



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,  
Volumen 8, Número 2.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2)

## **OPTIMIZACIÓN DE CARGA Y DESCARGA EN TIENDAS D1 EN SUBA, BOGOTÁ**

**LOADING AND UNLOADING OPTIMIZATION IN D1  
STORES IN SUBA, BOGOTÁ**

**Jeffrey Alexander Brack Perilla**  
Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rem.v8i2.11130](https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i2.11130)

## Optimización de Carga y Descarga en Tiendas D1 en Suba, Bogotá

Jeffrey Alexander Brack Perilla<sup>1</sup>

[Brackperilla6@gmail.com](mailto:Brackperilla6@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-1825-0097>

Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C  
Colombia

### RESUMEN

Introducción: Las tiendas D1 en Suba Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C, (Colombia) , Bogotá, enfrentan desafíos en la eficiencia de la carga y descarga, generando congestión vehicular y disminuyendo la velocidad promedio. Se busca utilizar la programación lineal para establecer un horario óptimo que mejore la operación. Objetivo: Mejorar la eficiencia en la carga y descarga de productos en tiendas D1 de Suba, Bogotá, mediante la programación lineal y un horario óptimo. Metodología: Se realizó un diagnóstico y una revisión bibliográfica sobre estrategias exitosas basadas en programación lineal. Se construyó un horario óptimo utilizando variables identificadas. Se validaron los horarios propuestos midiendo la velocidad media vehicular durante las operaciones de carga y descarga. Resultados: La implementación del horario propuesto en las tiendas D1 ha logrado reducir significativamente la congestión vehicular. Comparando los flujos promedio actuales con los tiempos óptimos obtenidos, se evidencia una mejora gradual. La herramienta de programación lineal ha optimizado la congestión vehicular en un rango del 36% al 51%, beneficiando la calidad de vida de los ciudadanos y el desempeño de las tiendas D1. Los nuevos horarios han demostrado ser viables y efectivos. Conclusiones: La implementación de la herramienta de programación lineal optimiza los procesos y reduce la congestión vehicular en las tiendas D1. Se destaca la importancia de considerar restricciones y necesidades de la población para un abastecimiento eficiente.

**Palabras clave:** optimización, cargue y descargue, tiendas d1 y programación lineal

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [Brackperilla6@gmail.com](mailto:Brackperilla6@gmail.com)

# Loading and Unloading Optimization in D1 Stores in Suba, Bogotá

## ABSTRACT

**Introduction:** D1 stores in Suba, Bogotá, face challenges in loading and unloading efficiency, increasing traffic congestion and decreasing average speed. It seeks to use linear programming to establish an optimal schedule that improves the operation. **Objective:** Improve efficiency in the loading and unloading of products in D1 stores in Suba, Bogotá, through linear programming and optimal hours. **Method:** A diagnosis and a bibliographical review on successful strategies based on linear programming were carried out. An optimal schedule was constructed using identified variables. The proposed schedules were validated by measuring the average vehicular speed during loading and unloading operations. **Results:** The implementation of the proposed schedule in D1 stores has managed to significantly reduce traffic congestion. Comparing the current average flows with the optimal times obtained, a gradual improvement is evident. The linear programming tool has optimized vehicle congestion in a range from 36% to 51%, benefiting the quality of life of citizens and the performance of D1 stores. The new schedules have proven to be viable and effective. **Conclusions:** The implementation of the linear programming tool optimizes processes and reduces traffic congestion in D1 stores. The importance of considering restrictions and needs of the population for an efficient supply is highlighted.

**Keywords:** optimization, upload and download, d1 stores and linear programming

*Artículo recibido 23 marzo 2024*

*Aceptado para publicación: 25 abril 2024*



## **INTRODUCCIÓN**

El crecimiento urbano y el desarrollo de nuevos modelos de negocio plantean desafíos significativos en términos de infraestructura y movilidad en las ciudades [1]. En la localidad de Suba, en la ciudad de Bogotá D.C., ha surgido un innovador modelo de negocio que combina características de las tiendas de barrio tradicionales y las grandes superficies. Estas tiendas, conocidas como D1, han experimentado un rápido crecimiento y actualmente cuentan con aproximadamente 20 establecimientos en la zona [2].

Sin embargo, se ha observado que la ubicación de la mayoría de estas tiendas, cerca de vías arteriales que conducen a las principales vías de la ciudad, ha generado desafíos relacionados con la carga y descarga de productos. A pesar de su éxito comercial, el 80% de las tiendas D1 en Suba carecen de zonas asignadas específicas para estas actividades [3]. Como resultado, la carga y descarga de mercancías se realiza en las vías públicas, lo que ha ocasionado problemas de congestión vehicular y afectado la fluidez del tráfico en la zona [4].

El presente estudio tiene como objetivo analizar dos aspectos fundamentales de este modelo de negocio en Suba: la velocidad media vehicular y el impacto del proceso de carga y descarga en las vías públicas. Para ello, se utilizarán diferentes metodologías de medición y análisis de datos con el fin de obtener una visión integral de la situación. La comprensión de estos factores es esencial para proponer soluciones efectivas que mejoren la movilidad y reduzcan la congestión en la localidad de Suba.

Además, es importante considerar la opinión de los actores involucrados, como los propietarios de las tiendas D1, los conductores y los residentes de la zona. Sus experiencias y puntos de vista proporcionarán información valiosa sobre los desafíos y las posibles soluciones que podrían implementarse. En última instancia, este estudio busca generar recomendaciones concretas que permitan optimizar la operación de las tiendas D1 en Suba, promoviendo una convivencia armoniosa entre el comercio, la movilidad y la calidad de vida de los habitantes de la localidad.

### **Revisión Literaria**

#### **Cadena de suministro**

La cadena de suministro, según el Council of Logistic Management, es la conexión estratégica entre las operaciones del mercado y los modos utilizados dentro y entre las organizaciones, con el objetivo de mejorar tanto la organización como la cadena de suministro en general [5]. [6] la define como las

interrelaciones logísticas entre las funciones de mercadeo, producción y compras, así como entre organizaciones independientes en el flujo del producto.

### Programación lineal

La programación lineal se puede considerar como una herramienta revolucionaria que le ha dado a la humanidad la capacidad de alcanzar metas y objetivos frente a problemas complejos y de gran envergadura. Las herramientas para hacer esto son las diversas formas en que se puede formular un problema real en términos matemáticos [7].

**Figura 1.** Modelo Teórico de Programación Lineal

<i>Minimizar</i>	$c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$	
	$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n$	$\geq b_1$
<i>sujeto a</i>	$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n$	$\geq b_2$
	$\vdots$	$\vdots$
	$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n$	$\geq b_m$
	$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$	

Fuente: [8]

Las fases de la programación lineal son:

**Fase 1:** En la fase de definición del problema, el equipo de operaciones se encarga de delimitar el alcance del problema en estudio. Esto implica identificar las alternativas de decisión, definir el objetivo del estudio y establecer los límites en los cuales el sistema operará. [9].

**Fase 2:** En el modelado, se traducen las definiciones del problema en relaciones matemáticas. Dependiendo de la complejidad de estas relaciones, se puede optar por simplificar el modelo o utilizar técnicas heurísticas. En algunos casos, la simulación puede ser utilizada como una aproximación cercana a la realidad. [9].

**Fase 3:** En la fase de resolución de modelos, se emplean algoritmos de optimización para obtener la solución óptima. Esta fase se considera generalmente la más sencilla de la investigación operativa. Se realiza un análisis de sensibilidad para comprender cómo se comporta la solución óptima ante cambios en los parámetros del modelo, especialmente cuando no se puede estimar con precisión dichos parámetros. [9].

**Fase 4:** La validación del modelo implica verificar si cumple con los objetivos deseados. Es importante asegurarse de que los resultados del modelo sean consistentes y no presenten sorpresas inesperadas.

Una forma común de validar un modelo es comparar sus resultados con datos históricos, demostrando que puede reproducir el rendimiento pasado en condiciones similares. [9].

**Fase 5:** La implementación de la solución validada implica la traducción de los resultados en un manual de usuario comprensible para quienes utilizarán el sistema recomendado. El equipo de operaciones tiene la responsabilidad principal de llevar a cabo esta tarea. [9].

### **Método grafico**

Es una estrategia sencilla para resolver problemas de programación lineal. Consiste en representar las ecuaciones de los límites en un sistema de coordenadas cartesianas, asignando cada variable a un eje. De esta manera, se delimita la región factible en el gráfico. Luego, se busca encontrar el punto óptimo de la función objetivo [10]. Cabe mencionar que este método es adecuado para problemas con un máximo de tres variables, ya que no es posible representar más de tres dimensiones en un gráfico.

### **Método simplex**

Desarrollado por George B. Dantzing en 1947, es el enfoque principal para resolver problemas de programación lineal. A diferencia del método gráfico, el simplex busca soluciones óptimas para optimizar la función objetivo en problemas más complejos. Utilizando modelos matemáticos con variables, restricciones y una función objetivo, la programación lineal permite tomar decisiones informadas. Es importante considerar factores externos al interpretar los resultados y seguir pautas como simplificar el modelo y validar su representatividad. El método simplex es un enfoque analítico iterativo que mejora la solución paso a paso, desplazándose en el poliedro según la función objetivo. Es eficaz para abordar problemas de gran escala y complejidad en la programación lineal. [11]

### **Solver**

Es un programa complementario de Microsoft Excel que permite realizar análisis hipotéticos. Se utiliza para encontrar el valor óptimo (ya sea mínimo o máximo) de una fórmula en una celda objetivo, considerando restricciones o límites en los valores de otras celdas de fórmula en la hoja de cálculo. El programa trabaja con un conjunto de celdas denominadas celdas de decisión o variables, que se utilizan para calcular las fórmulas en las celdas objetivo y restringidas. Solver ajusta los valores de las celdas variables respetando los límites establecidos en las celdas relacionadas, con el objetivo de obtener el resultado deseado en la celda objetivo [12]

## **Carga y descarga**

El transporte de mercancías por vía terrestre es esencial en el mundo empresarial actual. Durante el proceso de carga y descarga, es importante lograr eficiencia para reducir costos. Sin embargo, se enfrentan desafíos debido a la falta de conocimiento y recursos adecuados. Es necesario implementar medidas eficientes para mejorar la productividad y reducir costos en el transporte de mercancías [13].

## **METODOLOGÍA**

Las etapas metodológicas representarán la implementación sistemática y organizada de la investigación.

Estas etapas se estructurarán de la siguiente manera:

### **Diagnóstico de la relación entre velocidad vehicular y eficiencia en carga y descarga para optimizar operaciones en tiendas D1 en Suba, Bogotá.**

Para diagnosticar la velocidad media vehicular en los procesos de carga y descarga en tiendas D1, se realizará una comparación de datos históricos de las tiendas seleccionadas. Se segmentarán las variables y se preparará una herramienta de programación lineal para agilizar y determinar las funciones necesarias. La caracterización de las tiendas será realizada para recopilar la información base requerida, utilizando tablas que contengan datos como dirección, horarios de carga y descarga, tiempo asignado para estos procesos, flujo vehicular, días disponibles, congestión vehicular y disponibilidad horaria de cada tienda.

### **Revisión de literatura sobre optimización en carga y descarga de productos en tiendas similares a D1.**

Se realizará una revisión de la literatura que abarque todas las herramientas de programación lineal exitosas en la optimización de la velocidad media vehicular en el proceso de carga y descarga. Esto permitirá identificar de manera precisa los aspectos clave y los problemas relacionados encontrados. Se llevará a cabo una búsqueda en fuentes de información secundaria para obtener una visión general, mientras que las fuentes primarias brindarán una perspectiva más diversificada de la velocidad media vehicular. Se establece como meta investigar al menos 30 fuentes bibliográficas, las cuales serán fundamentales para desarrollar soluciones. Esto proporcionará una base inicial para investigaciones futuras y permitirá identificar mejoras específicas basadas en el éxito previamente observado en la revisión bibliográfica.

### **Optimización del horario de carga y descarga en tiendas D1 mediante programación lineal**

Se desarrollará una herramienta programable utilizando la función Solver en Excel. Esta herramienta estará diseñada para optimizar el proceso de carga y descarga de productos en las tiendas de D1 en la localidad de Suba, en Bogotá. La herramienta se basará en las variables identificadas en la información anterior y se establecerán las fórmulas y restricciones necesarias.

La herramienta de programación lineal tendrá como objetivo encontrar el valor máximo del área bajo la curva de la función del flujo vehicular para cada tienda ( $f_i$ ) en función del tiempo ( $t$ ), dentro del rango de tiempo disponible para la carga y descarga.

### **Validación de horarios propuestos para carga y descarga en tiendas D1 en Suba: Impacto en la velocidad vehicular.**

Se realiza una validación de los tiempos y beneficios obtenidos mediante la programación lineal en los procesos de carga y descarga de las tiendas D1. El enfoque se centra en verificar la optimización lograda en términos de flujo vehicular durante dichas operaciones. El objetivo es establecer un procedimiento que estandarice los puntos críticos de estos procesos, mejorando así la eficiencia en las tiendas de los barrios D1.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El enfoque principal es demostrar los resultados obtenidos en cada área correspondiente. Se lleva a cabo la identificación de restricciones, análisis bibliográfico, análisis de estándares y la presentación ordenada de los resultados. Estos resultados formarán parte de las propuestas de investigación en desarrollo en la actualidad.

### **Diagnóstico de la relación entre velocidad vehicular y eficiencia en carga y descarga para optimizar operaciones en tiendas D1 en Suba, Bogotá.**

Se lleva a cabo un diagnóstico para evaluar el impacto de la velocidad media vehicular en el proceso de carga y descarga de productos en las tiendas de barrio D1. Además, se realiza la caracterización de las tiendas D1 incluidas en la investigación, asignándoles nombres relacionados con sus respectivas direcciones. Esto permite un mejor control de las actividades futuras en el estudio. Como se observa en la Tabla 1:



**Tabla 1.** Caracterización de tiendas

Nombre asignado	Dirección
Tienda 1	Calle 138 #46-16
Tienda 2	Cra. 145 #145-10
Tienda 3	Cra. 94 #136-79
Tienda 4	Cl. 159a #9199
Tienda 5	Cra. 102a #129d-20
Tienda 6	Av. Suba #128a14
Tienda 7	Av. C127 #6099 60-19a
Tienda 8	Cra 58 #131A-16
Tienda 9	Cl. 132d #153-61
Tienda 10	Cra. 103b #15241
Tienda 11	Cl. 139 #1072
Tienda 12	Cra. 91, Cl. 159a #9199
Tienda 13	Cra. 103b Bis #152-66

Nota: Direcciones de Bogotá

Fuente: Autores

En el proceso de caracterización, se lleva a cabo una identificación de los horarios de carga y descarga de cada una de las tiendas. Se determina que el horario de la mañana es el único disponible para recibir material, según la administración de las tiendas D1. Esta información permite comprender de manera organizada la cadena logística de las tiendas. Como se observa en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Horario disponible de carga y descarga por tienda

Tiendas	Horarios disponibles para carga y descarga
1	7:30 AM / 2:30 PM
2	7:00AM / 3:00PM
3	9:30 AM / 2:30 PM
4	9:30 AM / 2:30 PM
5	7:30 AM / 2:30 PM
6	7:00AM / 3:00PM
7	9:30 AM / 2:30 PM
8	7:30 AM / 2:30 PM
9	7:00AM / 3:00PM
10	7:30 AM / 2:30 PM
11	9:30 AM / 2:30 PM
12	7:00AM / 3:00PM
13	7:30 AM / 2:30 PM

Nota: Las franjas horarias son del día que tiene cada tienda en el proceso de cargue y descargue

Fuente: Autores

A partir de la Tabla 2 mencionada, se logra identificar con precisión la capacidad de disponibilidad de las diferentes tiendas D1 para el proceso de carga y descarga. Esto proporciona un marco restrictivo claro que puede ser optimizado para los propósitos del proyecto.

Posteriormente, la empresa D1, basándose en su información confidencial y en la retroalimentación de los 13 administradores de las tiendas D1 en Suba, establece tiempos estimados de 120 a 240 minutos para la carga y descarga de materiales. De esta manera, se determinan los tiempos individuales de carga y descarga, así como los días principales para la carga y el horario disponible, lo cual permite llevar a cabo un análisis cuantitativo de manera efectiva. Lo cual se puede observar en la siguiente Tabla 3:

**Tabla 3.** Tiempos de carga y descargue del material

Tienda	Tiempo de carga y descarga
1	180
2	180
3	120
4	180
5	150
6	180
7	240
8	120
9	180
10	150
11	120
12	120
13	120

Nota: El tiempo establecido como límite para hacer el proceso

Fuente: Autores

Los tiempos de carga y descarga en la Tabla 3 han sido establecidos mediante una entrevista focalizada a reconocer la cantidad de minutos que requieren y demora cada una de las partes al recibir la carga y gestionarla del camión a las bodegas, de esta forma queda plasmado que en su mayoría que las tiendas al menos un 57% de las tiendas ocupan la mayor parte del tiempo en el proceso de carga de material, mientras que un 42% destina su tiempo en partes iguales de carga y descarga, finalmente un 1% dedican más tiempo a la descarga.




En este sentido, las tiendas de uno ubicadas en la localidad de suba, específicamente aquellas ubicadas en vías principales (8), las cuales manejan un tiempo de operación entre 7:00am y 8:30pm, tales como: Calle 138 #46-16, Cra 58 #131A-16, Av. C127 #6099 60-19ª, Av. Suba #128a14, Cra 102a #129d-20, #91, Cl. 159a #9199, Cra. 98 #136-79 a 136,1 y Cra. 145 ## 145-10, todos locales de grandes superficies, tal como se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Flujo vehicular de carga y descarga en km/hr (Promedio)

Horario	TIENDA												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
07:00	37	33	30	36	40	37	38	31	33	31	32	38	40
08:00	38	38	40	33	31	31	37	36	37	32	33	35	40
09:00	33	32	34	36	38	32	31	30	35	31	39	38	36
10:00	32	37	33	40	32	31	40	37	33	30	32	34	38
11:00	30	38	37	38	30	33	37	38	38	31	35	33	36
12:00	37	32	32	39	36	30	39	39	39	37	33	40	31
13:00	39	38	30	37	37	36	39	40	39	30	34	37	35
14:00	40	36	32	36	36	32	34	36	36	35	33	39	40
15:00	31	37	37	38	33	40	34	38	40	35	38	40	30

Nota: Dato tomado de Google Maps proporcionando el flujo vehicular dirección de cada tienda a la hora establecida  
Fuente: Autores

**Tabla 5.** Hora pico flujo vehicular

7:40 am	
5:00 pm	
7:15pm	

Nota: Horarios de horas pico tráfico vehicular  
Fuente: Autores

Se identifican tres horas de mayor afluencia de vehículos, y se muestra gráficamente el flujo vehicular utilizando colores: rojo para indicar vías con alta congestión, naranja para congestión moderada y verde para flujo rápido de vehículos como se observa en la Tabla 5. Es importante mencionar que, a pesar de

los esfuerzos realizados para medir con precisión la movilidad vehicular en ciertos intervalos de tiempo, no se encontraron referencias oficiales al respecto, lo que dificulta obtener datos exactos.

De esta manera, se representa un promedio de ocupación de las diferentes zonas horarias en términos de velocidad, abarcando desde el inicio hasta el final del horario de actividades de la empresa. Esto permite identificar los momentos específicos en los que se lleva a cabo la carga y descarga de productos. Como se observó en la Tabla 4.

Por otra parte, el planteamiento de la herramienta de programación lineal para lograr la optimización refiere de las siguientes restricciones: disponibilidad horaria, días de carga, duración de carga, velocidad promedio con y sin carga, asimismo como la utilización de dos camiones para la realización de este proceso de carga y descarga. Los días de carga y descarga del material a las tiendas D1, principalmente afectan a los Lunes, Martes, Miércoles y Jueves, ya que por disponibilidad de tiempo no aplicaría un itinerario directo para el día viernes, salvo por disposición de emergencias y coordinación empresarial, de esta forma y delimitados por la carga, puesto que aumenta la congestión vehicular, ocupación de vías y se gestiona una demanda más estricta, de esta forma los días Jueves, han representado inclusive hasta dos procesos continuos para abastecer efectivamente la tienda de destino. Como se observa en la Tabla

**6:**

**Tabla 6.** Días de carga y descarga de material

TIENDA	DÍAS DISPONIBLES				
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					

Nota: Días disponibles que tiene cada tienda para hacer el proceso  
Fuente: Autores

Luego se procede a analizar directamente las relaciones entre la carga y descarga de material y la velocidad media vehicular. Se plantea la teoría de que en cada uno de estos procesos mencionados se restringe el tráfico en la vía donde se lleva a cabo el abastecimiento. Para representar visualmente esta idea, se presenta la siguiente Tabla 7.



Además, se estima que cada proceso de carga y descarga tiene un impacto directo en la velocidad promedio de desplazamiento de los ciudadanos. Por lo tanto, se segmenta en la siguiente tabla una reducción de más del 50% en la velocidad normal cuando se lleva a cabo la carga y descarga. Además, utilizando Google Maps, se determinan los tiempos promedio para estos procesos, los cuales se destacan en la Tabla 7 mencionada.

**Tabla 7.** Congestión vehicular en tiempo de carga y descarga

<b>Tienda</b>	<b>Velocidad promedio (km/h) Día sin cargue y descargue</b>	<b>Velocidad promedio (km/h) Día con cargue y descargue</b>
1	40	15
2	38	13
3	42	16
4	39	18
5	37	12
6	45	13
7	30	17
8	39	12
9	45	15
10	37	18
11	36	13
12	39	14
13	41	17

Nota: Factor de comparación

Fuente: Autores

De esta forma se considera que en el proceso de carga y descarga de material, este afecta directamente en las tendencias de movilidad vehicular, causando congestión y reduciendo la velocidad promedio. Finalmente se logra representar este objetivo para la obtención de los factores restrictivos para la generación de este proyecto.

Finalmente se logra verificar la existencia de un problema trascendente en la misma ciudad, con la disposición de 13 tiendas D1, las cuales fueron identificadas y caracterizadas para la ejecución de una formula capaz de maximizar los tiempos y reducir los aspectos de movilidad, carga y congestión.

## **Revisión de literatura sobre optimización en carga y descarga de productos en tiendas similares a D1.**

Para el manejo de una revisión de la literatura vigente se ordenará en cuatro grandes aspectos, los cuales se subdividirán en: diseño de distribución, diseño logístico de redes, problemas de transporte y diseño de supply chain.

### **Diseño de distribución**

[14] plantea la importancia de optimizar los problemas de diseño de una red de distribución en función de la demanda gestionada por la empresa. El autor destaca la relevancia de tomar decisiones sobre la apertura o cierre de centros de distribución y propone un método efectivo para manejar los cambios en la demanda.

Finalmente, [15] proponen un modelo de diseño de cadena de suministro que integra la ubicación de las instalaciones, la estrategia de distribución y las decisiones de seguridad de ubicación. El modelo resultante es no lineal y se construye como un programa cónico cuadrático en enteros mixtos, lo cual permite mejorar el diseño de la cadena de suministro al reflejar la interdependencia entre estos aspectos.

### **Diseño Logístico de redes**

[16] resalta la importancia de la logística inversa y aborda los temas pendientes en relación con el diseño de la red, ubicación de instalaciones, manejo de inventario y planificación y control de operaciones. Su estudio se enfoca en el manejo de llantas usadas en dos ciudades de Colombia, y concluye que el problema tiene múltiples soluciones dependiendo del contexto y las condiciones específicas.

[17] presentan el diseño de un plan logístico internacional para mejorar la gestión de operaciones. Su objetivo es satisfacer los requisitos de los distintos actores internacionales, teniendo en cuenta aspectos de desempeño, seguimiento y control, y superando restricciones geoespaciales, aduaneras y comerciales.

En otro estudio, [18] abordan el problema del diseño de redes de distribución y destacan la importancia de la integración de la red logística. Consideran factores operativos, necesidades del sistema y su historial, teniendo en cuenta los procesos de unión, carga, descarga y recepción. Utilizan programación lineal para abordar los desafíos de la optimización.

Finalmente, [19] analizan cómo la calidad y heterogeneidad del producto pueden influir en el diseño de la red de distribución. Proponen una formulación de programación lineal de enteros mixtos que maximiza el beneficio bajo restricciones de calidad. Destacan la importancia de considerar la heterogeneidad en el diseño de la red, especialmente cuando se incluyen procesos que afectan el nivel de deterioro y cuando se pueden aprovechar las diferencias de calidad del producto para atender diferentes mercados.

### **Problemas de transporte**

[20] destaca la importancia de considerar el volumen de producción, la gestión de inventario, la consolidación de carga en terminales intermodales y la capacidad adicional de los modos de carretera y ferrocarril en un plan de varias fases. Su modelo, aplicado a una empresa de la industria química, permite ahorrar costos significativos a través de la planificación integrada de producción y distribución.

### **Diseño de Supply Chain**

[21] propone un modelo matemático para el diseño de la red de la cadena de suministro de una empresa que maneja tanto las ventas como las devoluciones de productos. Utiliza programación lineal para determinar la ubicación de almacenes, rutas de envío y necesidades de tiendas minoristas, considerando la gestión eficiente de ventas y devoluciones.

### **Optimización de horarios de cargue y descargue**

La determinación de horarios para la gestión de carga y descarga en las tiendas se ve afectada por varios factores, como la congestión vehicular, la velocidad de desplazamiento en diferentes horarios, la disponibilidad horaria de las tiendas y la duración individual de este proceso. Para abordar esta problemática, se utilizan códigos numéricos basados en los horarios disponibles y el flujo vehicular de carga y descarga, representados en la Tabla 8. Estos códigos numéricos reflejan el flujo vehicular en km/hr obtenidos de la aplicación Google Maps para cada tienda en el horario de 7:00 a 15:00.

**Tabla 8.** Restricciones de flujo vehicular y horario disponible (celdas en amarillo)

HORARIO	TIENDA												
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
7:00 a 7:30	37	33	30	36	40	37	38	31	33	31	32	38	40
7:30 a 8:00	37	33	30	36	40	37	38	31	33	31	32	38	40
8:00 a 8:30	38	38	40	33	31	31	37	36	37	32	33	35	40
8:30 a 9:00	38	38	40	33	31	31	37	36	37	32	33	35	40
9:00 a 9:30	33	32	34	36	38	32	31	30	35	31	39	38	36
9:30 a 10:00	33	32	34	36	38	32	31	30	35	31	39	38	36
10:00 a 10:30	32	37	33	40	32	31	40	37	33	30	32	34	38
10:30 a 11:00	32	37	33	40	32	31	40	37	33	30	32	34	38
11:00 a 11:30	30	38	37	38	30	33	37	38	38	31	35	33	36
11:30 a 12:00	30	38	37	38	30	33	37	38	38	31	35	33	36
12:00 a 12:30	37	32	32	39	36	30	39	39	39	37	33	40	31
12:30 a 13:00	37	32	32	39	36	30	39	39	39	37	33	40	31
13:00 a 13:30	39	38	30	37	37	36	39	40	39	30	34	37	35
13:30 a 14:00	39	38	30	37	37	36	39	40	39	30	34	37	35
14:00 a 14:30	40	36	32	36	36	32	34	36	36	35	33	39	40
14:30 a 15:00	40	36	32	36	36	32	34	36	36	35	33	39	40

Nota: El flujo vehicular en función del tiempo

Fuente: Autores



La Tabla 8 anterior se logra plasmar en la ecuación (1):

$$\text{flujo vehicular} = f(t)$$

Para determinar la congestión mínima, en el proceso de cargue y descargue, se debe considerar que el flujo debe ser el máximo, de esta forma se considera la primera restricción. En la Tabla 5, se plasma la información de la congestión vehicular.

Por otra parte, para delimitar el tiempo de cargue y descargue se estima como restricción a través de la Tabla 9. De esta forma manifestar cuales son los tiempos estimados por tienda, distribuyéndolas de forma secuencial de la tienda 1, ..., 13.

**Tabla 9.** Tiempo de cargue y descargue para la herramienta de programación lineal

TIENDA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
Tiempo de carga y descarga (h)	3	3	2	3	2,5	3	4	2	3	2,5	2	2	2

Nota: El tiempo de cargue y descargue para la herramienta  
Fuente: Autores

La función objetivo será encontrar el valor máximo del área bajo la curva de la función del flujo vehicular para cada tienda  $f_i(t)$  que depende del tiempo (t), en el rango disponible para hacer el cargue y descargue. Se busca el valor máximo pues de acuerdo con la primera restricción, se quiere generar la menor congestión vehicular, la segunda restricción se ve implícita en los limites pues T se refiere al tiempo disponible que se tiene para hacer el cargue y descargue de acuerdo con la Tabla 9 anterior.

Variabes:

- $V1 = Tiendas$
- $V2 = Flujo vehicular promedio$

Restricciones:

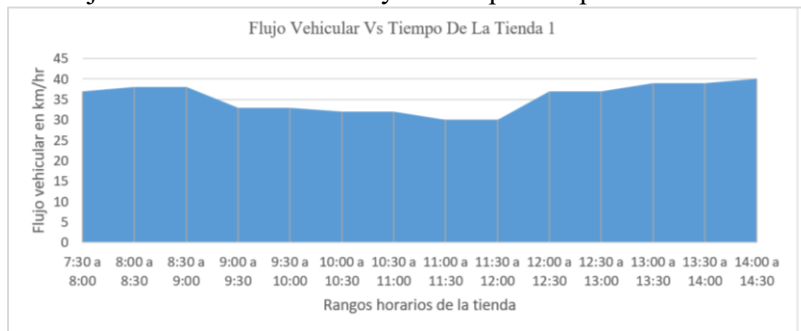
- $R1 = Congestión de cargue y descargue$
- $R2 = Tiempo de cargue y descargue por tienda$

Función Objetivo:

- Maximizar  $\int_{Ti}^{Tf} f_i(t)dt$
- $Tiempo = Tf - Ti$

La ecuación (2) matemática será el siguiente,  $\int_{Ti}^{Tf} f_i(t)dt$  (2) para el caso de la tienda 1

**Figura 2.** Donde la integral 1 es el área bajo la curva en el intervalo de tiempo T=3h. La integral es el área bajo la curva de la función y esto se puede aproximar con una sumatoria



Fuente: Autores

El área bajo la curva desarrollada por el rasgo de la función  $f(x)$  y el eje  $x$  se puede conseguir trazando cuadriláteros de anchura finita y altura  $f$  equivalente al valor de la función en el centro del intervalo.

Para este caso en particular, la ecuación (3)

$$\text{Área} = \sum_{i=1}^N f_i(t) \Delta x \text{ donde, } N = \text{Número de rectángulos}; \Delta x = \text{diferencia de las horas} \quad (3)$$

$$\Delta x = 0.5 [h]$$

$$N = \frac{T}{\Delta x}$$

Para la tienda 1:  $T = 3[h]$ ;  $\Delta x = 0.5 [h]$  entonces  $N$  que es el número de rectángulos será:  $N=6$  lo que significa que cada integral será evaluada en un rango de 6 valores. Empezando desde las 7:30 am, entonces:

$$\text{Integral 1} = \int_{7:30}^{10:30} f(t_i) dt = \sum_{i=1}^6 f(t_i) 0.5$$

$$\sum_{i=1}^6 f(t_i) 0.5 = 0.5 (f(7:30 \text{ a } 8:00) + f(8:00 \text{ a } 8:30) + f(8:30 \text{ a } 9:00) + f(9:00 \text{ a } 9:30) + f(9:30 \text{ a } 10:00) + f(10:00 \text{ a } 10:30))$$

$$\sum_{i=1}^6 f(t_i) 0.5 = 0.5 (37 + 38 + 38 + 33 + 33 + 32)$$

$$\sum_{i=1}^6 f(t_i) 0.5 = 105.5$$

La integral 1 solo evalúa la función desde las 7:30 hasta las 10:30. Para evaluar toda la función debemos hacer más integrales hasta llegar a las 2:30 que es la hora final del rango que tiene la tienda para hacer el cargue y descargue.

$$\text{Integral 2} = \int_{8:00}^{11:00} f(t_i)dt$$

$$\text{Integral 3} = \int_{8:30}^{11:30} f(t_i)dt$$

$$\text{Integral 4} = \int_{9:00}^{12:00} f(t_i)dt$$

$$\text{Integral 5} = \int_{9:30}^{12:30} f(t_i)dt$$

$$\text{Integral 6} = \int_{10:00}^{13:00} f(t_i)dt$$

$$\text{Integral 7} = \int_{10:30}^{13:30} f(t_i)dt$$

$$\text{Integral 8} = \int_{11:00}^{14:00} f(t_i)dt$$

$$\text{Integral 9} = \int_{11:30}^{14:30} f(t_i)dt$$

El valor máximo para la tienda 1, corresponde a la integral 9 que va desde las 11:30 am hasta las 14:30 pm siendo este la franja horaria con mayor flujo vehicular. Entonces para la tienda su horario de cargue y descargue optimo es de 11:30 a 14:30 (ver Tabla 10).

**Tabla 10.** Integrales y tiempo de la tienda 1

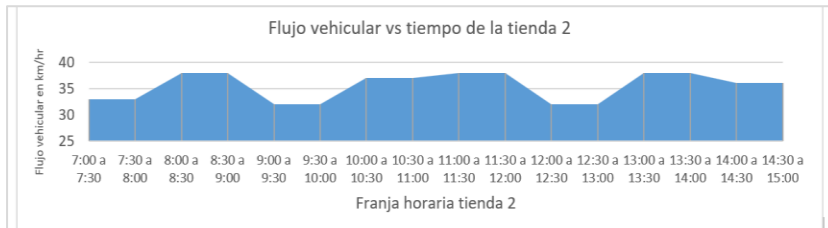
Tienda 1	T=3
Integral 1	105,5
Integral 2	103
Integral 3	99
Integral 4	95
Integral 5	97
Integral 6	99
Integral 7	102,5
Integral 8	106
Integral 9	111

Nota: Solución de las integrales para la tienda 1  
Fuente: Autores

Para la tienda 2 el procedimiento es el mismo que el anterior, donde  $T= 3[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 3h (180 min) y se puede hacer en el rango de 7am a 3pm. En representación gráfica se puede apreciar en la Figura 3.

De acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. Este caso es en la integral 9 en la zona de 11 am a 2 pm (ver Tabla 11).

**Figura3.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 2



Fuente: Autores

**Tabla 11.** Integrales y tiempo de la tienda 2

Tienda 2	T=3
Integral 1	103
Integral 2	105
Integral 3	107
Integral 4	107
Integral 5	107
Integral 6	107
Integral 7	107
Integral 8	107,5
Integral 9	108
Integral 10	107
Integral 11	106

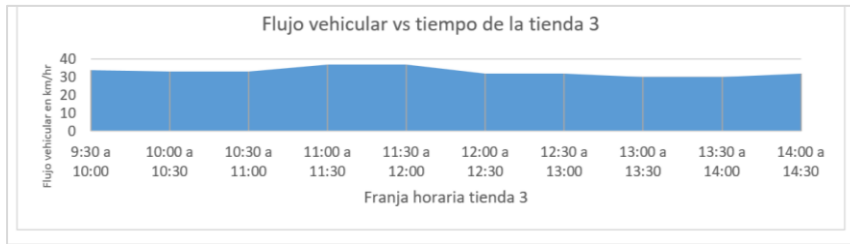
Nota: Solución de las integrales para la tienda 2

Fuente: Autores

Para la tienda 3 se determina que  $T= 2[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2h (120 min) y se puede hacer en el rango de 9.30 am a 2.30 pm, se puede apreciar gráficamente en la Figura 4.

Para la tienda 3 el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2h (120 min) y se puede hacer en el rango de 9:30 a 2:30, en base a los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. En este caso es en la integral 2 en la zona de 10:00 am a 12:00 mediodía. (ver Tabla 12).

**Figura 4.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 3



Fuente: Autores

**Tabla 12.** Integrales y tiempo de la tienda 3

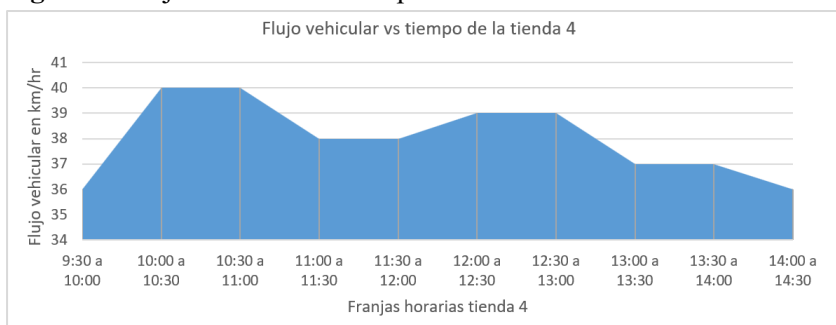
Tienda 3	T=2
Integral 1	68,5
Integral 2	70
Integral 3	69,5
Integral 4	69
Integral 5	65,5
Integral 6	62
Integral 7	62

Nota: Solución de integrales para la tienda 3  
Fuente: Autores

Para la tienda 4 se determina que  $T= 3[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 3h (180 min) y se puede hacer en el rango de 9.30 am a 2.30 pm. En representación gráfica se puede apreciar en la Figura 5.

Para la tienda 4 el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 3h (180 min) y se puede hacer en el rango de 9:30 am a 2:30 pm. De acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. Este caso es en la integral 2 en la zona de 10:00 am a 13:00 pm. (ver Tabla 13)

**Figura 5.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 4



Fuente: Autores

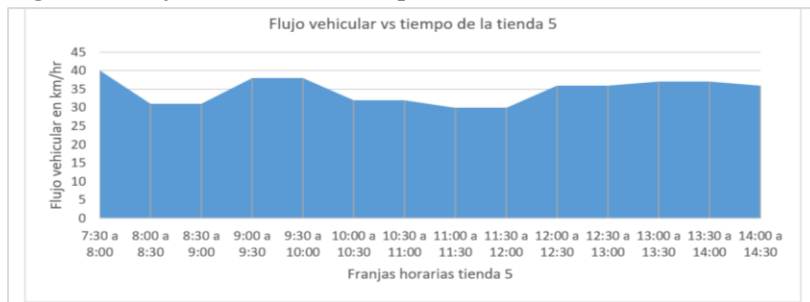
**Tabla 13.** Integrales y tiempo de la tienda 4

Tienda 4	T=3
Integral 1	115,5
Integral 2	117
Integral 3	115,5
Integral 4	114
Integral 5	113

Nota: Solución de integrales para la tienda 4

Fuente: Autores

Para la tienda 5 se determina que  $T= 2.5[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2.5h (150 min) y se puede hacer en el rango de 7.30 am a 2.30 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 6. Para la tienda 5 De acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. Este caso es en la integral 10 en la zona de 12:00 mediodía a 2:30 pm (ver Tabla 14).

**Figura 6.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 5

Fuente: Autores

**Tabla 14.** Integrales y tiempo de la tienda 5

Tienda 5	T=2,5
Integral 1	89
Integral 2	85
Integral 3	85,5
Integral 4	85
Integral 5	81
Integral 6	80
Integral 7	82
Integral 8	84,5
Integral 9	88
Integral 10	91

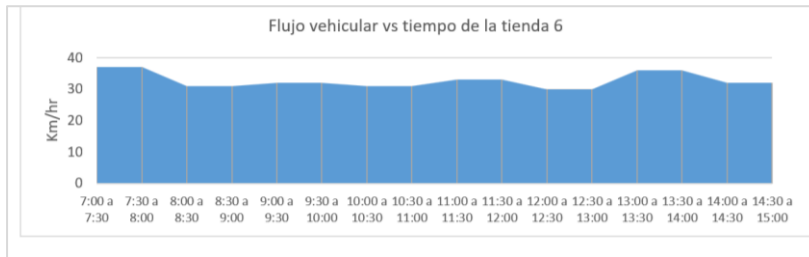
Nota: Solución de integrales para la tienda 5

Fuente: Autores

Para la tienda 6 se determina que  $T= 3[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 3h (180 min) y se puede hacer en el rango de 7.00 am a 3.00 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 7.

Para la tienda 6, de acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. En este caso es la integral 1 en la zona de 7:00 am a 10:00 am (ver Tabla 15).

**Figura7.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 6



Fuente: Autores

**Tabla 15.** Integrales y tiempo de la tienda 6

Tienda 6	T=3
Integral 1	100
Integral 2	97
Integral 3	94
Integral 4	95
Integral 5	96
Integral 6	95
Integral 7	94
Integral 8	96,5
Integral 9	99
Integral 10	98,5
Integral 11	98

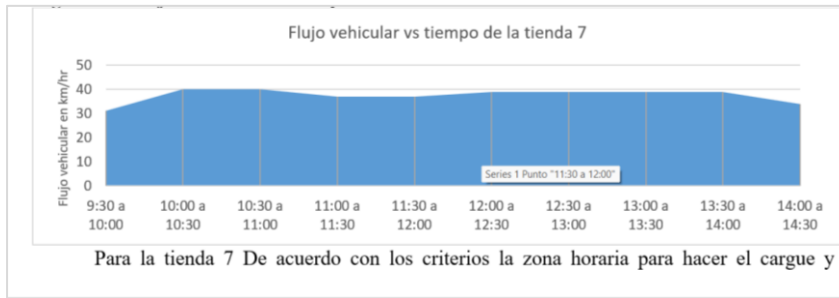
Nota: Solución de las integrales tienda 6

Fuente: Autores

Para la tienda 7 se determina que  $T= 4[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 4h (240 min) y se puede hacer en el rango de 9.30 am a 2.30 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 8.

Para la tienda 7 De acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. Este caso es en la integral 2 en la zona de 10:00 am a 2:00 pm (ver Tabla 19).

**Figura 8.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 7



Fuente: Autores

**Tabla 16.** Integrales y tiempo de la tienda 7

Tienda 7	T=4
Integral 1	151
Integral 2	155
Integral 3	152

Nota: Solución de las integrales tienda 7

Fuente: Autores

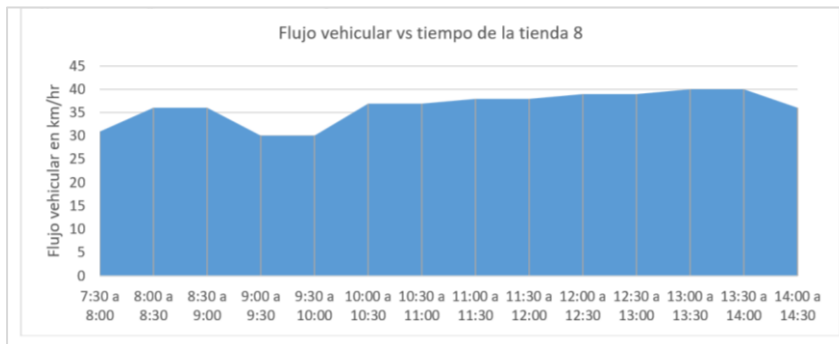
Para la tienda 8 se determina que  $T= 2[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2h (120 min) y se puede hacer en el rango de 9.30 am a 2.30 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 9.

Para la tienda 8, de acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. Este caso es en la integral 10 en la zona de 12:00 mediodía a 14:00 pm (ver



Tabla 17).

Figura 9. Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 8



Fuente: Autores

**Tabla 17.** Integrales y tiempo de la tienda 8

Tienda 8	T=2
Integral 1	66,5
Integral 2	66
Integral 3	66,5
Integral 4	67
Integral 5	71
Integral 6	75
Integral 7	76
Integral 8	77
Integral 9	78
Integral 10	79
Integral 11	77,5

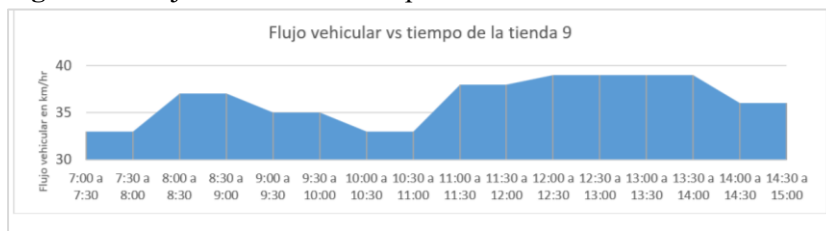
Nota: Solución de las integrales tienda 8

Fuente: Autores

Para la tienda 9 se determina que  $T= 3[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 3h (180 min) y se puede hacer en el rango de 9.30 am a 2.30 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 10.

Para la tienda 9, De acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. En este caso es la integral 9 en la zona de 11:00 am a 14:00 pm (ver Tabla 18).

**Figura10.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 9



Fuente: Autores

**Tabla 18.** Integrales y tiempo de la tienda 9

Tienda 9	T=3
Integral 1	105
Integral 2	105
Integral 3	105
Integral 4	105,5
Integral 5	106
Integral 6	108

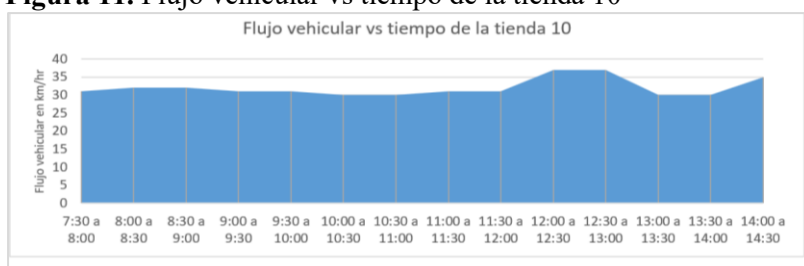
Integral 7	110
Integral 8	113
Integral 9	116
Integral 10	115
Integral 11	114

Nota: Solución de integrales tienda 9  
Fuente: Autores

Para la tienda 10 se determina que  $T= 2.5[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2.5h (150 min) y se puede hacer en el rango de 9.30 am a 2.30 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 11.

Para la tienda 10, De acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. En este caso es la integral 10 en la zona de 12:00 del mediodía a 2:30 pm (Tabla 29).

**Figura 11.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 10



Fuente: Autores

**Tabla 19.** Integrales y tiempo de la tienda 10

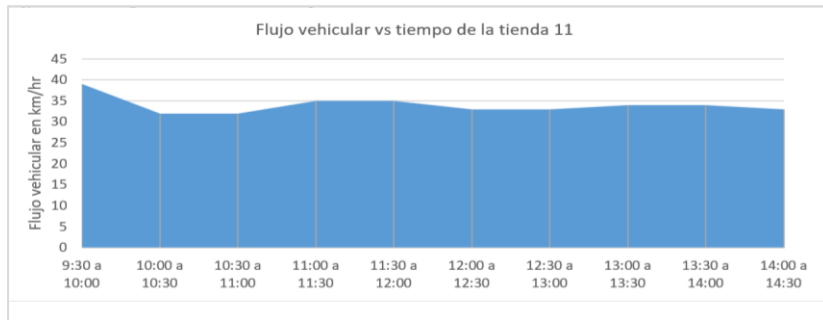
Tienda 10	T=2,5
Integral 1	78,5
Integral 2	78
Integral 3	77
Integral 4	76,5
Integral 5	76,5
Integral 6	79,5
Integral 7	83
Integral 8	83
Integral 9	82,5
Integral 10	84,5

Nota: Solución de integrales tienda 10  
Fuente: Autores

Para la tienda 11 se determina que  $T= 2[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2h (120 min) y se puede hacer en el rango de 9.30 am a 2.30 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 21 (ver Figura 12).

Para la tienda 11, de acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. En este es la integral 1 de 9:30 am a 11:30 am (ver Tabla 20).

**Figura12.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 11



Fuente: Autores

**Tabla 20.** Integrales y tiempo de la tienda 11

Tienda 11	T=2
Integral 1	69
Integral 2	67
Integral 3	67,5
Integral 4	68
Integral 5	67,5
Integral 6	67
Integral 7	67

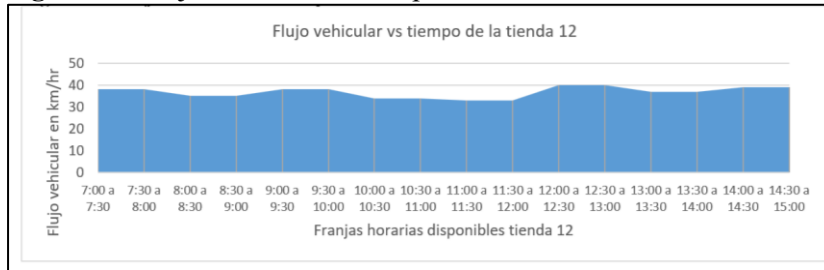
Nota: Solución de integrales tienda 11

Fuente: Autores

Para la tienda 12 se determina que  $T= 2[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2h (120 min) y se puede hacer en el rango de 7.00 am a 3.00 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 13.

Para la tienda 12, de acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. Este caso corresponde a la integral 11 en la zona de 12:00 del mediodía a 14:00 pm (ver Tabla 21).

**Figura 13.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 12



Fuente: Autores

**Tabla 21.** Integrales y tiempo de la tienda 12

Tienda 12	T=2
Integral 1	73
Integral 2	73
Integral 3	73
Integral 4	72,5
Integral 5	72
Integral 6	69,5
Integral 7	67
Integral 8	70
Integral 9	73
Integral 10	75
Integral 11	77
Integral 12	76,5

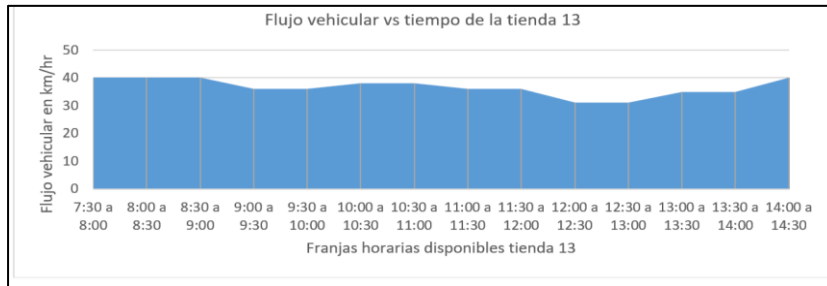
Nota: Solución de integrales tienda 12

Fuente: Autores

Para la tienda 13 se determina que  $T= 2[h]$ ;  $\Delta x=0.5 [h]$ , asimismo el tiempo disponible para hacer el cargue y descargue es de 2h (120 min) y se puede hacer en el rango de 7.30 am a 2.30 pm. Se puede apreciar gráficamente en la Figura 14.

Finalmente, para la tienda 13 y de acuerdo con los criterios la zona horaria para hacer el cargue y descargue es donde la integral sea mayor. Este caso corresponde a la integral 1 en la zona de 7:30 am a 9:30 am (ver Tabla 22).

**Figura14.** Flujo vehicular vs tiempo de la tienda 13



Fuente: Autores

**Tabla 22.** Integrales y tiempo de la tienda 13

Tienda 13	T=2
Integral 1	78
Integral 2	76
Integral 3	75
Integral 4	74
Integral 5	74
Integral 6	74
Integral 7	70,5
Integral 8	67
Integral 9	66,5
Integral 10	66
Integral 11	70,5

Nota: Solución de integrales tienda 13

Fuente: Autores

### Validar el horario propuesto

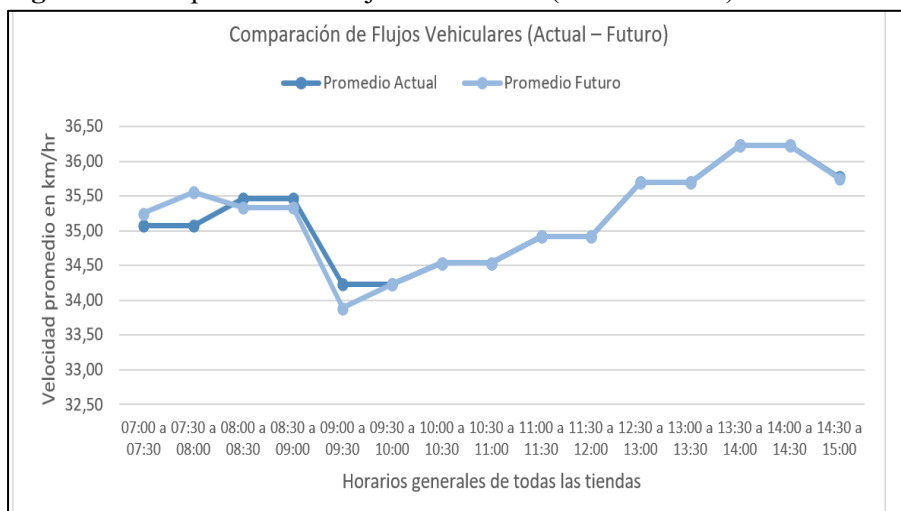
Para validar la efectividad del horario propuesto para la carga y descarga en las tiendas D1, es necesario considerar el estado actual de la congestión vehicular durante este proceso. Se deben analizar dos aspectos importantes:

- . El estado actual sin la implementación del horario propuesto, evaluando su influencia en la congestión vehicular y el flujo promedio de vehículos.
- . El estado futuro con la implementación del horario propuesto, examinando su influencia en la congestión vehicular y el flujo promedio de vehículos.

Comparando ambos sistemas y considerando los aspectos relevantes, se observa que el horario tradicional permite realizar la carga y descarga en cualquier momento, sin tener en cuenta las

consecuencias de los flujos vehiculares existentes (ver Figura 15). Con el horario propuesto, se busca mejorar esta situación y optimizar el proceso de carga y descarga.

**Figura 15.** Comparación de flujos vehiculares (Actual-Futuro)



Fuente: Autores

Basados en la Figura 15, se logra establecer que, en la actualidad, unificando únicamente los tiempos menores para la resolución de los promedios, se encuentra una curva de mejora leve, pero significativa para poder plasmar una opción de posibles acciones para revertir las altas congestiones vehiculares provocadas en el proceso de cargue y descargue.

Por otra parte, en comparativa de los tiempos que refieren al promedio actual contrastado con las soluciones obtenidas de la herramienta de programación lineal, se puede deducir que los flujos de los tiempos cambiarán de forma constante y paulatina, reduciendo la congestión de los flujos vehiculares. De esta forma se puede ver en la Tabla 23, la resolución de tiempos óptimos para cargue y descargue.

**Tabla 23.** Integrales y tiempos de las tiendas

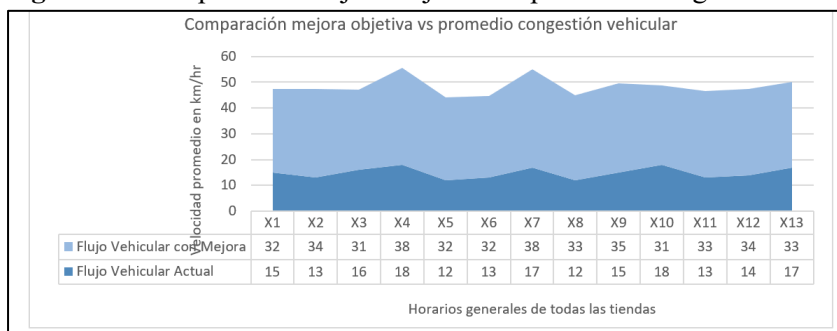
Tienda	Horario óptimo de cargue y descargue
X1	11:30 a 14:30
X2	11:00 a 14:00
X3	10:00 a 12:00
X4	10:00 a 13:00
X5	12:00 a 14:30
X6	7:00 a 10:00
X7	10:00 a 14:00
X8	12:00 a 14:00
X9	11:00 a 14:00

X10	12:00 a 14:30
X11	9:30 a 11:30
X12	12:00 a 14:00
X13	7:30 a 9:30

Fuente: Autores

Basados en la información anterior se puede graficar (ver Figura 16) directamente en comparación con los flujos promedios de congestión vehicular, así lograr comprender de mejor forma las cualidades del horario propuesto y beneficiar a la reducción de las congestiones vehiculares que prevalecen considerando un tiempo de acción completo y sin optimizar, lo cual repercute en el vivir de los habitantes de los sectores aledaños a las tiendas D1 que han sido base para este proyecto de investigación.

**Figura 16.** Comparación mejora objetiva vs promedio congestión vehicular



Fuente: Autores

La gráfica anterior muestra que el nuevo horario óptimo propuesto cumple con todas las necesidades del proyecto, especialmente en las tiendas D1, al abordar la optimización de la congestión vehicular en los diferentes sectores de las 13 tiendas involucradas. Se observa que, al implementar este nuevo horario, las tiendas experimentan un aumento en la velocidad de descarga, pasando de 15 km/hr a 32 km/hr en el caso de la tienda uno, y progresivamente en las demás tiendas.

La validación a través de la herramienta de programación lineal demuestra que se logra optimizar la congestión vehicular en un rango del 36% al 51%. Esto demuestra que el nuevo horario establecido para cada tienda es viable en términos de congestión vehicular, brindando un enfoque único hacia la dedicación, el tiempo y la preocupación por la calidad de vida en el desplazamiento de los ciudadanos. Además, se destaca un estado de trabajo óptimo tanto para los distribuidores como para las tiendas D1.



## CONCLUSIONES

El uso de herramientas de programación lineal se muestra como una solución efectiva para abordar los desafíos de la congestión vehicular en los procesos de carga y descarga de las tiendas D1. La implementación de esta herramienta permitió optimizar los procesos, reducir la congestión vehicular y establecer horarios óptimos para el abastecimiento de las tiendas.

La investigación destacó la importancia de considerar múltiples variables en la gestión de la red de abastecimiento, lo que permite una mejor comprensión de las complejidades y la toma de decisiones más informadas. Además, se evidenció que la optimización de la congestión vehicular tiene un impacto positivo tanto en la calidad de vida de la población como en la eficiencia del trabajo de los distribuidores y las tiendas D1.

El proyecto no solo logró cumplir con las necesidades específicas de la empresa, sino que también sentó las bases para futuros trabajos en el campo del modelamiento matemático y la programación lineal aplicados a la gestión del tiempo, la disposición y la logística. Asimismo, resalta la importancia de seguir actualizándose y adquiriendo nuevos conocimientos y herramientas para hacer frente a los desafíos en constante evolución del mercado profesional.

### Declaración de conflicto de intereses

Los autores del presente trabajo desean dejar constancia de que no existe ningún conflicto de interés en relación con la investigación realizada, la revista en la que se presenta, la entidad editora y las entidades financiadoras involucradas. No se ha recibido ninguna influencia o beneficio que pueda comprometer la objetividad, imparcialidad o integridad de los resultados y conclusiones presentados en este estudio. Los autores se comprometen a brindar información precisa y transparente, asegurando la veracidad y la ética en la presentación de los hallazgos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

M. Gomez, «La ciudad, para quien: desafíos de la movilidad a la planificación urbana,» Revista bibliografica de geografía y ciencias sociales, vol. 23, nº 1, pp. 1-35, 2018.

G. Polania, C. Pedraza, Y. Barrero y A. Aguilar, «Categorización de los establecimientos según los valores agregados percibidos por el consumidor en niveles socioeconómicos 3 y 4 en Bogotá, Colombia,» Revista Gestion, Organizaciones y Negocios, vol. 6, nº 2, pp. 63-81, 2019.



- E. Londoño y M. Navas, «Comercio tradicional de productos de gran consumo en Colombia: Movilidad del consumidor.», Orinoquia, vol. 15, n° 1, pp. 103-111, 2011.
- G. Maravi, D. Matuk y M. Chong, «Impacto de la infraestructura en las operaciones logísticas.», Memoria Investigaciones en Ingeniería, vol. 17, n° 1, pp. 31-46, 2019.
- A. Correa, R. Gomez y J. Cano, «Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC).», Estudios gerenciales, vol. 26, n° 117, pp. 145-171, 2010.
- R. Ballou, «Logística, administración de la cadena de suministro.», vol. 5, pp. 1-816, 2018.
- M. Lopez, J. Castrejon, M. Castañeda, J. Brito, A. Velazquez y M. Suarez, «Programación lineal aplicada a los deportes.», Conciencia Tecnológica, n° 63, pp. 1-18, 2022.
- J. Borivant, «La programación Lineal de las pequeñas y medianas empresas.», Reflexiones, vol. 88, n° 1, pp. 89-105, 2009.
- L. Palacios, «Ingeniería de métodos movimientos y métodos.», ECOE, Mexico, 2015.
- N. Campo y L. Matamoros, «Métodos gráficos en la investigación biomédica de causalidad.», Revista electrónica, vol. 44, n° 4, pp. 1-9, 2019.
- B. Salazar, «Ingeniería Industrial.», 6 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/ejercicios-de-programacion-lineal/>.
- M. Alfaro y I. Alfaro, «Uso de la función Solver de Excel para el cálculo de la velocidad de corrosión de acero al carbono en una solución de NaCl al 3,5% saturada de Oxígeno: Un tutorial práctico.», Educación Química, vol. 29, n° 2, pp. 17-35, 2018.
- J. Madrid, «Plan de mejoramiento: Carga y descarga de material los fierros.», Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, Medellín, 2018.
- A. Escobar, «Diseño para las transiciones.», Etnografías Contemporáneas, pp. 32-63, 2017.
- V. Balza, C. Patermina y D. Cardona, «Prácticas colaborativas en la cadena de suministro: una revisión conceptual.», Saber, ciencia y libertad, pp. 77-101, 2019.
- L. Florez, E. Toro y M. Granada, «A network design for a reverse logistics: a review and a practical application.», Ciencia e ingeniería neograndina, vol. 22, n° 2, pp. 153-177, 2012.

- J. Quintero y J. Velez, «Diseño de un sistema de logística inversa para la empresa Flexocol ubicada en Floridablanca-Santander,» UTSAN, Bucaramanga, 2022.
- D. Peña, J. Ureña y L. Gonzalez, «Diseño de una red logística para una comercializadora ferretera en el centro del Valle del Cuaca,» Entramado, vol. 12, nº 1, pp. 1-27, 2016.
- M. Keizar, R. Adkerman, M. Grunow, J. Bloemhof y R. Haijema, «Logistics network design for perishable products with heterogeneous quality decay,» European Journal of operational Research, vol. 262, nº 2, pp. 535-549, 2017.
- G. Monsalve, «Planificación de operaciones de manufactura y servicios,» ITM, vol. 1, nº 1, pp. 1-27, 2018.
- P. Bhaumik, «Student Engagement and its predictors: An exploratory study in an Indian business school,» Journal indexing and metrics, pp. 1-28, 2013.