibles alternativas de trayecto.

Para lograrlo, se implementaron dos subfases principales:

#### 1. Análisis y monitoreo de rutas actuales:

Se recopilaron y evaluaron datos históricos de los trayectos utilizados, identificando patrones de desplazamiento, tiempos de recorrido y costos asociados. Se utilizaron herramientas de geolocalización para el monitoreo en tiempo real de los trayectos, lo que permitió detectar factores que afectaban la eficiencia, como congestión vial, estado de las vías y variaciones en los tiempos de entrega según la hora del día.

## **2. Evaluación de alternativas de optimización:**

Se compararon las rutas actuales con opciones alternativas, considerando cambios en los puntos de entrega, ajustes en los horarios de distribución y la posibilidad de utilizar trayectos menos congestionados. También se evaluó el impacto de modificar las ventanas horarias de despacho en la reducción de tiempos de inactividad y retrasos.

### **Fase 3: Desarrollo de la Propuesta de Mejoramiento**

Con base en los hallazgos obtenidos en las fases anteriores, se diseñaron e implementaron estrategias orientadas a la reducción de costos logísticos y la mejora de la eficiencia en el transporte y la distribución. Esta fase se estructuró en tres subfases clave:

#### **1. Diseño de Estrategias de Optimización**

El diseño de estrategias de optimización constituyó el eje central de esta fase, ya que permitió transformar el análisis previo en acciones concretas para mejorar la operación logística de Produplant Duitama. Estas estrategias se enfocaron en la optimización de rutas, la consolidación de entregas y la reducción de costos de transporte.

#### **2. Proyección del Impacto Económico**

Para evaluar la viabilidad de las estrategias, se realizó una proyección del impacto económico considerando dos escenarios principales: conservador y optimista. Este análisis incluyó la reducción de costos asociados a combustible, transporte tercerizado y optimización de rutas.

#### **3. Recomendación de Herramientas de Monitoreo**

Como parte de la fase de desarrollo de la propuesta de mejoramiento, se contempla la integración de herramientas tecnológicas orientadas al seguimiento y control de los procesos

logísticos. En este sentido, se propone la evaluación y selección de un software de gestión de rutas y monitoreo logístico que se ajuste a las necesidades operativas y a la capacidad financiera de Produplant Duitama.

Durante el proyecto, se analizaron diferentes opciones de software disponibles en el mercado, considerando factores como funcionalidad, facilidad de uso, soporte técnico, costos de adquisición y beneficios esperados. La intención es escoger aquella alternativa que ofrezca el mejor balance entre eficiencia operativa y viabilidad económica para la empresa.

El software seleccionado deberá permitir la planificación y optimización de rutas, el control del estado de las entregas en tiempo real, la reducción de tiempos muertos y el monitoreo del desempeño logístico. Además, facilitará la identificación oportuna de desviaciones, retrasos o ineficiencias, permitiendo así una toma de decisiones más precisa y basada en datos actualizados.

Esta herramienta tecnológica será clave para garantizar la sostenibilidad de las mejoras propuestas, promoviendo una cultura organizacional enfocada en la mejora continua y el uso estratégico de los recursos logísticos.

## Presentación De Resultados

### Fase 1: Diagnóstico de los Procesos Logísticos Actuales

En esta primera fase, se realizó un diagnóstico exhaustivo de los procesos logísticos de transporte y distribución de Produplant Duitama. El objetivo principal fue identificar los costos más significativos, así como los puntos críticos e ineficiencias que impactan la rentabilidad y la competitividad de la operación. Este análisis detallado permitió establecer una línea base que servirá para desarrollar propuestas de mejora en las fases posteriores:

#### 1. Análisis de costos de transporte actuales

El transporte representa uno de los componentes más relevantes dentro de los costos logísticos de Produplant Duitama. Este análisis se centra en evaluar las rutas clave, el impacto de los costos acumulativos y la relación entre los costos logísticos e ingresos. Se empleó un enfoque cuantitativo, basado en datos reales y estimaciones fundamentadas, para identificar áreas críticas y proponer estrategias de optimización.

- **Estimación del costo por kilómetro**

Para calcular los costos de transporte, se estimó un valor estándar de costo por kilómetro:

- **Precio de la gasolina:** \$15,994 COP por galón.
- **Consumo promedio:** 8 km por galón.
- **Costo por kilómetro:**

$$\text{Costo por kilometro} = \frac{15.994 \text{ COP}(\text{Precio por galon})}{8\text{km} - \text{galon} (\text{Rendimiento por galon})} 1,999.25\text{COP}/\text{km}$$

Este valor se aplicó en todas las rutas analizadas para garantizar uniformidad en los cálculos.

- **Costos individuales por ruta**

Se calcularon los costos para las principales rutas de distribución:

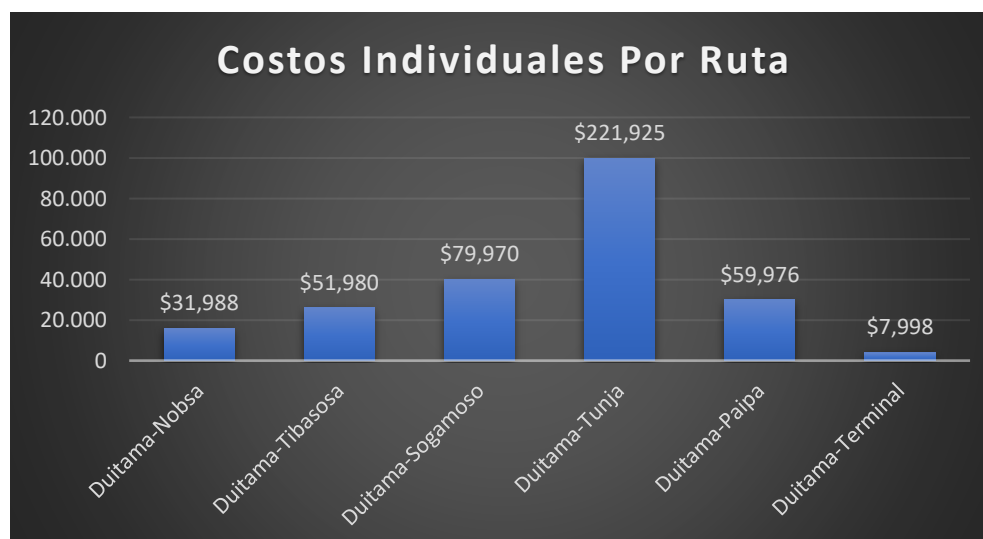
**Tabla 3.**

*Costos individuales por ruta*

<b>Ruta</b>	<b>Distancia (km) Ida y Vuelta</b>	<b>Costo de Combustible (\$COP)</b>	<b>Peajes (\$COP)</b>	<b>Costo Total (\$COP)</b>
<b>Duitama - Nobsa</b>	16 km	31,988	No aplica	31,988
<b>Duitama - Tibasosa</b>	26 km	51,980	No aplica	51,980
<b>Duitama - Sogamoso</b>	40 km	79,970	No aplica	79,970
<b>Duitama - Tunja</b>	100 km	199,925	22,000	221,925
<b>Duitama - Paipa</b>	30 km	59,976	No aplica	59,976
<b>Duitama - Terminal</b>	4 km	7,998	No aplica	7,998

**Figura 4.**

*Costos individuales por ruta*



La gráfica muestra los costos totales asociados a cada ruta principal, calculados con base en la distancia recorrida y el costo por kilómetro estimado.

Duitama-Tunja sigue siendo la ruta más costosa, con un valor de \$221,925 COP por trayecto ida y vuelta. Esto se debe a su longitud total de 100 km y al peaje de \$22,000 COP, lo que la posiciona como una ruta crítica que debe ser optimizada.

Las rutas Duitama-Sogamoso y Duitama-Paipa también representan un impacto importante en los costos operativos, con valores de \$79,970 COP y \$59,976 COP, respectivamente. Aunque menos costosas que Tunja, estas rutas deben ser evaluadas para la consolidación de cargas.

La ruta Duitama-Terminal, aunque de bajo costo unitario (\$7,998 COP), mantiene una alta frecuencia de viajes. Esto genera un impacto acumulativo significativo en los costos logísticos, lo que refuerza la necesidad de mejorar la planificación de estos trayectos. Este análisis reafirma la necesidad de optimizar la planificación de rutas, reducir la frecuencia de viajes y consolidar cargas en trayectos largos para maximizar la eficiencia y reducir costos logísticos.

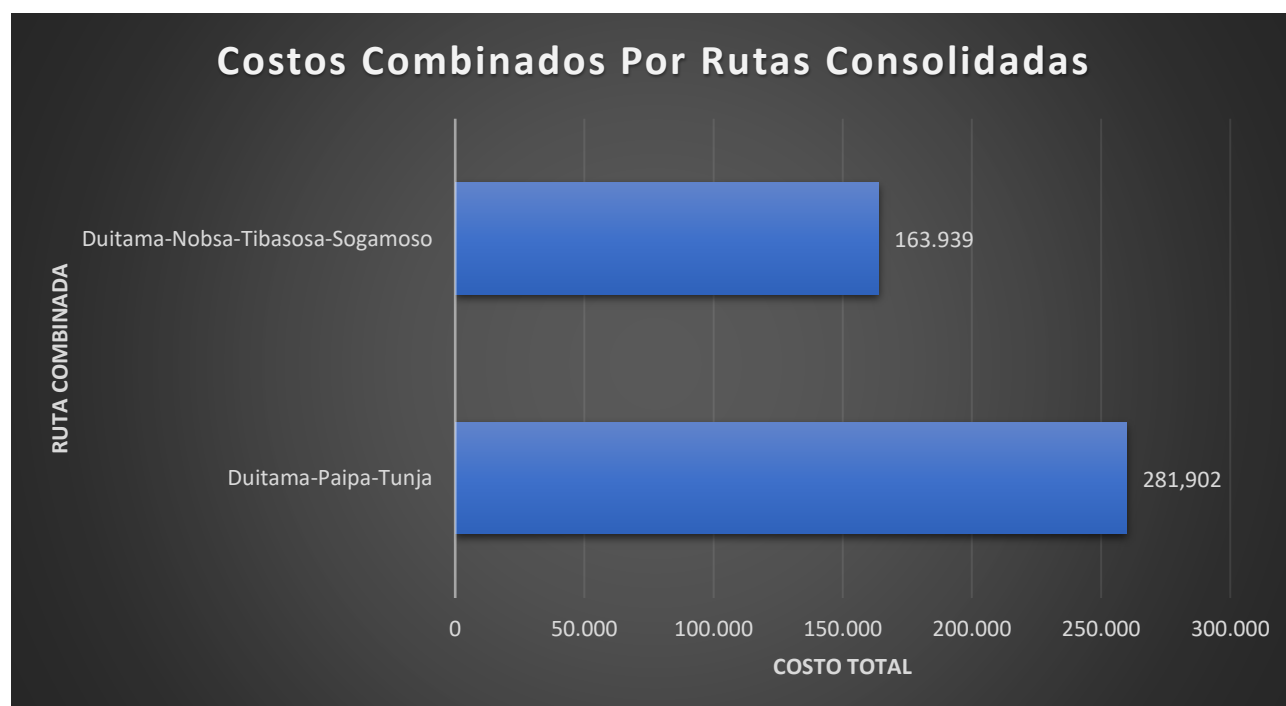
Costos combinados por rutas consolidadas: Para optimizar recursos, se evaluaron las rutas combinadas:

Tabla 4.

*Rutas combinadas*

<b>Rutas Combinadas</b>	<b>Distancia Total (km) Ida y Vuelta</b>	<b>Costo de Combustible (\$COP)</b>	<b>Peajes (\$COP)</b>	<b>Costo Total (\$COP)</b>
<b>Duitama - Paipa - Tunja</b>	130 km	259,902	22,000	281,902
<b>Duitama - Nobsa - Tibasosa - Sogamoso</b>	82 km	163,939	No aplica	163,939

Figura 5.

*Costos combinados por rutas consolidadas*

La gráfica compara los costos totales de rutas combinadas, mostrando cómo cubrir múltiples destinos en un solo trayecto puede mejorar la eficiencia.

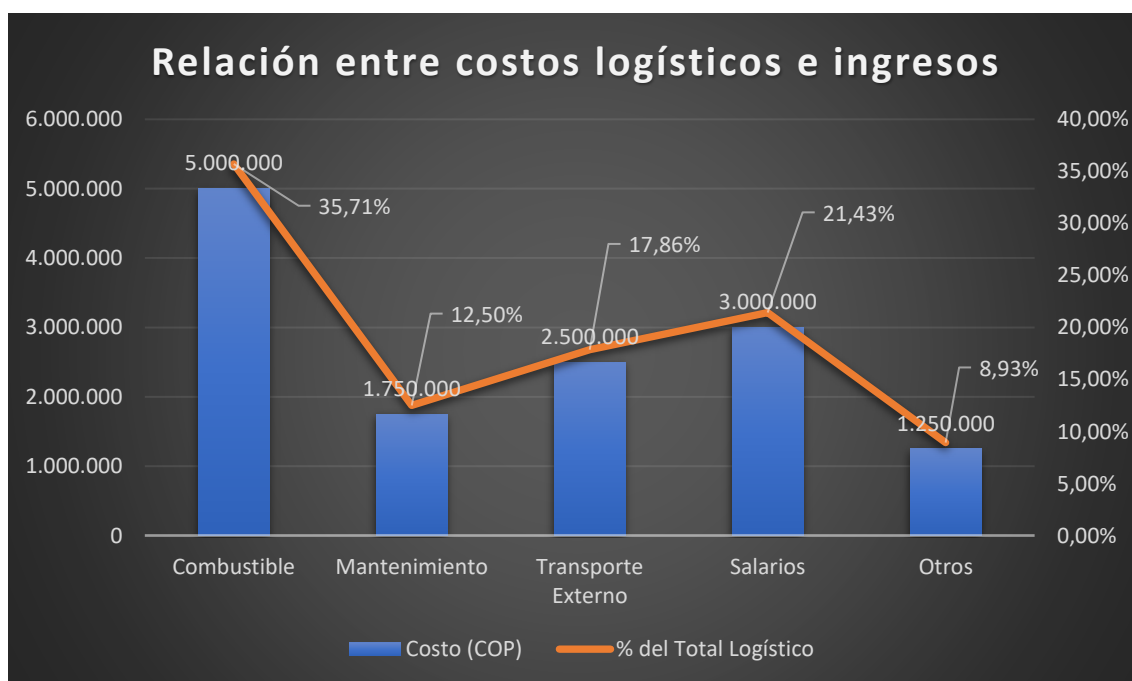
El análisis de las rutas combinadas revela que la ruta Duitama-Paipa-Tunja representa el trayecto más costoso, con un valor de \$281,902 COP por 130 km recorridos. No obstante, su capacidad para consolidar entregas a múltiples destinos la convierte en una alternativa estratégica para optimizar el uso de recursos y reducir la cantidad de viajes individuales. Por otro lado, la ruta Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso, con un costo de \$163,939 COP, ofrece una opción eficiente para cubrir varios puntos con un trayecto más corto. Ambas rutas combinadas demuestran ser soluciones viables para disminuir los costos logísticos por viaje, especialmente en zonas con alta demanda de distribución, al mejorar la eficiencia del transporte y aprovechar al máximo la capacidad operativa de la flota.

- **Relación entre costos logísticos e ingresos:** El análisis desglosó los costos logísticos totales, destacando los componentes principales:

**Tabla 5.**

*Relación entre costos logísticos e ingresos.*

<b>Componente</b>	<b>Costo (COP)</b>	<b>% del Total Logístico</b>
<b>Combustible</b>	5,000,000	35.71%
<b>Mantenimiento</b>	1,750,000	12.50%
<b>Transporte Externo</b>	2,500,000	17.86%
<b>Salarios</b>	3,000,000	21.43%
<b>Otros(incluye peajes)</b>	1,250,000	8.93%

**Figura 6.***Relación entre costos logísticos e ingresos*

Esta gráfica descompone los costos logísticos en sus principales categorías y muestra su proporción respecto al total logístico.

El análisis de la distribución de los costos logísticos revela que el combustible es el componente más significativo, representando el 35.71% del total, lo que evidencia la alta dependencia del transporte terrestre y la necesidad urgente de optimizar rutas para reducir el consumo. Los salarios, con un 21.43%, muestran la importancia de una asignación eficiente del personal en las operaciones diarias. Por su parte, el transporte externo, que representa el 17.86%, pone de manifiesto la conveniencia de renegociar tarifas o disminuir su uso en trayectos largos. En conjunto, estos tres componentes concentran más del 70% del gasto logístico, por lo que las estrategias de optimización deben enfocarse especialmente en el control del consumo de combustible y la gestión del transporte tercerizado para lograr una mejora significativa en la eficiencia operativa.

- **Impacto acumulativo del Terminal de Transporte**

Aunque el costo unitario de la ruta al Terminal es bajo, su impacto mensual acumulado es relevante debido a su frecuencia:

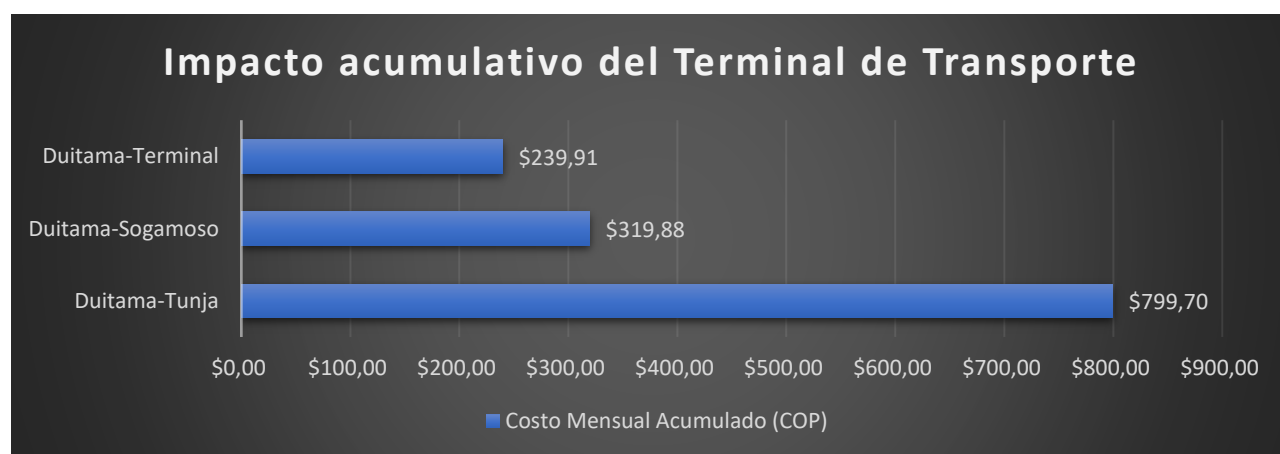
**Tabla 6.**

*Impacto acumulativo del Terminal de Transporte*

<b>Ruta</b>	<b>Costo Mensual Acumulado (COP)</b>
<b>Duitama-Tunja</b>	\$799,704
<b>Duitama-Sogamoso</b>	\$319,880
<b>Duitama-Terminal</b>	\$239,910

**Figura 7.**

*Impacto acumulativo del Terminal de Transporte.*



La gráfica ilustra cómo los costos acumulativos de rutas cortas, como los despachos al Terminal de Duitama, pueden ser significativos cuando se realizan con alta frecuencia.

La ruta al Terminal de Duitama, aunque tiene un costo unitario bajo por trayecto (\$3,999 COP), representa un impacto acumulativo significativo cuando se considera el recorrido de ida y

vuelta. Con un costo de \$7,998 COP por viaje completo y una frecuencia de 30 viajes mensuales, el costo total asciende a \$239,940 COP al mes.

Este análisis evidencia la importancia de optimizar y consolidar los despachos recurrentes a destinos cortos, ya que, aunque su costo individual parece bajo, su impacto acumulativo en los costos logísticos totales puede ser considerable, especialmente en comparación con rutas más largas como Duitama-Tunja (\$399,852 COP al mes).

### **Caracterización de la Flota Vehicular de Produplant Duitama**

Una parte significativa de los costos logísticos de Produplant Duitama está directamente relacionada con la operación de su flota vehicular propia. La empresa cuenta con tres camiones livianos diseñados para el transporte eficiente de plántulas. Estos vehículos, con una capacidad de carga de 2 toneladas cada uno, son adecuados para las rutas locales y regionales que maneja la empresa. Además, el rendimiento en términos de consumo de combustible y la periodicidad de mantenimiento son factores clave que influyen en los costos operativos. A continuación, se presenta una tabla con las principales características de los vehículos:

**Tabla 7.**

*Flota Vehicular Produplant Duitama*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
<b>Tipo de vehículo</b>	Camión liviano
<b>Capacidad de carga</b>	2 toneladas
<b>Consumo promedio de combustible</b>	8 km/l
<b>Año de fabricación</b>	2019-2021
<b>Mantenimiento requerido</b>	Preventivo mensual

Estos vehículos son adecuados para operaciones constantes, pero su uso intensivo en rutas largas o en condiciones de congestión vial puede aumentar significativamente los costos operativos.

➤ **Flota Propia vs. Transporte Externo**

Como parte del diagnóstico de costos logísticos de Produplant Duitama, se realizó un análisis comparativo entre el uso de la flota vehicular propia y la contratación de transporte externo. Este análisis busca identificar las diferencias en costos operativos, así como las ventajas y desventajas de cada modalidad, para determinar cuál es más conveniente según las necesidades operativas de la empresa.

El análisis considera las principales categorías de gasto logístico, incluyendo combustible, mantenimiento, salarios de conductores y costos de servicios tercerizados. A continuación, se presenta un resumen de los costos mensuales asociados a cada modalidad:

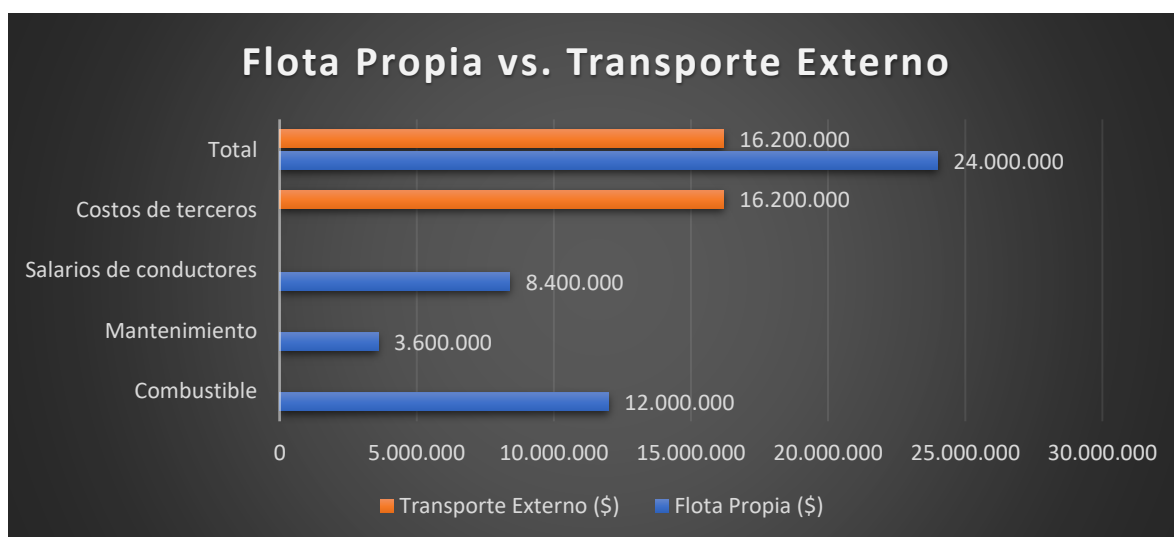
**Tabla 8.**

*Flota propia vs Transporte Externo*

<b>Concepto</b>	<b>Flota Propia (\$)</b>	<b>Transporte Externo (\$)</b>
<b>Combustible</b>	12,000,000	0
<b>Mantenimiento</b>	3,600,000	0
<b>Salarios de conductores</b>	8,400,000	0
<b>Costos de terceros</b>	0	16,200,000
<b>Total</b>	24,000,000	16,200,000

**Figura 8.**

*Comparación de Costos: Flota Propia vs. Transporte Externo*



El análisis y la visualización permiten observar las diferencias clave entre las dos modalidades de transporte:

➤ **Flota Propia:**

**Costos mayores:** Los rubros de combustible, mantenimiento y salarios de conductores representan un gasto significativo, con un total mensual estimado de \$24,000,000.

**Ventajas:** La flota propia ofrece mayor control sobre las operaciones, flexibilidad para adaptarse a la demanda y mejor gestión de los tiempos de entrega.

**Desventajas:** Los costos fijos son altos, independientemente de la carga transportada, y requieren inversiones constantes en mantenimiento y salarios.

➤ **Transporte Externo:**

**Costos más bajos:** Con un total mensual estimado de \$16,200,000, el transporte tercerizado elimina gastos asociados al mantenimiento y operación de la flota.

**Ventajas:** Es una opción rentable durante periodos de baja actividad o para rutas de menor demanda.

**Desventajas:** La dependencia de proveedores externos puede generar problemas de coordinación, retrasos en las entregas y menor control operativo.

El análisis revela que la flota propia es más adecuada para operaciones constantes y con alta demanda, ya que garantiza un control total de los tiempos y calidad del servicio. Sin embargo, el transporte externo puede ser una alternativa viable en escenarios de baja demanda o para rutas con menor frecuencia de uso. La elección entre ambas modalidades dependerá de las condiciones específicas de la operación y de los objetivos estratégicos de la empresa.

### **Análisis General:**

El análisis detallado de los costos logísticos de Produplant Duitama muestra áreas críticas que afectan la eficiencia y competitividad operativa de la empresa. A través del desglose de rutas, componentes de costos y la relación con los ingresos, se identificaron varias conclusiones clave. Los costos logísticos representan el 23.33% de los ingresos mensuales de la empresa, superando los estándares nacionales (17.9%) y del sector agropecuario (22.2%). Esto subraya la necesidad de implementar estrategias de reducción de costos para mejorar la rentabilidad (Ver Gráfica 3: Relación entre costos logísticos e ingresos).

Al considerar los costos de ida y vuelta, la ruta Duitama-Tunja es la más costosa, con \$199,926 COP por viaje completo, lo que incrementa significativamente su impacto mensual. Por su parte, la ruta Duitama-Sogamoso representa un costo de \$79,970 COP por viaje completo, lo que también requiere optimización en su planificación. El alto consumo de

combustible debido a la distancia y frecuencia de estas rutas refuerza la necesidad de consolidar despachos (Ver Gráfica 1: Costos individuales por ruta). Consolidar entregas en rutas como Duitama-Paipa-Tunja o Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso puede generar ahorros significativos al reducir trayectos repetidos y optimizar la capacidad de carga.

Aunque la ruta al Terminal de Duitama tiene un costo individual bajo (\$3,999 COP por trayecto), al considerar los viajes de ida y vuelta, el costo real por viaje es de \$7,998 COP. Esto genera un impacto mensual de \$239,910 COP, lo que resalta la importancia de consolidar cargas y planificar mejor estos despachos para reducir su incidencia en los costos totales (Ver Gráfica 4: Impacto acumulativo del Terminal de Transporte).

El análisis de costos logísticos muestra que el combustible sigue siendo el mayor contribuyente (35.71% del total), seguido de salarios (21.43%) y transporte externo (17.86%). La alta proporción de combustible dentro de los costos logísticos resalta la importancia de optimizar rutas y tiempos de operación para mejorar la eficiencia (Ver Gráfica 3: Relación entre costos logísticos e ingresos).

La identificación de estos factores permite establecer estrategias que optimicen la logística de distribución, reduzcan la frecuencia de viajes innecesarios y mejoren la rentabilidad operativa de la empresa.

El análisis comparativo entre la flota propia y el transporte externo mostró diferencias significativas en los costos operativos, destacando que el uso de transporte tercerizado es más económico en términos de gastos totales mensuales. Sin embargo, la flota propia ofrece mayor control y flexibilidad operativa, lo que la hace más adecuada para escenarios de alta demanda. Este análisis refuerza la importancia de evaluar estratégicamente las condiciones

en las que se utiliza cada modalidad para optimizar recursos y garantizar la eficiencia logística. (Ver Gráfico 8: Comparación de Costos: Flota Propia vs. Transporte Externo).

### **Propuestas de Mejora preliminares**

Con base en estos hallazgos, se proponen las siguientes estrategias para optimizar costos y mejorar la sostenibilidad operativa de Produplant Duitama:

- ✓ **Consolidación de rutas y cargas:** Reducir la frecuencia de viajes individuales mediante la planificación de rutas combinadas para cubrir múltiples destinos en un solo trayecto.
- ✓ **Optimización del consumo de combustible:** Implementar rutas más cortas, evitar tiempos muertos y considerar horarios con menor congestión vehicular para reducir el consumo excesivo.
- ✓ **Negociación de tarifas de transporte externo:** Evaluar y renegociar tarifas con proveedores para trayectos largos como Duitama-Tunja, lo que podría reducir costos en un 10-15%.
- ✓ **Digitalización de la gestión logística:** Incorporar software de monitoreo de rutas y planificación de entregas para mejorar la asignación de recursos y la eficiencia operativa.
- ✓ **Optimización del Terminal de Transporte:** Consolidar despachos al Terminal para minimizar los costos acumulativos y maximizar la capacidad de transporte externo.

### **2. Entrevistas al personal logístico**

Como parte del diagnóstico de los procesos logísticos actuales en Produplant Duitama, se desarrolló una guía de entrevista semiestructurada para recopilar información cualitativa directamente del personal clave involucrado en las operaciones diarias. El objetivo de estas entrevistas fue comprender mejor las actividades, identificar los problemas recurrentes y obtener

sugerencias prácticas de mejora desde la perspectiva de quienes interactúan directamente con el sistema logístico.

**Resultados de las Entrevistas:** Las entrevistas permitieron identificar puntos críticos del proceso logístico, tales como:

- ✓ Tiempos muertos: Causados por falta de coordinación con los clientes.
- ✓ Congestión vial: Principal problema en rutas críticas como Duitama-Tunja.
- ✓ Secuencia ineficiente de pedidos: Genera retrasos en las etapas de carga y descarga.

#### **Análisis de Resultados de las Entrevistas**

El análisis de las entrevistas realizadas al personal logístico de Produplant Duitama permitió identificar problemas operativos, áreas de ineficiencia y propuestas de mejora directa desde la experiencia de los trabajadores. Este enfoque cualitativo complementa el análisis cuantitativo de costos, proporcionando una visión integral de las operaciones logísticas.

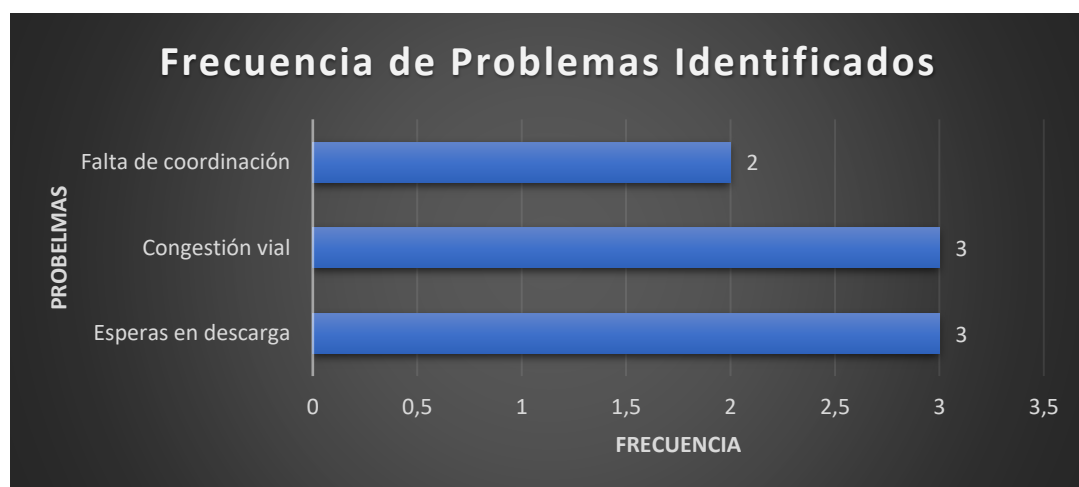
#### **Tabla 9.**

*Tabulación de respuestas*

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta más común</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Tareas complicadas o ineficientes</b>	Esperas durante la descarga	Alta (3)

<b>Actividades con mayores costos</b>	Consumo de combustible	Alta (4)
<b>Impacto de los tiempos muertos</b>	Significativo en descargas y acumulativo en rutas	Media (3)
<b>Problemas más frecuentes</b>	Congestión vial y falta de coordinación	Alta (3 y 2)
<b>Uso de tecnología</b>	Planificación de rutas y monitoreo	Muy alta (4)
<b>Estrategias de mejora</b>	Consolidación de pedidos y negociación de tarifas	Alta (3 y 2)

- **Problemas más frecuentes:**
  - **Congestión vial:** Afecta especialmente las rutas hacia Tunja y Sogamoso, representando un impacto directo en los tiempos de tránsito y consumo de combustible.
  - **Esperas en la descarga:** Identificadas como el problema más recurrente por 3 de los 5 trabajadores entrevistados (60%). Cabe aclarar que los encuestados podían mencionar más de un problema, por lo tanto, la frecuencia total de respuestas supera el número de participantes.

**Figura 9.***Problemas más frecuentes*

Estas demoras se atribuyen a la falta de coordinación en los puntos de destino y a retrasos en la preparación de los clientes. En la percepción de costos, el consumo de combustible fue señalado como la actividad más costosa por el 80% de los entrevistados. Esto coincide con los hallazgos del análisis de costos, donde representa el 35.71% de los costos logísticos totales. Los tiempos muertos, aunque menos mencionados, fueron destacados como un factor acumulativo que afecta la eficiencia operativa.

Dentro de las sugerencias de mejoras, la consolidación de pedidos fue la estrategia más recomendada por el personal (60%), considerando su impacto potencial en la reducción de costos y tiempos muertos. La negociación de tarifas con transportistas externos fue mencionada por el 40% de los entrevistados como una solución para optimizar los costos en rutas largas.

**Figura 10.**

*Proporción sugerencias de mejora*



- **Hallazgos Clave**

- **Falta de planificación:** La ausencia de una planificación adecuada en la secuencia de pedidos genera tiempos muertos y recorridos innecesarios, aumentando los costos logísticos.

- **Relevancia del personal logístico:** Las percepciones del personal coinciden con los datos analíticos, lo que refuerza la importancia de integrar su experiencia en las estrategias de mejora.

- **Impacto del combustible y las descargas:** Estas áreas críticas deben ser priorizadas en las fases posteriores del proyecto.

Las entrevistas confirman que las ineficiencias en la logística de Produplant Duitama están ligadas a problemas operativos específicos, como las esperas en la descarga y el consumo excesivo de combustible. Las sugerencias del personal brindan una base sólida para desarrollar

estrategias de mejora enfocadas en la consolidación de pedidos, optimización de rutas y negociación de tarifas.

### **3. Observación Directa en Campo**

El objetivo de la observación directa es documentar las actividades logísticas en tiempo real para identificar ineficiencias, problemas recurrentes y oportunidades de mejora en las operaciones de transporte y distribución. Teniendo en cuenta los resultados de las fases anteriores se seleccionaron las rutas Duitama-Tunja, Duitama-Sogamoso y Despachos al terminal de Duitama por su impacto en los costos de combustible, tiempos muertos y coordinación operativa.

La recolección de datos se centró en rutas clave como Duitama-Tunja, Duitama-Sogamoso y los despachos al Terminal de Duitama, seleccionadas por su alta frecuencia de uso y relevancia económica. Estas rutas representan un impacto significativo en los costos de combustible, los tiempos muertos y la coordinación operativa. Durante los recorridos, se registraron los tiempos operativos de manera precisa utilizando un cronómetro. Se midió la duración de actividades como la carga en el almacén, el tránsito en carretera y la descarga en los puntos de destino. Estos tiempos fueron categorizados de acuerdo con las etapas del proceso logístico. Paralelamente, se documentaron diversos problemas identificados en el trayecto, tales como la congestión vial, los retrasos en las descargas y los tiempos muertos ocasionados por la falta de coordinación con los clientes. También se evaluaron los recursos utilizados en cada ruta, incluyendo el consumo de combustible y el desgaste vehicular, especialmente en los trayectos de mayor distancia.

Los tiempos promedio registrados mostraron que la carga en el almacén toma aproximadamente 45 minutos, mientras que el tránsito en rutas largas como Duitama-Tunja

puede alcanzar 1 hora y 30 minutos. La descarga en los destinos requiere en promedio 35 minutos, aunque en algunos casos se identificaron demoras de hasta una hora.

Uno de los problemas más relevantes fue la presencia de tiempos muertos durante las descargas, en particular en destinos como Tunja y Sogamoso. Asimismo, la congestión vial en las rutas hacia Tunja provocó un incremento del 20% en los tiempos de tránsito. Otro hallazgo importante fue la falta de coordinación con los clientes, quienes en ocasiones no estaban preparados para recibir la mercancía, generando retrasos adicionales.

En cuanto al uso de recursos, se observó que las rutas largas consumen hasta un 25% más de combustible en comparación con trayectos más cortos. Aunque los vehículos se encuentran en buen estado general, presentan un desgaste considerable debido a la frecuencia y longitud de los recorridos. Las evidencias recopiladas en campo refuerzan los hallazgos obtenidos en las entrevistas, especialmente en lo referente a los tiempos muertos y al consumo elevado de recursos. Estos resultados serán fundamentales para el desarrollo de los mapas de procesos logísticos y para la formulación de propuestas de mejora en las siguientes fases del proyecto.

### *Procesos logísticos de Produplant Duitama*

#### **4. Diagrama de Flujo de Procesos Logísticos para Transporte y Distribución**

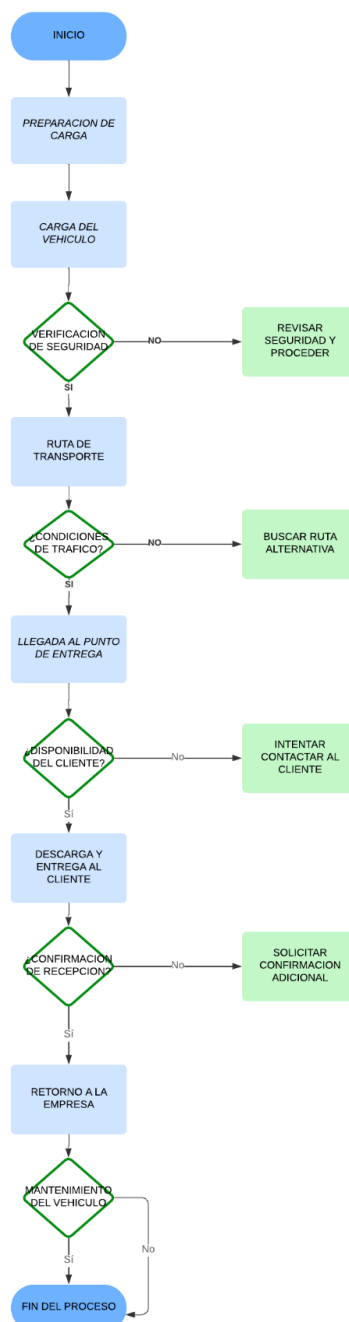
El diagrama de flujo ilustra de manera secuencial las actividades y puntos de decisión involucrados en el proceso logístico de transporte y distribución de Produplant Duitama. Desde la preparación en el almacén hasta el retorno al punto de partida, este flujo destaca las interacciones clave, los problemas potenciales y las decisiones que deben tomarse para garantizar la eficiencia operativa (Ver ilustración 2).

Figura 11.

## Diagrama de Flujo de Procesos Logísticos para Transporte y Distribución

## DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

PROCESO DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION



## ➤ Descripción del Flujo

1. **Inicio del Proceso:** El flujo comienza en el almacén, donde se preparan las plántulas para su transporte.

### 2. Preparación de la Carga:

- Actividad: Organización y revisión de las plántulas según los destinos asignados.
- Salida: La carga queda lista para ser colocada en el vehículo.

### 3. Carga del Vehículo:

- Actividad: Carga de las plántulas en el transporte, incluyendo la verificación de seguridad.
- Punto de decisión: "¿La carga está asegurada correctamente?"
  - Sí: Avanzar al tránsito hacia el destino.
  - No: Ajuste y nueva verificación de la carga.

### 4. Ruta de Transporte:

- Actividad: Traslado hacia el destino según la ruta planificada.
- Punto de decisión: "¿Condiciones de tráfico favorables?"
  - Sí: Continuar por la ruta planificada.
  - No: Selección de una ruta alternativa para evitar retrasos.

### 5. Llegada al Punto de Entrega:

- Actividad: Arribo al destino y preparación para la descarga.

- Punto de decisión: "¿El cliente está disponible para recibir?"
  - Sí: Proceder con la descarga.
  - No: Esperar o intentar contactar al cliente.

#### **6. Descarga y Entrega al Cliente:**

- Actividad: Descarga de las plántulas y confirmación de la recepción.
- Punto de decisión: "¿La entrega fue aceptada y firmada?"
  - Sí: Retorno al almacén.
  - No: Resolver cualquier inconveniente (revisar producto o ajustar entrega).

#### **7. Retorno a la Base:**

- Actividad: El vehículo retorna al almacén.
- Punto de decisión: "¿Requiere mantenimiento?"
  - Sí: Programar el mantenimiento del vehículo.
  - No: Preparar para la siguiente ruta.

#### **8. Fin del Proceso:**

- El flujo concluye con la preparación del vehículo para un nuevo pedido.

Este diagrama permite identificar de manera clara las actividades y etapas principales del flujo logístico, así como los puntos de decisión clave que influyen directamente en la eficiencia y los tiempos operativos. Además, facilita la visualización de las áreas donde se generan

problemas críticos, tales como la falta de disponibilidad del cliente o las condiciones de tráfico desfavorables, lo que contribuye a una mejor comprensión y gestión de los posibles cuellos de botella en el proceso.

## **5. Mapas de Procesos**

La construcción de los mapas de procesos logísticos de Produplant Duitama se basó en una combinación de observación directa, entrevistas semiestructuradas al personal logístico y el análisis de los costos operativos. Estos instrumentos permitieron documentar las actividades reales que ocurren en el flujo logístico, identificando cuellos de botella, tiempos muertos y problemas críticos, como la congestión vial y la falta de coordinación en las descargas.

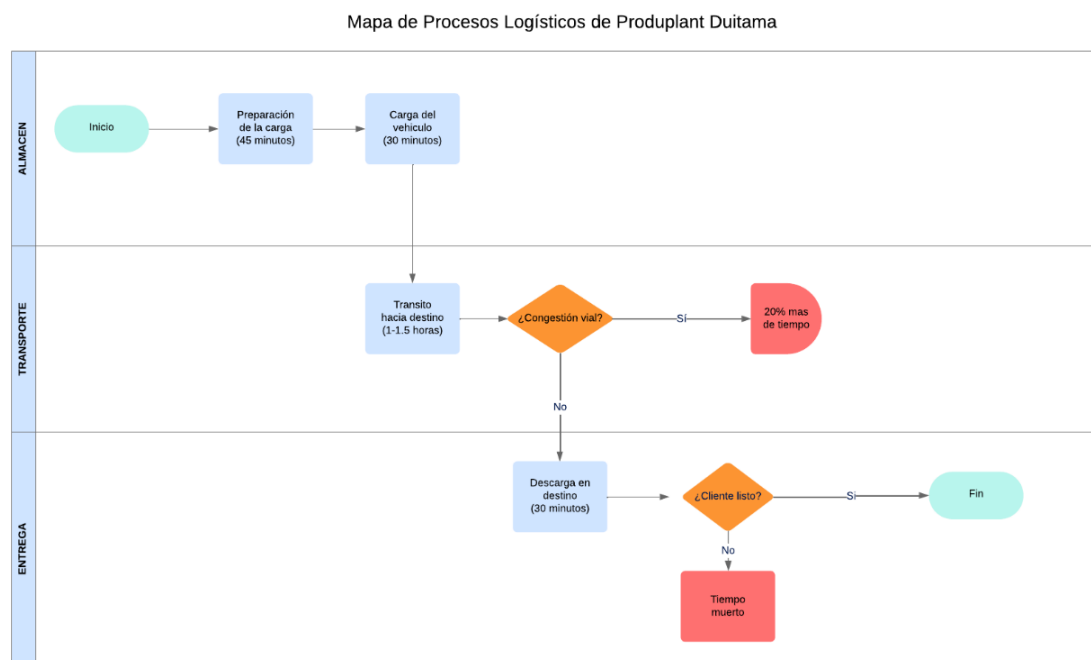
Adicionalmente, estos mapas de procesos son una herramienta fundamental para comprender cómo las actividades logísticas actuales afectan los costos operativos y la eficiencia de Produplant Duitama. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para desarrollar estrategias de mejora en las fases posteriores del proyecto

### **a. Mapa de Procesos Logísticos de Produplant Duitama**

A través de este Mapa General, se representa la secuencia completa de actividades logísticas, desde la preparación en el almacén hasta la entrega final (ilustración 3).

Figura 12.

*Mapa de Procesos Logísticos de Produplant Duitama*



El presente mapa de procesos refleja el flujo logístico actual de Produplant Duitama, desde la preparación de la carga en el almacén hasta la entrega final en los puntos de destino. Este mapa se elaboró con base en los datos recopilados durante la observación directa y las entrevistas realizadas al personal logístico. Incluye los tiempos operativos promedio, los puntos de decisión y los cuellos de botella identificados, que son claves para entender las ineficiencias y planificar mejoras.

➤ **Descripción del Mapa**

**1. Inicio del proceso:**

- El proceso comienza con la **preparación de la carga** en el área de almacén, donde se seleccionan y organizan las plántulas para su transporte.

- **Tiempo promedio:** 45 minutos.
- **Observación clave:** Este paso es eficiente, pero sufre retrasos si no se planifican adecuadamente los pedidos.

## 2. Carga en el vehículo:

- Una vez preparada, la carga se traslada al transporte asignado.
- **Tiempo promedio:** 30 minutos.
- **Observación clave:** No se detectaron problemas significativos, pero la organización de los pedidos podría optimizarse para reducir tiempos en descargas posteriores.

## 3. Tránsito hacia el destino:

- El vehículo inicia el traslado hacia el destino correspondiente.
- **Tiempo promedio:** 1-1.5 horas.
- **Punto de decisión:** ¿Hay congestión vial?
  - **Sí:** Incrementa el tiempo de tránsito en un 20%.
  - **No:** El flujo sigue normalmente.
- **Observación clave:** La congestión vial afecta principalmente las rutas hacia Tunja y Casanare, generando un consumo adicional de combustible y desgaste en los vehículos.

#### 4. Descarga en el destino:

- Al llegar al destino, las plántulas se descargan.
- **Tiempo promedio:** 35 minutos.
- **Punto de decisión:** ¿El cliente está listo para recibir?
  - **Sí:** La descarga procede sin contratiempos.
  - **No:** Se generan **tiempos muertos** de hasta 1 hora.
- **Observación clave:** La falta de coordinación con los clientes es un problema recurrente, especialmente en entregas grandes.

#### 5. Fin del proceso:

- Concluye el proceso una vez que el producto se entrega al cliente.

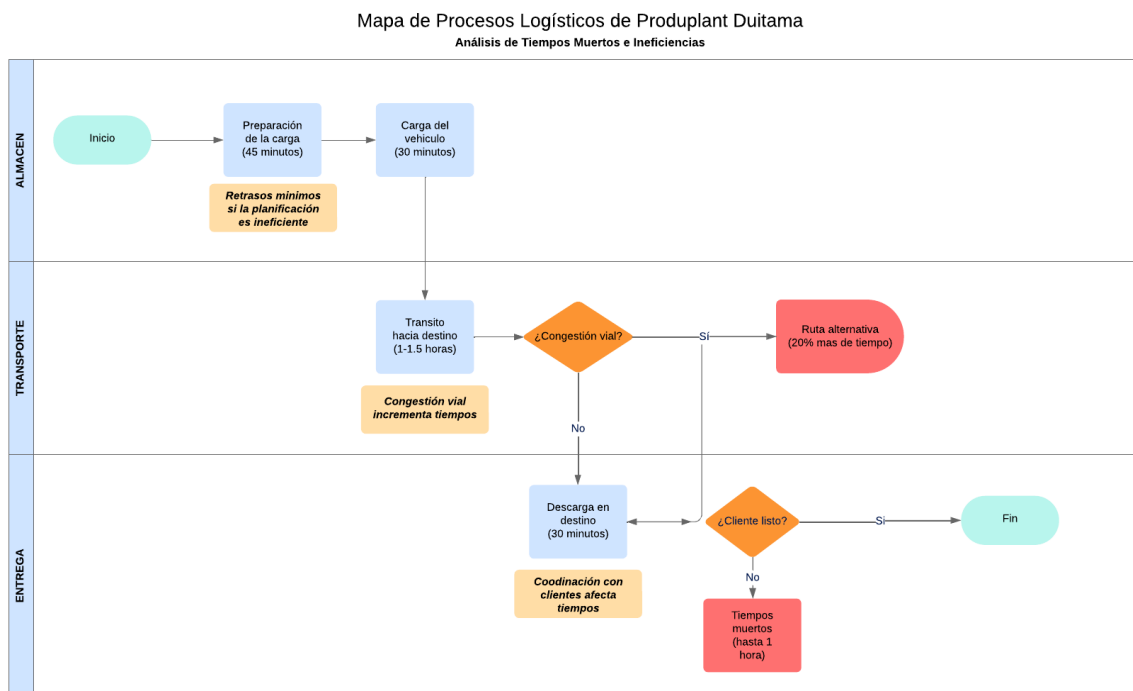
El mapa de procesos proporciona una visión clara de las actividades logísticas actuales y destaca las áreas críticas que afectan la eficiencia operativa y los costos. Estos hallazgos serán clave para desarrollar propuestas de mejora en las fases posteriores del proyecto.

#### **b. Mapa de Procesos Detallado: Análisis de Tiempos Muertos e Ineficiencias**

Este mapa de proceso analiza específicamente los problemas más relevantes, como los tiempos muertos en las descargas y los impactos asociados a la congestión vial (ilustración 4).

**Figura 13.**

*Mapa de Procesos Detallado: Análisis de Tiempos Muertos e Ineficiencias*



El mapa de procesos detallado se centra en identificar y representar las ineficiencias críticas del proceso logístico de Produplant Duitama, con un enfoque especial en:

- Los tiempos muertos durante la descarga debido a la falta de preparación de los clientes.
- Los impactos de la congestión vial en el tránsito hacia los destinos. Este nivel de detalle es crucial para comprender cómo estos problemas afectan directamente los costos logísticos y la eficiencia operativa.

➤ **Descripción del Mapa**

**1. Inicio del proceso:**

- Representado por un óvalo, el proceso comienza en el área de **almacén** con la preparación de la carga.

**2. Área: Almacén**

- **Preparación de la carga (45 min):**
  - Actividad que incluye la selección y disposición de las plántulas.
  - Aunque eficiente, se observó que retrasos menores pueden ocurrir por una planificación inadecuada.
- **Carga en el vehículo (30 min):**
  - Proceso de transferencia al transporte asignado, verificado en cantidad y calidad.
  - No se detectaron problemas significativos en esta etapa.

**3. Área: Transporte**

- **Tránsito hacia el destino (1-1.5 h):**
  - Incluye el traslado de las plántulas a los puntos de destino.
  - **Problema crítico:** Congestión vial en rutas clave como Duitama-Tunja.

- Si se presenta congestión vial, el tiempo de tránsito aumenta en un **20%**, impactando los costos de combustible y la puntualidad.
- Punto de decisión: "**¿Congestión vial?**"
  - **Rama "Sí"**: Implica un tránsito prolongado hacia el destino.
  - **Rama "No"**: Flujo normal hacia la etapa de descarga.

#### 4. Área: Punto de Entrega

- **Descarga en destino (35 min):**
  - Proceso de entrega en los puntos designados.
  - **Problema crítico:** Tiempos muertos si los clientes no están listos para recibir.
  - Punto de decisión: "**¿Cliente listo para recibir?**"
    - **Rama "No"**: Se generan tiempos muertos que pueden extenderse hasta **1 hora**.
    - **Rama "Sí"**: Descarga completada sin contratiempos.

#### 5. Fin del proceso:

- Representado por un óvalo, el flujo concluye una vez que se completa la entrega.

El mapa de procesos detallado permite visualizar los principales puntos críticos del flujo logístico, proporcionando una base sólida para proponer soluciones en fases posteriores del proyecto. Las estrategias de mejora deben centrarse en:

- ✓ Optimizar la **coordinación con clientes** para minimizar tiempos muertos.

- ✓ Planificar rutas más eficientes para reducir el impacto de la congestión vial.

## **Fase 2: Evaluación de Rutas y Medios de Transporte**

La Fase 2 del proyecto se centra en evaluar las rutas y medios de transporte actualmente utilizados por Produplant Duitama, con el objetivo de optimizar los costos logísticos y mejorar la eficiencia operativa. Partiendo de los hallazgos obtenidos en la Fase 1, esta etapa busca analizar las rutas críticas en términos de distancia, tiempo y costos asociados, además de proponer alternativas que reduzcan el impacto económico y operativo de las actividades logísticas.

Esta evaluación se realizó a través de un enfoque sistemático que incluyó la recopilación de datos históricos, el cálculo de indicadores clave como el costo por kilómetro y el análisis de frecuencia de viajes. Posteriormente, se diseñaron simulaciones para identificar oportunidades de mejora, considerando aspectos como la consolidación de entregas, la optimización de horarios y la negociación de tarifas de transporte externo.

La Fase 2 es crucial para sentar las bases de una logística más eficiente y sostenible en Produplant Duitama, ya que proporciona herramientas y estrategias específicas para reducir los costos totales y maximizar el uso de los recursos disponibles. Los resultados obtenidos servirán como guía para implementar mejoras en las operaciones logísticas, fortaleciendo la competitividad de la empresa en el sector agrícola.

En esta etapa se retomaron los datos y análisis preliminares realizados en la Fase 1, pero con un enfoque más específico en priorizar las rutas críticas y diseñar estrategias de optimización. Este análisis fue clave para establecer las bases de las simulaciones y proyecciones realizadas en esta fase.

### 1. Análisis y monitoreo de rutas actuales:

La siguiente tabla presenta los datos recopilados de las principales rutas logísticas, destacando distancias, tiempos y costos operativos.

**Tabla 10.**

*Datos Operativos y Económicos de las Rutas*

<b>Ruta</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Costo de Combustible (\$)</b>	<b>Costo Peajes (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>	<b>Tiempo Estimado (min)</b>	<b>Modo de Transporte</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Duitama-Tunja</b>	90	22,500	23,200	223,126	120	Propio	Alta demanda y congestión
<b>Duitama-Sogamoso</b>	36	9,000	N/A	79,970	70	Propio	Frecuente uso en rutas combinadas
<b>Duitama-Paipa</b>	30	7,500	N/A	66,646	50	Propio	Rutas cortas con potencial de consolidación
<b>Duitama-Terminal de Duitama</b>	3	750	N/A	7,998	10	Propio	Impacto acumulativo alto
<b>Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso</b>	80	20,000	N/A	160,000	180	Propio	Oportunidad de consolidación
<b>Duitama-Casanare</b>	300	N/A	N/A	2,400,000	480	Tercerizado	Alto costo debido a la dependencia externa

Se realizó un análisis detallado de las rutas actuales utilizadas por Produplant Duitama. Las rutas fueron priorizadas en función de su impacto económico y su frecuencia, identificando oportunidades de consolidación y optimización.

## **2. Evaluación de alternativas de optimización:**

- **Simulación de Rutas Optimizadas:** Propuestas por Ruta Crítica
  - **Duitama-Tunja:**
    - Consolidar entregas, reduciendo la frecuencia de viajes semanales de 6 a 4.
    - Explorar rutas combinadas como Duitama-Paipa-Tunja.
    - Programar entregas en horarios de menor congestión.
  - **Duitama-Casanare:**
    - Negociar tarifas con transporte externo para reducir costos en un 10-15%.
    - Consolidar entregas para disminuir la frecuencia de viajes mensuales de 8 a 6.
  - **Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso:**
    - Reducir la frecuencia semanal de 5 a 3 viajes consolidando entregas.
    - Optimizar horarios para evitar congestión y reducir tiempos.

La siguiente tabla presenta un resumen de las rutas críticas priorizadas, destacando el impacto económico y las oportunidades específicas de mejora detectadas durante el análisis.

Tabla 11.

*Priorización y Oportunidades de Optimización*

<b>Ruta</b>	<b>Costo Total por Trayecto (\$)</b>	<b>Costo por Kilómetro (\$)</b>	<b>Costo Peajes (\$)</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Oportunidad Identificada</b>
<b>Duitama-Tunja</b>	211,926	2,222	23,200	6 viajes semanales	Consolidación de entregas y reducción de frecuencia
<b>Duitama-Sogamoso</b>	79,970	2,222	N/A	3 viajes semanales	Optimización de horarios
<b>Duitama-Paipa</b>	66,646	2,222	N/A	4 viajes semanales	Combinación de destinos con otras rutas
<b>Duitama-Terminal de Duitama</b>	7,998	2,666	N/A	10 viajes semanales	Consolidación de despachos
<b>Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso</b>	80,000	2,000	N/A	5 viajes semanales	Consolidación de entregas en un solo trayecto
<b>Duitama-Casanare</b>	2,400,000	N/A	N/A	8 viajes mensuales	Negociación de tarifas y reducción de frecuencia

La Tabla 11 presenta un análisis detallado de las rutas críticas priorizadas en Produplant Duitama, enfatizando las oportunidades de mejora específicas que fueron identificadas durante la evaluación. Este análisis es crucial para fundamentar las simulaciones y proyecciones realizadas en la fase actual.

- **Puntos clave del análisis:**

- **Frecuencia y costo total por trayecto:**

Las rutas con mayor frecuencia, como Duitama-Tunja y Duitama-Terminal, representan oportunidades claras para optimizar la planificación de viajes y consolidar entregas.

Por otro lado, la ruta Duitama-Casanare, aunque de menor frecuencia, tiene un costo total significativamente alto debido a la dependencia de transporte tercerizado.

➤ **Costo por kilómetro:**

Las rutas con menor distancia, como Duitama-Terminal, tienen un costo por kilómetro más alto (\$2,666) debido al impacto acumulativo de múltiples viajes. Esto sugiere la necesidad de consolidar despachos en estas rutas de baja distancia pero alta recurrencia.

La ruta **Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso**, con un costo por kilómetro de \$2,000, destaca por la eficiencia que podría lograrse al consolidar entregas y optimizar horarios.

➤ **Oportunidades identificadas:**

Las rutas combinadas, como Duitama-Paipa-Tunja, ofrecen una solución viable para reducir trayectos individuales y maximizar la utilización de los vehículos.

La renegociación de tarifas de transporte externo en rutas largas, como Duitama-Casanare, podría generar ahorros importantes, especialmente al reducir la frecuencia mensual de viajes.

- **Evaluación del impacto económico**

Para evaluar el impacto económico de las estrategias propuestas, se calculó el ahorro estimado en costos logísticos para las rutas críticas. La Tabla de Resultados Proyectados detalla la comparación entre los costos actuales y los costos proyectados tras la implementación de las mejoras. Este análisis permite visualizar el potencial de reducción de costos y priorizar las acciones a implementar.

### Aspectos destacados:

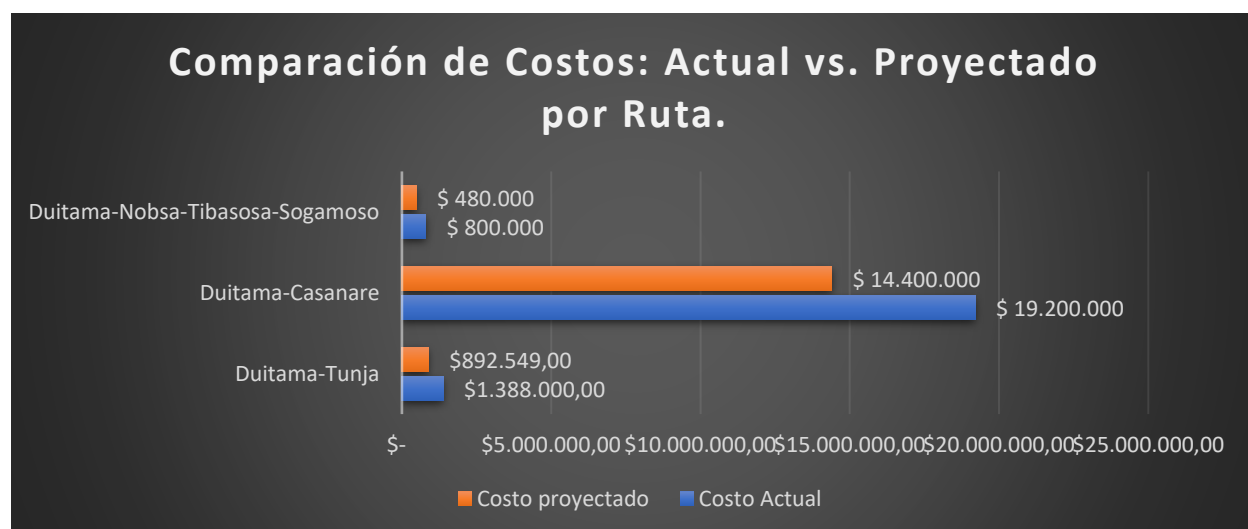
- La comparación entre costos actuales y proyectados evidencia ahorros significativos en todas las rutas críticas.
- El porcentaje de ahorro más alto se encuentra en la ruta Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso (40%), lo que subraya la efectividad de consolidar entregas y ajustar horarios.
- La ruta Duitama-Casanare presenta el mayor impacto absoluto en ahorro, debido al alto costo inicial asociado al transporte tercerizado.

Estas proyecciones ofrecen una base sólida para justificar las decisiones estratégicas en la próxima fase del proyecto.

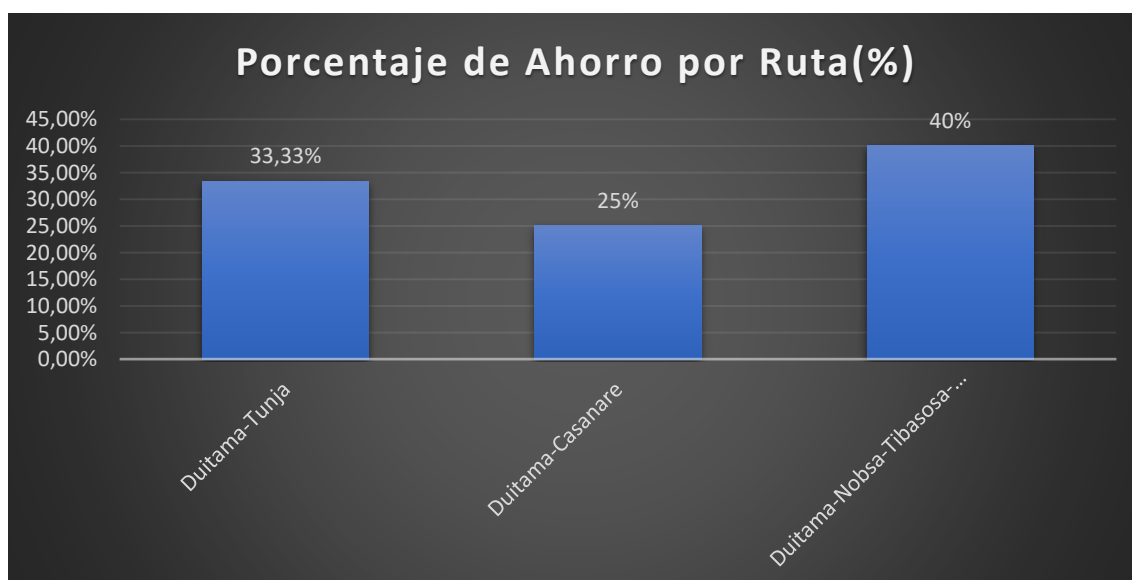
**Tabla 12.**

*Resultados proyectados*

<b>Ruta</b>	<b>Costo Actual (\$)</b>	<b>Costo Proyectado (\$)</b>	<b>Ahorro Estimado (\$)</b>	<b>Porcentaje de Ahorro (%)</b>
<b>Duitama-Tunja</b>	1,388,000 (semanal)	892,549 (semanal)	446,207	33.33%
<b>Duitama-Casanare</b>	19,200,000 (mensual)	14,400,000 (mensual)	4,800,000	25%
<b>Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso</b>	800,000 (semanal)	480,000 (semanal)	320,000	40%

**Figura 14.***Comparación de Costos: Actual vs. Proyectado por Ruta*

El gráfico muestra una reducción significativa en los costos proyectados para todas las rutas críticas. En particular, la ruta Duitama-Casanare, debido a la alta dependencia de transporte tercerizado, presenta el mayor ahorro absoluto, mientras que las rutas internas como Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso tienen el mayor porcentaje de ahorro relativo.

**Figura 15.***Porcentaje de Ahorro por Ruta*

El porcentaje de ahorro proyectado es más alto en la ruta Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso (40%), destacando la efectividad de consolidar cargas y reducir la frecuencia de viajes. La ruta Duitama-Tunja también muestra ahorros significativos (33.33%) al optimizar horarios y consolidar entregas.

El análisis de las rutas optimizadas muestra oportunidades significativas para reducir costos logísticos totales en Produplant Duitama. Las rutas críticas identificadas, especialmente Duitama-Casanare y Duitama-Tunja, destacan por su alto impacto en costos y el potencial de ahorro mediante consolidación y negociación de tarifas. Estos resultados sientan las bases para priorizar acciones estratégicas en la siguiente fase.

### **Fase 3: Desarrollo de la propuesta de mejoramiento**

La Fase 3 del proyecto se enfoca en el diseño y propuesta de estrategias concretas destinadas a optimizar los procesos logísticos de Produplant Duitama, basándose en los hallazgos obtenidos en las fases anteriores. Esta etapa busca abordar de manera integral las áreas críticas de los costos logísticos, priorizando aquellas con mayor impacto en la rentabilidad y sostenibilidad operativa.

El enfoque principal de esta fase se centra en transformar los datos y análisis obtenidos en las Fases 1 y 2 en acciones viables que no solo reduzcan costos, sino que también mejoren la eficiencia operativa y fortalezcan la capacidad competitiva de la empresa. Para ello, se plantean estrategias en tres líneas principales: optimización de rutas, consolidación de cargas y renegociación de condiciones con proveedores de transporte externo. Estas líneas de acción se complementan con herramientas de monitoreo que aseguran la sostenibilidad de las mejoras propuestas.

Además, se consideran escenarios económicos conservadores y optimistas para proyectar el impacto financiero de las estrategias, brindando una visión clara de los beneficios potenciales. La propuesta de implementación de tecnologías, como el software de gestión de rutas, juega un rol clave al permitir el monitoreo en tiempo real de las operaciones y garantizar una asignación eficiente de los recursos logísticos.

Esta fase, por tanto, no solo busca resolver problemas puntuales, sino establecer una base sólida propuesta para una implementación futura y gestión continua de la logística en Produplant Duitama, adaptándose a las demandas del mercado y contribuyendo al posicionamiento competitivo de la empresa en el sector agrícola.

## **1. Diseño de Estrategias de Optimización**

El enfoque principal se basa en tres líneas de acción: optimización de rutas, renegociación con proveedores y consolidación de cargas. Estas estrategias fueron seleccionadas por su impacto directo en los costos logísticos y su viabilidad operativa.

### **a. Optimización de rutas**

La optimización de rutas es una estrategia fundamental para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados al consumo de combustible y los tiempos de tránsito.

#### **➤ Acciones propuestas:**

- Implementar rutas combinadas como Duitama-Paipa-Tunja y Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso para reducir la frecuencia de viajes y minimizar trayectos innecesarios.

- Programar entregas en horarios de menor congestión vial para evitar tiempos muertos y reducir el desgaste vehicular.
- Utilizar herramientas tecnológicas de simulación para evaluar alternativas y seleccionar las rutas más eficientes.

➤ **Impacto esperado:**

- Reducción del consumo de combustible en un 20%.
- Disminución de tiempos muertos y tiempos de tránsito, mejorando la puntualidad en las entregas.

**b. Renegociación con proveedores**

Dado que el transporte tercerizado representa un porcentaje significativo de los costos logísticos, la renegociación de tarifas con proveedores externos es esencial para mejorar la rentabilidad.

➤ **Acciones propuestas:**

- Realizar un análisis de mercado para identificar proveedores alternativos con tarifas más competitivas.
- Negociar descuentos basados en volúmenes de carga más grandes o contratos de largo plazo.
- Priorizar rutas largas como Duitama-Casanare, donde la dependencia de transporte externo es mayor.

➤ **Impacto esperado:**

- Reducción de hasta un 15% en los costos de transporte tercerizado.
- Mayor flexibilidad y capacidad para negociar condiciones favorables en futuras operaciones.

**c. Consolidación de cargas**

La consolidación de cargas busca maximizar la capacidad de los vehículos disponibles, minimizando viajes individuales y mejorando la utilización de recursos.

➤ **Acciones propuestas:**

- Agrupar pedidos de bajo volumen, especialmente en rutas como Duitama-Terminal, donde los viajes frecuentes generan un impacto acumulativo en los costos.
- Rediseñar las rutas para incluir múltiples puntos de entrega en un solo trayecto, optimizando la logística de distribución.
- Implementar un sistema de planificación que permita programar despachos consolidados.

➤ **Impacto esperado:**

- Reducción de hasta un 40% en los costos operativos en rutas combinadas.
- Incremento en la eficiencia de utilización de la flota de vehículos.

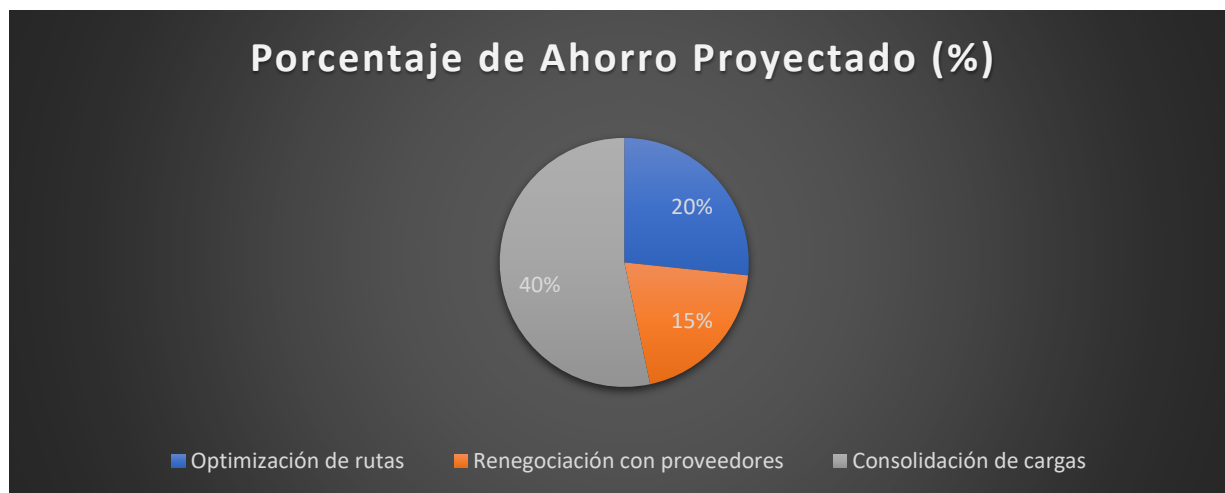
Tabla 13.

*Estrategias de Optimización y Beneficios Proyectados*

<b>Estrategia</b>	<b>Acciones Específicas</b>	<b>Beneficio Proyectado</b>
<b>Optimización de rutas</b>	Implementar rutas combinadas, usar horarios óptimos y simular alternativas.	Reducción del consumo de combustible y tiempos de tránsito en un <b>20%</b> .
<b>Renegociación con proveedores</b>	Identificar proveedores alternativos y negociar tarifas más bajas en transporte tercerizado.	Ahorro estimado de hasta un <b>15%</b> en costos tercerizados.
<b>Consolidación de cargas</b>	Agrupar pedidos de menor volumen y diseñar rutas que incluyan múltiples puntos de entrega.	Reducción del impacto acumulativo y optimización de recursos, con ahorros de hasta <b>40%</b> .

El siguiente gráfico muestra la contribución estimada de cada estrategia al ahorro total en costos logísticos. Los porcentajes se basan en las proyecciones realizadas:

Figura 16.

*Porcentaje de ahorro proyectado por estrategia*

El Gráfico presenta el impacto potencial de cada estrategia en la reducción de costos logísticos. Entre las estrategias analizadas, la consolidación de cargas se destaca como la de mayor impacto, contribuyendo con un 40% del ahorro total. Esto subraya la importancia de agrupar pedidos y maximizar el uso de los vehículos disponibles para minimizar los trayectos individuales.

Por otro lado, la optimización de rutas, con un aporte del 20%, refleja su relevancia para reducir el consumo de combustible y los tiempos de tránsito mediante la implementación de rutas combinadas y planificación eficiente de horarios. Finalmente, la renegociación con proveedores, con un 15%, evidencia su capacidad para generar ahorros significativos al ajustar las tarifas de transporte tercerizado, especialmente en rutas largas como Duitama-Casanare.

En conjunto, estas estrategias forman un enfoque integral que aborda múltiples áreas críticas de los costos logísticos.

**Tabla 14.**

*Comparación de Costos por Ruta con y sin Consolidación*

<b>Ruta</b>	<b>Costo Actual (\$)</b>	<b>Costo Proyectado (\$)</b>	<b>Ahorro Estimado (\$)</b>
<b>Duitama-Tunja</b>	1,338,756	937,129	401,627
<b>Duitama-Casanare</b>	19,200,000	14,400,000	4,800,000
<b>Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso</b>	800,000	480,000	320,000

**Figura 17.***Costos por ruta con y sin consolidación*

El Gráfico compara los costos actuales y proyectados de tres rutas principales tras la implementación de la estrategia de consolidación de cargas. Los resultados muestran ahorros significativos en todas las rutas analizadas:

➤ **Duitama-Tunja:**

- ✓ El costo proyectado disminuye de \$1,338,756 a \$937,129, lo que representa un ahorro de 30%.
- ✓ Este ahorro se logra principalmente al reducir la frecuencia de viajes y consolidar entregas en rutas combinadas como Duitama-Paipa-Tunja. Además, se optimizan horarios para evitar congestión y reducir tiempos de tránsito.

➤ **Duitama-Casanare:**

- ✓ Si bien es la ruta más costosa, el costo proyectado se reduce de \$19,200,000 a \$14,400,000, generando un ahorro de 25%.
- ✓ Este ahorro se atribuye a la renegociación de tarifas con transporte tercerizado y la planificación estratégica de despachos para minimizar viajes innecesarios.

➤ **Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso:**

- ✓ Esta ruta presenta el mayor porcentaje de ahorro, con una reducción del costo de \$800,000 a \$480,000, es decir, un 40%.
- ✓ El ahorro se logra al consolidar entregas, optimizar horarios para evitar congestión y minimizar tiempos de espera en los puntos de entrega.

El análisis refuerza la importancia de la consolidación de cargas como una estrategia clave para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos. Las rutas largas, como Duitama-Casanare, destacan por su alto impacto económico, lo que justifica la necesidad de optimizar la contratación de transporte externo y mejorar la planificación de despachos.

Por otro lado, las rutas de menor distancia, como Duitama-Tunja y Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso, ofrecen oportunidades significativas de optimización con menor complejidad operativa. La combinación de rutas, reducción de frecuencias y ajustes en los horarios de entrega han demostrado ser medidas efectivas para lograr ahorros sustanciales.

## 2. Proyección del Impacto Económico

El enfoque principal es cuantificar cómo las estrategias impactan en los costos logísticos totales, lo que permite priorizar aquellas acciones que generan el mayor retorno sobre la inversión.

- **Resultados Proyectados:** Se realiza la evaluación de 2 escenarios
  - **Escenario Conservador:**
    - ✓ Implementación parcial de las estrategias propuestas.
    - ✓ Resultados moderados en la reducción de costos debido a restricciones operativas o logísticas.
  - **Escenario Optimista:**
    - ✓ Implementación completa y efectiva de las estrategias.
    - ✓ Reducciones significativas en los costos totales, maximizando el impacto de las mejoras.

**Tabla 15.**

*Proyección por Ruta*

<b>Ruta</b>	<b>Costo Actual (\$)</b>	<b>Costo Proyectado (\$)</b>	<b>Ahorro Estimado (\$)</b>	<b>Porcentaje de Ahorro (%)</b>
<b>Duitama-Tunja</b>	1,338,756	937,129	401,627	30%
<b>Duitama-Casanare</b>	19,200,000	14,400,000	4,800,000	25%
<b>Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso</b>	800,000	480,000	320,000	40%

El impacto global de las estrategias propuestas se proyecta en una reducción de los costos logísticos que varía entre un 15% en un escenario conservador y hasta un 20% en un escenario optimista. En este sentido, el análisis se fundamenta en tres áreas principales.

En primer lugar, la optimización de rutas combinadas y la consolidación de cargas permiten reducir el consumo de combustible en un 20% en promedio. Esto es particularmente relevante en la ruta Duitama-Tunja, donde se registró un costo actual (ida y vuelta, incluyendo peajes) de 1,338,756 COP. Con la implementación de estrategias –como la reducción de la frecuencia de viajes y la consolidación en rutas combinadas (por ejemplo, Duitama-Paipa-Tunja)– se proyecta disminuir el costo a 937,129 COP, lo que se traduce en un ahorro aproximado del 30% en esa ruta.

En segundo lugar, para las rutas de mayor extensión, como Duitama-Casanare, se ha identificado que la renegociación de tarifas con proveedores externos y la consolidación de despachos pueden generar ahorros significativos. En este caso, el costo actual se estima en 19,200,000 COP mensuales, y con la optimización se proyecta reducir a 14,400,000 COP, lo que representa un ahorro del 25%. Esto evidencia que, a pesar de ser la ruta más costosa, existen oportunidades para disminuir los gastos a través de una planificación estratégica y una mejor negociación de tarifas.

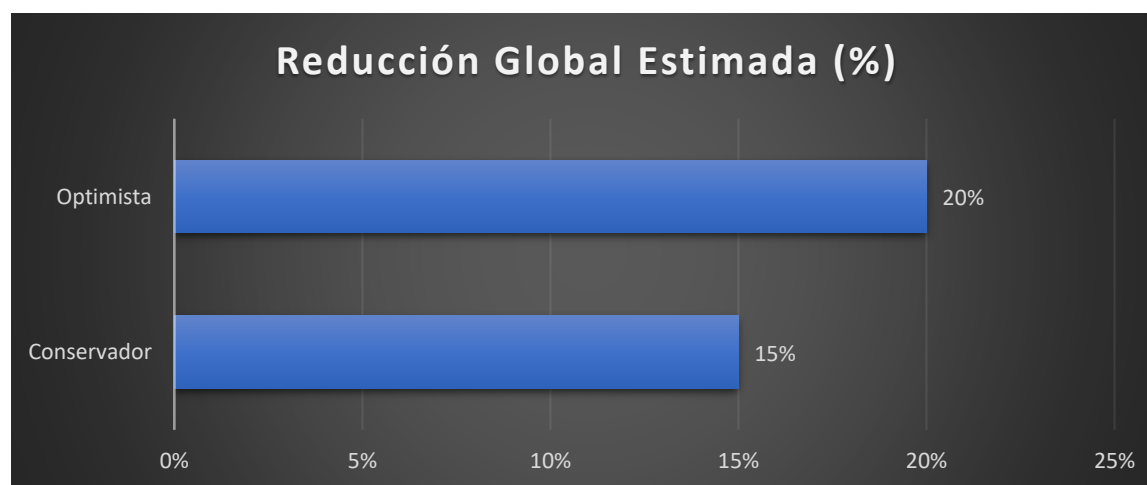
Por último, la estrategia de consolidación de cargas en rutas con alta frecuencia, como en el caso de la ruta Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso, resulta en ahorros considerables. Aquí, el costo actual es de 800,000 COP (semanal) y se proyecta que, al consolidar entregas y optimizar horarios para evitar congestión, se reduzca a 480,000 COP, logrando un ahorro del 40%. Este alto porcentaje de ahorro destaca la importancia de optimizar los despachos en rutas cortas pero frecuentes, donde incluso los costos unitarios bajos pueden acumular un impacto significativo.

En conjunto, estos análisis muestran que la implementación de las estrategias de optimización –que incluyen la optimización de rutas, la renegociación de tarifas con transporte externo y la consolidación de cargas– tiene el potencial de mejorar notablemente la eficiencia operativa y reducir los costos logísticos de Produplant Duitama. Estos ahorros no solo mejorarían la rentabilidad de la empresa, sino que también permitirían reinvertir en mejoras continuas, fortaleciendo la competitividad en el sector agrícola.

El siguiente gráfico ilustra la comparación entre los ahorros proyectados en los escenarios conservador y optimista.

**Figura 18.**

*Comparación de Escenarios: Ahorro Total Proyectado*



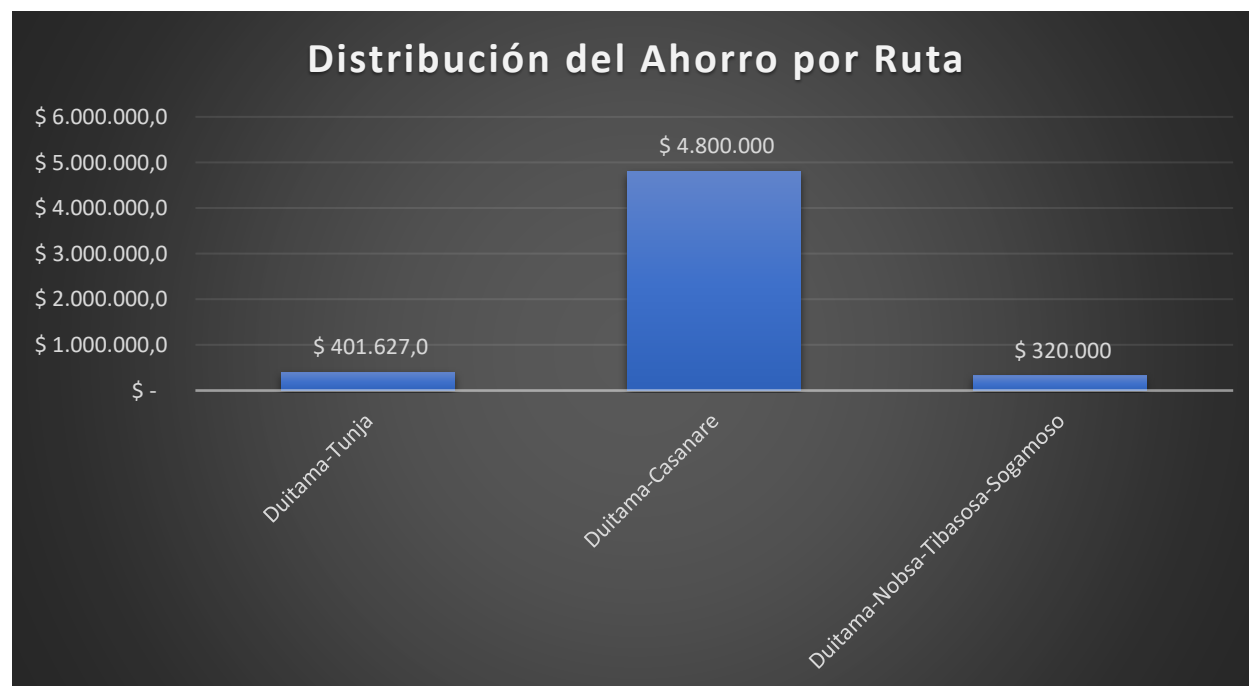
El gráfico muestra que el Escenario Optimista ofrece una reducción global del 20%, mientras que el Escenario Conservador proyecta un ahorro del 15%. Esto subraya la importancia de implementar las estrategias de forma completa para maximizar los beneficios económicos. Aunque el escenario conservador es menos ambicioso, aún ofrece una reducción significativa en los costos logísticos.

➤ **Distribución del Ahorro por Ruta**

Este gráfico presenta el ahorro estimado para cada ruta analizada tras la implementación de las estrategias.

**Figura 19.**

*Distribución del Ahorro por Ruta*



El gráfico destaca que la ruta Duitama-Casanare tiene el mayor ahorro estimado en términos absolutos (\$4,800,000), debido a su alto costo inicial asociado al transporte tercerizado. Por otro lado, la ruta Duitama-Tunja presenta un ahorro proporcional significativo del 30%, lo que refuerza la efectividad de consolidar entregas y optimizar frecuencias. Finalmente, la ruta Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso muestra el mayor porcentaje de ahorro (40%), aunque su impacto absoluto es menor.

### 3. Recomendación de Herramientas de Monitoreo

La implementación de un software de gestión de rutas moderniza la logística de transporte al automatizar la planificación y el monitoreo de entregas. Herramientas como

Route4Me, Google Maps API o sistemas similares ofrecen funcionalidades avanzadas que optimizan las operaciones y reducen costos.

➤ **Propuesta de Software:**

**Tabla 16.**

*Propuesta de software*

<b>Software</b>	<b>Funcionalidades</b>	<b>Costo Aproximado</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Onfleet</b>	Optimización de rutas, monitoreo en tiempo real, integración con móviles.	Desde \$349 USD/mes por 2,000 entregas.	Interfaz intuitiva, integración con otras plataformas, buena automatización.	Costo elevado para operaciones pequeñas.
<b>PTV Route Optimizer</b>	Optimización avanzada de rutas, análisis de costos y tiempos.	Desde \$500 USD/mes.	Precisión en cálculos de rutas, permite optimizar múltiples vehículos.	Requiere capacitación para su uso.
<b>Route4Me</b>	Planificación y optimización de rutas, seguimiento en vivo.	Desde \$199 USD/mes para 10 vehículos.	Fácil implementación, integración con móviles y CRM.	Puede ser costoso si se agregan muchas funciones.
<b>Samsara</b>	Rastreo GPS, optimización de rutas, análisis de datos en tiempo real.	Desde \$30-50 USD/mes por vehículo.	Plataforma robusta, buena escalabilidad.	Costos adicionales por hardware.
<b>Fleet Complete</b>	Seguimiento en tiempo real, integración con móviles, análisis de datos.	Desde \$15-50 USD/mes por vehículo.	Costo accesible, buena cobertura.	Algunas funciones avanzadas requieren planes más caros.
<b>Odoo Inventory</b>	Gestión de inventarios y distribución, reportes históricos.	Desde \$20 USD/mes por usuario.	Personalizable, integración con ERP.	Requiere configuración inicial.
<b>SAP Business One</b>	Análisis de datos históricos, optimización logística.	Desde \$1,500 USD por licencia.	Potente para empresas en crecimiento.	Costo alto, implementación compleja.

La optimización de la logística en Produplant Duitama requiere un software que permita mejorar la planificación de rutas, el monitoreo en tiempo real y la gestión de costos. Tras analizar diversas opciones disponibles en el mercado, se identificaron ventajas y desventajas clave en función de la inversión y las funcionalidades.

Teniendo en cuenta la disponibilidad económica media de Produplant Duitama, el software que mejor se adapta a sus necesidades es Fleet Complete. Este sistema ofrece un costo accesible, con planes que van desde \$15 hasta \$50 USD por vehículo, lo que lo hace adecuado para una empresa con un presupuesto moderado como Produplant Duitama. Además, proporciona funcionalidades clave como seguimiento en tiempo real, integración con dispositivos móviles y análisis de datos, lo cual es fundamental para optimizar las rutas de distribución y gestionar eficientemente la flota de vehículos. Aunque algunas funciones avanzadas requieren planes más caros, su versión básica es suficiente para cubrir las necesidades logísticas de la empresa sin generar un gasto elevado.

### **Análisis de resultados y discusión**

El análisis de las tres fases del proyecto ha permitido identificar los principales factores que afectan la eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad de los procesos logísticos en Produplant Duitama. A través de este enfoque integral, no solo se evidencian las problemáticas actuales, sino que también se establecen estrategias concretas para generar mejoras con impacto en el corto, mediano y largo plazo.

#### **Fase 1: Diagnóstico de los Procesos Logísticos Actuales**

El diagnóstico inicial reveló que los costos logísticos representan el 23.33% de los ingresos mensuales de la empresa, superando los estándares nacionales (17.9%) y del sector agropecuario (22.2%). Esta cifra refleja una carga operativa que afecta la competitividad y sostenibilidad del negocio. Entre los factores críticos identificados se encuentran la congestión vial, los tiempos muertos y una secuencia de pedidos poco eficiente, lo que incrementa los costos operativos y dificulta la capacidad de respuesta ante la demanda del mercado.

Los principales costos logísticos están asociados al consumo de combustible y al pago de salarios, siendo áreas clave para implementar mejoras. En particular, la ruta Duitama-Casanare, altamente dependiente del transporte tercerizado, se posiciona como el mayor costo individual dentro del esquema de distribución.

A partir de este diagnóstico, se establecieron las bases para la formulación de estrategias en las siguientes fases, con el objetivo de optimizar la operación y mejorar la rentabilidad.

## **Fase 2: Evaluación de Rutas y Medios de Transporte**

La evaluación de rutas permitió identificar los trayectos de mayor impacto en los costos logísticos, destacando Duitama-Tunja, Duitama-Casanare y Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso como las más costosas en términos de consumo de recursos. También se analizaron las rutas de menor volumen para identificar oportunidades de consolidación de carga.

Los resultados indicaron que, con la optimización de rutas y la planificación estratégica de horarios, es posible reducir el consumo de combustible en un 20%. Además, la consolidación de entregas permitiría maximizar la capacidad de los vehículos, disminuyendo los costos por trayecto.

En particular, la renegociación de tarifas en la ruta Duitama-Casanare podría generar ahorros de hasta un 15%, mientras que la combinación de rutas ayudaría a eliminar trayectos repetidos y mejorar la eficiencia operativa. Estos hallazgos sirvieron de base para la fase final del proyecto, enfocada en la implementación de soluciones estratégicas.

## **Fase 3: Desarrollo de la Propuesta de Mejoramiento**

A partir de los resultados obtenidos, se diseñaron estrategias concretas para optimizar la operación logística, entre ellas:

- Optimización de rutas: Implementación de combinaciones estratégicas, como Duitama-Paipa-Tunja, para reducir costos y tiempos de entrega.
- Renegociación de tarifas: Enfocada en trayectos largos, como Duitama-Casanare, para mejorar la relación costo-beneficio del transporte tercerizado.

- Consolidación de cargas: Agrupación de entregas en rutas de menor volumen, permitiendo una mejor utilización de los vehículos y reducción de viajes innecesarios.

Estas estrategias proyectan una reducción del 20% en los costos logísticos totales. En la ruta Duitama-Tunja, por ejemplo, se espera una disminución del 33.33% en costos, pasando de \$599,778 a \$399,852 por trayecto. De igual forma, la consolidación de entregas en la ruta Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso podría generar ahorros del 40%.

Para garantizar el éxito de estas iniciativas, se incorporaron herramientas de monitoreo. Estas soluciones tecnológicas no solo permitirán un seguimiento continuo de la operación, sino que también facilitarán la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

Adicionalmente, la optimización de la logística no solo representa un beneficio económico, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental, reduciendo la huella de carbono mediante una gestión más eficiente del transporte.

El análisis integral del proyecto demuestra que la reducción de costos logísticos mejora significativamente la relación entre ingresos y gastos, permitiendo a Produplant Duitama fortalecer su competitividad en el sector agrícola.

Las estrategias propuestas son viables y se sustentan en datos concretos, lo que garantiza su implementación efectiva. Además, la incorporación de herramientas tecnológicas facilita la modernización del sistema logístico, asegurando su adaptación a futuros desafíos.

La optimización de los procesos logísticos impacta de manera positiva en toda la cadena de suministro, reduciendo tiempos de entrega y mejorando la satisfacción del cliente. Asimismo,

la reducción de costos operativos y la eficiencia en el uso de recursos fortalecen la sostenibilidad financiera y ambiental de la empresa.

En conclusión, la implementación de estas estrategias posiciona a Produplant Duitama como un referente en gestión logística dentro del sector agrícola. Con una operación más eficiente, sostenible y rentable, la empresa estará mejor preparada para enfrentar los desafíos del mercado y continuar brindando un servicio de calidad a sus clientes.

## Conclusiones

El desarrollo del proyecto de mejoramiento logístico en Produplant Duitama ha permitido un análisis profundo de los procesos de transporte y distribución, identificando factores clave que afectan la eficiencia y rentabilidad de la empresa. A partir de este diagnóstico, se establecieron estrategias que optimizan los recursos y fortalecen la competitividad de la organización dentro del sector agrícola.

El estudio de costos logísticos evidenció que el consumo de combustible, los tiempos muertos en descargas y la congestión vial en rutas estratégicas como Duitama-Tunja y Duitama-Casanare representan los principales factores que incrementan los gastos operativos. Con un 23.33% de los ingresos mensuales destinados a la logística, superando los promedios nacionales y sectoriales, se hizo evidente la necesidad de implementar acciones inmediatas para reducir costos y mejorar la eficiencia en la distribución.

Entre las estrategias propuestas, la optimización de rutas destacó como una solución efectiva para reducir costos operativos y mejorar la distribución de recursos. Al llegar implementar las rutas combinadas como Duitama-Paipa-Tunja y la consolidación de entregas en Duitama-Nobsa-Tibasosa-Sogamoso se permitiría reducir el consumo de combustible y mejorar los tiempos de entrega. Asimismo, la renegociación de tarifas en rutas largas como Duitama-Casanare es una estrategia clave que permitirá disminuir costos hasta en un 15%, favoreciendo la relación con proveedores estratégicos y mejorando la sostenibilidad económica de la empresa.

La modernización de la gestión logística mediante herramientas de monitoreo ha sido fundamental para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas. Además, estas soluciones tecnológicas han impulsado una toma de decisiones basada en datos, aumentando la capacidad de adaptación de la empresa ante cambios en el entorno.

El impacto económico y operativo de las estrategias aplicadas se traduce en una reducción estimada del 20% en los costos logísticos totales, que mejorarían significativamente la rentabilidad de la empresa. Este ahorro se complementa con una optimización en los tiempos de tránsito, la reducción de tiempos muertos y una mayor puntualidad en las entregas, factores que fortalecen la relación con los clientes y aumentan la eficiencia general del sistema logístico.

Más allá de la rentabilidad, el proyecto también ha impulsado la sostenibilidad e innovación dentro de Produplant Duitama, el objetivo sería lograr la colaboración con proveedores estratégicos y la implementación de prácticas responsables en la distribución que permitan reducir la huella ambiental de las operaciones. Paralelamente, la capacitación del personal en el uso de nuevas tecnologías fomentaría una cultura organizacional más innovadora y adaptable, asegurando que la empresa esté preparada para enfrentar los retos del futuro.

Este proyecto no solo ha permitido identificar y abordar problemáticas críticas en la operación logística, sino que también ha sienta las bases para un modelo de gestión más eficiente y sostenible. La optimización de procesos, el uso de herramientas tecnológicas y el enfoque en la innovación posicionarían a Produplant Duitama como una empresa con visión de futuro, preparada para aprovechar nuevas oportunidades en un mercado dinámico y altamente competitivo. En donde las acciones al llegar a ser implementadas representarían una transformación significativa, no solo en términos de costos y eficiencia operativa, sino también en la capacidad de la empresa para crecer y consolidarse como un referente en el sector agrícola.

## Bibliografía

Adarme Jaimes, W., Fontanilla Díaz, C., & Arango Serna, M. D. (2011). Modelos logísticos para la optimización del transporte de racimos de fruto fresco de palma de aceite en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(1), 89-114.

Alcocer-Quinteros, P. R., & Knudsen-González, J. A. (2019). Desempeño integral de los procesos logísticos en una cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 40(1), 78-87.

Asencio Malavé, C. Z., & Ganchozo López, M. A. (2023). Estudio de casos sobre la optimización de rutas en empresas de distribución. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 105-120.

Ayllon Benítez, J. C., Omaña Silvestre, J. M., Sangerman-Jarquín, D. M., Garza Bueno, L. E., Quintero Ramírez, J. M., & González Razo, F. J. (2015). Modelo de transporte en México para la minimización de costos de distribución de tuna (*Opuntia* spp.) en fresco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1615-1628.

Asencio Malavé, C. Z., & Ganchozo López, M. A. (2022). Costo de logística y rentabilidad en la Empresa de Transporte Transfar S.A. *Ciencia Latina*, 6(3), 123-134. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9410/13958>

Basozabal-Zamakona, J. F., & Sorli-Peña, M. (2022). Movilidad sostenible. Gestión de la demanda de transporte. *Dyna*, 97(4), 341-343. <https://doi.org/10.6036/10591>

Covas-Varela, D., Martínez-Curbelo, G., Delgado-Álvarez, N., & Díaz-Peña, M. (2017). Mejora de procesos logísticos en la comercializadora agropecuaria Cienfuegos. *Ingeniería Industrial*, 38(2), 210-222.

Cortés, R., & Mendoza, L. (2022). El impacto de la logística en la rentabilidad de las empresas agrícolas. *Estudios Agrarios*, 14(3), 98-112.

Camacho, R. (2020). Tendencias de la logística sostenible en la agroindustria. *Logística y Sostenibilidad*, 5(1), 17-24

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). *Encuesta Nacional Logística 2022: Resultados principales*. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co>

DANE. (n.d.-b). <https://www.dane.gov.co/>

García Morales, C., & Pérez Correa, A. (2021). Análisis del impacto de un sistema inteligente de transporte sobre una red de distribución. *Dyna*, 96(1), 59-66. <https://doi.org/10.6036/9984>

DANE. (n.d.-a). Encuesta Nacional de Logística. <https://www.dane.gov.co/>

Hinojosa-Pacheco, W. V., Moreira-Mera, B. M., Oñate-Haro, C. A., & Zabala-Huilca, H. W. (2022). Desafíos de la gestión del transporte y logística en los centros de la ciudad. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 85-98. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3811>

Márquez, L. G. (2011). Optimización de una red de transporte combinado para la exportación del carbón del interior de Colombia. *Revista EIA*, 16, 103-113.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (n.d.). <https://www.minagricultura.gov.co/paginas/default.aspx>

MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (n.d.). <https://www.mincit.gov.co/>

Morante, S. (2023, 28 de noviembre). Ventajas de la optimización de rutas en logística. *Tookane*. <https://tookane.com/ventajas-optimizacion-rutas-logistica/>

Muñoz López, A. L., Cárdenas Orjuela, M. M., & Aponte Vargas, L. (2021). Propuesta de mejora en la logística de distribución de productos frescos en la región de Boyacá. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 11(1), 47-60.

Muñoz, C. (2021). Logística verde en la producción agrícola. *Revista de Ciencias Ambientales*, 11(4), 56-64.

Navas Salas, C., & Rojas Sánchez, M. (2023). La importancia de la logística en la cadena de suministro agrícola. *Revista Internacional de Logística*, 4(2), 55-70.

Osorio, L. (2023). Innovaciones tecnológicas en la logística agrícola. *Revista de Tecnología y Sociedad*, 19(2), 15-23.

Paredes, A. (2022). Retos y oportunidades en la cadena de suministro agrícola. *Agronomía y Desarrollo*, 8(3), 233-240.

Pinzón, B. (2005). Supply Chain Management. Conocimiento útil I. <http://hdl.handle.net/10596/5581>

Rodríguez, S., & Pizarro, J. (2021). La logística inversa en la agroindustria: un análisis de su implementación. *Revista de Gestión Empresarial*, 7(2), 45-58.

Rincón Rodríguez, J. (2022). Desarrollo de un sistema logístico para la distribución de productos agrícolas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 67-78.

Rodríguez, J., & González, L. (2021). La gestión de la cadena de suministro en el sector agroindustrial: un análisis comparativo. *Dyna*, 96(5), 471-480.

Ruiz Núñez, P. M., Álvarez Bernal, C., Soto Valenzuela, F. J., Tellechea Rodríguez, M. A., Quintero Hernández, J. L., & López Gutiérrez, E. F. (2022). Red logística para un sistema de distribución y transporte en una industria de diseño y manufactura en Guaymas, Sonora. *Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*.

Salcedo, C., & Villa, M. (2021). Logística de distribución: análisis de los sistemas de información en la gestión logística. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*.

Sánchez, M. C., & Martínez, P. (2022). Optimización de la logística de distribución de productos frescos. *Revista de Investigación en Ciencias Administrativas*, 15(2), 123-138.

Simpliroute. (n.d.). Ruta logística: cómo construir una optimizada. <https://simpliroute.com/es/blog/ruta-logistica>

TIMOCOM. (n.d.). ¿De qué depende el éxito empresarial? <https://www.timocom.es/blog/blog-transportes-agricolas-y-comercio-406478>

Torres, M. J., & Díaz, J. (2020). Estrategias para la optimización de la logística en el sector agropecuario. *Revista de Administración y Finanzas*, 6(3), 77-89.

Vargas, F., & Martínez, A. (2019). Análisis de los costos logísticos en la cadena de suministro agrícola. *Revista Internacional de Logística*, 3(2), 12-25.

Vélez-Bedoya, J. C., & Arango-Serna, M. D. (2020). Estudio sobre la optimización de rutas en empresas de distribución. *Dyna*, 95(2), 117-126.

Villegas, C. M., & Torres, J. E. (2021). Estrategias logísticas en la industria agrícola: un enfoque sostenible. *Ingeniería y Desarrollo*, 39(1), 5-16.

Zúñiga Marín, J. S., & Aguirre González, E. F. (2021). Diseño de un modelo de costos basado en actividades aplicado a procesos logísticos. *Revista BME*, 6(3), 123-134.

<https://revistabme.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1512/1440>

Zambrano, J., & Martínez, L. (2020). Impacto de la logística en la competitividad de empresas agrícolas. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 18(1), 75-90.

Zuluaga, J. A., & Salazar, L. (2021). Logística y sostenibilidad en la cadena de suministro agrícola. *Estudios de Economía Aplicada*, 39(1), 100-115.

Zúñiga Marín, J. S., & Aguirre González, E. F. (2023). Análisis de la optimización en la distribución de productos agrícolas. *Revista de Investigación Agraria*, 12(1), 89-102.

## Anexos

### ANEXO A: FORMATO DE LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

El presente anexo contiene el formato utilizado para la guía de entrevista semiestructurada aplicada durante la Fase 1: Diagnóstico de los Procesos Logísticos Actuales en Produplant Duitama. Este instrumento fue diseñado con el objetivo de recopilar información cualitativa directamente del personal logístico, permitiendo identificar problemas operativos, percepciones sobre los costos logísticos y áreas potenciales de mejora.

La guía de entrevista está estructurada en cuatro secciones principales:

- **Flujo de trabajo:** Recolección de información sobre las actividades diarias del personal logístico.
- **Percepción de los costos:** Identificación de los factores que el personal considera más relevantes en el incremento de los costos operativos.
- **Problemas comunes:** Documentación de los obstáculos que enfrentan durante las actividades logísticas.
- **Sugerencias de mejora:** Obtención de propuestas prácticas para optimizar las operaciones y reducir los costos.

Este anexo complementa la sección de metodología y análisis de resultados del capítulo correspondiente, proporcionando un recurso de referencia que evidencia el enfoque sistemático y estructurado en la recopilación de datos.

<b>Plantilla de Entrevista Semiestructurada</b>
<b>Entrevista sobre la Eficiencia y Costos Logísticos en Produplant Duitama</b>
<b>Objetivo:</b> Recopilar información cualitativa del personal logístico para identificar problemas operativos, factores que incrementan los costos y posibles estrategias de mejora.
<b>Sección 1: Datos Generales</b>
1. <b>Nombre del entrevistado:</b>
2. <b>Cargo:</b>
3. <b>Tiempo en la empresa:</b>
4. <b>Ruta o área de operación principal:</b>
<b>Sección 2: Flujo de Trabajo</b>
1. ¿Cuáles son las tareas principales que realiza durante el día?
2. ¿Qué etapas del proceso logístico considera más complicadas o ineficientes?
3. ¿Cuánto tiempo promedio dedica a las actividades de carga, tránsito y descarga?
4. ¿Siente que el equipo o las herramientas disponibles son suficientes para realizar sus tareas con eficiencia?
<b>Sección 3: Percepción de los Costos</b>

5. En su experiencia, ¿qué actividades generan los mayores costos operativos?
6. ¿Cree que las rutas actuales están optimizadas para reducir costos? ¿Por qué?
7. ¿Cómo percibe el impacto de los tiempos muertos en los costos logísticos?
8. ¿Considera que los costos asociados al transporte externo son competitivos? ¿Por qué?
<b>Sección 4: Problemas Comunes</b>
9. ¿Qué problemas enfrenta con mayor frecuencia durante las entregas?
10. ¿Qué factores afectan la puntualidad de las entregas?
11. ¿Existen rutas o destinos que considere especialmente problemáticos? ¿Cuáles y por qué?
12. ¿Cómo impacta la falta de planificación en el orden de los pedidos en el desarrollo de sus rutas?
<b>Sección 5: Sostenibilidad y Tecnología</b>
13. ¿Cree que el uso de tecnología podría mejorar las operaciones logísticas?
14. ¿Qué herramientas tecnológicas utiliza actualmente en su trabajo? ¿Son efectivas?
15. ¿Qué estrategias considera necesarias para reducir el impacto ambiental de las operaciones logísticas?
<b>Sección 6: Sugerencias de Mejora</b>
16. ¿Qué estrategias recomendaría para reducir costos en las operaciones logísticas?
17. ¿Considera que la consolidación de pedidos en rutas combinadas podría ser efectiva?
18. ¿Qué tipo de capacitaciones o recursos cree que podrían mejorar la eficiencia operativa del personal logístico?
19. ¿Qué cambios propondría en la planificación de rutas o tiempos de entrega para optimizar las operaciones?
20. ¿Cómo evalúa la comunicación entre el equipo de despacho y los conductores? ¿Podría mejorar?

<b>Firma del entrevistado:</b> _____ <b>Fecha de la entrevista:</b> _____
--



