



UNIVERSIDAD  
**Finis Terrae**

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

## **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN RESPECTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS Y SUS EFECTOS**

DIEGO RICARDO CURIMÁN VIDAL

Trabajo de título presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Finis Terrae,  
para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía: Alfredo Vega Fernández

Santiago, Chile

2025

## **DEDICATORIA**

*Dedicado a quienes han creído en mí y a quienes, con sus palabras o acciones, me ayudaron a alcanzar esta meta.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo es el resultado del amor, la dedicación y el esfuerzo de muchas personas que me han apoyado a lo largo de este camino.

A mi mamá, gracias por tu amor incondicional, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y por enseñarme que, sin importar lo que esté haciendo, siempre debo hacerlo con voluntad y dar lo mejor de mí. A mis abuelos, por brindarme un hogar lleno de calidez, sabiduría y motivación constante. A Javiera, mi compañera y refugio, gracias por tu paciencia infinita, tu amor y por ser mi desconexión en los momentos en que más lo necesitaba.

A la Escuela de Ingeniería, por proporcionarme las herramientas y el conocimiento necesarios para mi desarrollo profesional. Y, especialmente, al profesor Alfredo, por su guía, tiempo y apoyo constante durante este proyecto.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

## Tabla de contenido

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Situación Problema.....	10
1.2 Oportunidad de mejora.....	11
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.3.1 Objetivos generales.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	13
1.4.1 Alcances.....	13
1.4.2. Limitaciones.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Fundamentos Teóricos de la Distribución Urbana de Mercancías (DUM) .	15
2.2 Movilidad Urbana y Congestión Vehicular.....	15
2.3 Costo Social y Privado.....	16
2.4 Nivel de congestión.....	17
2.5 Metodologías de Evaluación de Impacto en la Movilidad.....	17
3. ESTADO DEL ARTE.....	20
3.1 Turnos nocturnos.....	20
3.2 Centros Urbanos de Consolidación (CUC).....	22
3.2.1 Centros Urbanos de Consolidación Londres.....	23
3.2.2 Centros Urbanos de Consolidación en Países Bajos.....	24
3.2.3 Centros Urbanos de Consolidación en Alemania.....	24
3.3 Micro Hubs Logísticos.....	25

3.3.1 Micro Hubs Logísticos en Suecia.....	26
3.3.2 Micro Hubs Logísticos en Francia.....	26
3.4 Tecnología y Gestión Inteligente del Tráfico .....	27
3.5 Colaboración Público-Privada .....	27
4. METODOLOGÍA .....	29
4.1 Variables observadas en el análisis del impacto de la DUM .....	30
4.2 Procedimiento de Recolección de Datos.....	30
5. DESARROLLO .....	32
5.1 Descripción de la situación actual .....	32
5.1.2 Acciones de la Municipalidad de Santiago Centro .....	32
Figura 3: Orden de prioridades comuna de Santiago. ....	33
5.2 ANÁLISIS VIAL DE LA COMUNA.....	33
5.2.1 Congestión vehicular .....	34
5.2.2 Contaminación en la Comuna de Santiago.....	37
Figura 6: Smog en la comuna de Santiago.....	38
5.2.3 Infraestructura Vial.....	39
Figura 7: Estado de la red vial en la Región Metropolitana.....	40
5.3 ESTADO ACTUAL DE LA DUM EN SANTIAGO .....	41
5.3.1 Aspecto económico.....	41
Figura 8: Densidad de locales comerciales Santiago Centro.....	42
5.3.2 Descripción del flujo de mercancías .....	43
5.3.3 Normativa actual en Santiago.....	44
5.3.4 Análisis Datos de Terreno de las Calles Seleccionadas.....	45
5.3.5 Análisis de datos.....	53
5.4 CAMBIO EN LA NORMATIVA .....	55

5.4.1 Fiscalización del Estacionamiento Irregular de Vehículos DUM .....	56
5.4.2 Uso de Calles Aledañas para Estacionamiento Estratégico .....	57
Figura 16: Reparaciones obstruyendo el paso peatonal.....	59
5.4.3 Off-hour deliveries.....	62
5.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	64
5.5.1 Cálculo de Costo Social por Calle .....	64
5.5.2 Costo Privado .....	65
5.5.3 Costo Social vs Costo Privado.....	67
6. CONCLUSIONES .....	69
7. BIBLIOGRAFÍA .....	73
Glosario .....	79
Lista abreviaturas.....	80
8. ANEXOS .....	81

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Off-Hour Delivery in NYC.....	22
<b>Figura 2:</b> Centro urbano de consolidación en Barcelona.....	23
<b>Figura 3:</b> Orden de prioridades comuna de Santiago.....	33
<b>Figura 4:</b> Transporte público en calle San Martín.....	35
<b>Figura 5:</b> Vehículo DUM obstruyendo el paso peatonal.....	36
<b>Figura 6:</b> Smog en la comuna de Santiago.....	38
<b>Figura 7:</b> Estado de la red vial en la Región Metropolitana.....	40
<b>Figura 8:</b> Densidad de locales comerciales Santiago Centro.....	42
<b>Figura 9:</b> Reparaciones en calle San Martín.....	47
<b>Figura 10:</b> Amunátegui deteriorada y vehículo DUM estacionado en doble vía.....	49
<b>Figura 11:</b> Congestión calle Catedral.....	51
<b>Figura 12:</b> Concentración de locales comerciales en calle Catedral.....	52
<b>Figura 13:</b> Tiempo que pierden los vehículos en promedio según la calle.....	53
<b>Figura 14:</b> Cantidad de vehículos promedio afectados por vehículos DUM.....	54
<b>Figura 15:</b> Vehículo DUM obstruyendo el paso peatonal.....	55
<b>Figura 16:</b> Reparaciones obstruyendo el paso peatonal.....	59
<b>Figura 17:</b> Calle Compañía de Jesús en horario punta.....	60
<b>Figura 18:</b> Cantidad de viajes según horario.....	61

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Niveles de congestión.....	17
Tabla 2. Medición calle San Martín.....	48
Tabla 3. Medición calle Amunátegui.....	50
Tabla 4. Medición calle Catedral.....	52

## RESUMEN

El presente documento corresponde al informe final del trabajo de título para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. En éste se evalúa el impacto de las operaciones de Distribución Urbana de Mercancías (DUM) en la congestión vehicular y la infraestructura vial de la comuna de Santiago, en particular en las calles Amunátegui, San Martín y Catedral, identificando los problemas de congestión y deterioro vial derivados de las actividades de carga y descarga. El objetivo principal fue proponer una estrategia de gestión para mejorar la movilidad en estas áreas, evaluando el costo social y privado de las medidas consideradas.

Para ello, se realizaron mediciones en terreno para recopilar datos sobre los tiempos de estacionamiento, la afectación de otros vehículos y la congestión generada por vehículos de carga en horarios específicos. También se realiza una estimación del costo social asociado al tiempo perdido por congestión y el costo privado alternativo que deberán asumir las empresas de implementar cambios en sus operaciones, como el estacionamiento en calles cercanas y el traslado de la carga hasta los comercios.

Los resultados muestran que las actividades de carga y descarga en las calles analizadas generan importantes pérdidas de tiempo para el transporte público y privado, especialmente en la calle Catedral, la más afectada en términos de horas de congestión. Los costos privados también reflejan un aumento significativo al exigir a las empresas adaptarse a estas nuevas normativas.

En conclusión, la implementación de horarios de carga y descarga fuera de los momentos de alta congestión y el uso de calles aledañas podrían reducir los costos sociales, aunque a costa de un aumento en los costos privados. Las recomendaciones incluyen la aplicación de normativas más estrictas para mejorar la movilidad sin generar impactos económicos elevados para las empresas.

*Palabras claves:* Distribución Urbana de Mercancías, congestión vehicular, costos sociales, costos privados, movilidad urbana

## **ABSTRACT**

This document serves as the final report for the degree project required to obtain the title of Industrial Civil Engineer. It evaluates the impact of Urban Freight Distribution (UFD) operations on traffic congestion and road infrastructure in the municipality of Santiago, specifically on Amunátegui, San Martín, and Catedral streets. The study identifies congestion issues and road deterioration caused by loading and unloading activities. The main objective was to propose a management strategy to improve mobility in these areas by assessing the social and private costs of the proposed measures.

To achieve this, field measurements were conducted to collect data on parking times, the impact on other vehicles, and the congestion generated by freight vehicles at specific times. Additionally, an estimation of the social cost associated with time lost due to congestion was performed, along with the alternative private cost that businesses would have to assume if they implemented changes in their operations, such as parking on nearby streets and transporting goods to commercial establishments.

The results indicate that loading and unloading activities on the analyzed streets cause considerable time losses for both public and private transportation, particularly on Catedral Street, which is the most affected in terms of congestion hours. Private costs also show a significant increase, as companies would be required to adapt to new regulations.

In conclusion, implementing loading and unloading schedules outside peak congestion hours and utilizing adjacent streets could reduce social costs, albeit at the expense of higher private costs. The recommendations include enforcing stricter regulations to improve mobility while minimizing the economic impact on businesses.

Keywords: Urban Freight Distribution, traffic congestion, social costs, private costs, urban mobility

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Situación Problema

En las grandes urbes modernas como la comuna de Santiago, la distribución urbana de mercancías (DUM) desempeña un papel fundamental para garantizar el abastecimiento de bienes en tiendas, oficinas, restaurantes y hogares. Este proceso involucra el transporte de productos desde los centros de distribución hasta los puntos de consumo, una actividad esencial en una sociedad altamente interconectada. De acuerdo con el reporte comunal de la (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2024), la comuna de Santiago ha experimentado un crecimiento significativo en términos de densidad poblacional, proyectando un aumento del 34% entre 2017 y 2024. Asimismo, se observa un incremento del comercio local del 14% entre 2020 y 2022, cifras que destacan la creciente demanda de bienes y servicios en la zona. Este panorama convierte a la DUM en un componente esencial para el desarrollo económico y social de Santiago, asegurando el funcionamiento de su dinámica comercial y urbana.

En este contexto, el flujo constante de vehículos de carga ha permitido satisfacer la creciente demanda de productos en tiempos cada vez más reducidos. Sin embargo, este sistema logístico enfrenta desafíos significativos en un entorno urbano colapsado, especialmente en áreas densamente pobladas como Santiago Centro.

El auge del comercio electrónico y la expansión vertical en el centro de Santiago han incrementado la necesidad de operaciones de carga y descarga. Según un estudio de Bohle (2021), se espera que el comercio electrónico crezca un 36% entre 2021 y 2025. Dado que los edificios residenciales y comerciales concentran una alta demanda de bienes, este crecimiento continuará, lo que resultará en un flujo constante de vehículos de última milla circulando y estacionándose en las zonas más congestionadas de la comuna.

A lo largo de este documento, se analiza cómo el rápido crecimiento urbano y comercial de Santiago ha superado la capacidad de adaptación de la infraestructura vial y las políticas de gestión. Esto ha generado una brecha significativa entre la demanda de servicios logísticos y la capacidad del espacio urbano, resultando en:

- Congestión vehicular: Los vehículos de carga frecuentemente se estacionan en zonas estratégicas pero congestionadas, obstruyendo el flujo del tráfico y ralentizando tanto el transporte público como el privado.
- Deterioro de la infraestructura vial: El constante tránsito y peso de los vehículos de carga aceleran el desgaste de las calles, impactando negativamente en su mantenimiento.
- Problemas ambientales: La circulación prolongada de estos vehículos aumenta las emisiones de gases contaminantes y la contaminación acústica, afectando la salud pública.
- Impacto en la movilidad: La ocupación de las aceras y la obstrucción del paso para peatones y ciclistas, especialmente en áreas como los cruces de "ceda el paso", dificulta significativamente su tránsito. Esto genera barreras adicionales que afectan negativamente el desarrollo de una movilidad sostenible.

La gestión de la DUM en áreas urbanas densas es un desafío que requiere atención urgente. Más allá de los aspectos logísticos, el impacto de estas operaciones afecta directamente la calidad de vida, aumentando el estrés ciudadano y deteriorando la salud pública.

## **1.2 Oportunidad de mejora**

La gestión del impacto generado por las actividades de carga y descarga de mercancías en la comuna de Santiago requiere soluciones prácticas, de bajo coste y fáciles de implementar. Esto responde a la realidad que enfrenta la comuna, caracterizada por múltiples desafíos en diferentes ámbitos. Según el reporte comunal de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2024), la pobreza en Santiago ha aumentado un 7% entre 2017 y 2022, en contraste con una reducción del 3% a nivel ciudad y nacional. Además, la tasa de denuncias en la comuna es un 220% superior al promedio regional, evidenciando un panorama social y económico complejo que exige intervenciones realistas y efectivas.

Frente a estos desafíos, surge una oportunidad concreta de mejora a través de la implementación de un cambio normativo que regule las operaciones de carga y descarga

en las calles más transitadas. La propuesta consiste en trasladar estas actividades a calles transversales con menor congestión, permitiendo a las empresas utilizar herramientas como carritos o "yeguas de carga" para transportar la mercancía a pie. Esta normativa se aplicará exclusivamente durante los horarios de mayor congestión, con el objetivo de reducir el impacto en las operaciones logísticas y maximizar los beneficios para peatones, conductores y ciclistas que circulan por la comuna. Asimismo, se evaluarán los beneficios sociales generados por la disminución de la congestión derivada de esta normativa, junto con los costos privados asumidos por las empresas logísticas.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivos generales**

- Evaluar alternativas de gestión para la distribución urbana de mercancías y sus efectos en contextos urbanos de la comuna de Santiago.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Identificar y cuantificar los principales problemas viales que afectan a la comuna, con un enfoque en la congestión vehicular.
2. Analizar el estado actual de la distribución de mercancías en la comuna de Santiago y en las calles Amunátegui, San Martín y Catedral.
3. Proponer una estrategia de gestión para las actividades de carga y descarga, con el propósito de reducir su impacto en la movilidad de la comuna de Santiago, basada en el análisis de los datos recopilados.
4. Realizar una evaluación económica, desde una perspectiva tanto privada como social de los beneficios y costos asociados a la implementación de restricciones en las operaciones de carga y descarga en las calles evaluadas.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1 Alcances**

1. Estudio en Terreno: Se llevaron a cabo mediciones en terreno en las calles San Martín, Amunátegui y Catedral de la comuna de Santiago, recopilando datos que reflejen el impacto directo de las actividades de carga y descarga, con especial atención al tiempo perdido por la ciudadanía debido a estas actividades.

2. Evaluación del Estado Actual de la Distribución de Mercancías: Se analizaron aspectos críticos como la movilidad y la congestión vehicular en la comuna de Santiago.

3. Análisis de Interacciones en el Sistema de Distribución Urbana: El estudio investigó cómo las actividades de carga y descarga de vehículos de DUM afectan a peatones, transporte público y transporte privado de la vía pública.

4. Propuesta de Actualización Normativa: Se desarrollaron recomendaciones para actualizar las normativas de transporte de carga, buscando mitigar los efectos negativos asociados a la DUM en la comuna.

5. Generación de Datos para Estudios Futuros: Este estudio recopila datos clave sobre la distribución urbana de mercancías en Santiago, particularmente en las calles seleccionadas, proporcionando un análisis de los efectos de carga y descarga en la congestión vehicular. Los resultados obtenidos ofrecen un respaldo cuantitativo y cualitativo para estudios futuros.

### **1.4.2. Limitaciones**

1. Cobertura Geográfica: El estudio se limita a la comuna de Santiago, y el análisis en terreno será en las calles San Martín, Catedral y Amunátegui por lo que no aborda otras comunas de la Región Metropolitana o del país, lo que limita la generalización de los resultados.

2. Marco Temporal Limitado: Este estudio se realizó exclusivamente durante octubre de 2024, lo que podría no reflejar con precisión las variaciones estacionales o futuros cambios en el flujo de carga y descarga.

3. Cambios Regulatorios: La investigación se basa en las normativas vigentes, que podrían cambiar. Nuevas regulaciones afectarían las operaciones de distribución urbana y podrían alterar los resultados proyectados.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Fundamentos Teóricos de la Distribución Urbana de Mercancías (DUM)**

La Distribución Urbana de Mercancías (DUM) es la etapa final en la cadena de suministro, conocida como "última milla", y se caracteriza por su complejidad operativa debido a las restricciones físicas, regulatorias y sociales del entorno urbano (Taniguchi et al., 2014). Es una actividad logística clave que se centra en el transporte y la entrega de bienes dentro de áreas urbanas. Su importancia radica en que provee la disponibilidad suficiente de productos para los consumidores finales, comercios y servicios esenciales en la ciudad.

La DUM es una actividad esencial para la economía de las ciudades, pero al mismo tiempo es una de las causas de problemas de movilidad, sobre todo en zonas comerciales. La DUM involucra la entrega de bienes desde los centros de distribución a las zonas comerciales o residenciales, un proceso que frecuentemente requiere que los vehículos de carga se detengan en calles urbanas, provocando interrupciones en el flujo vehicular. Según Muñuzuri et al. (2005), una de las principales dificultades de la DUM es balancear la necesidad de abastecimiento de bienes con la minimización de impactos negativos en el tráfico.

### **2.2 Movilidad Urbana y Congestión Vehicular**

Según (Padam Mobility, 2019), la movilidad urbana se define como la capacidad de los habitantes de una ciudad para desplazarse de manera eficiente dentro de su territorio, utilizando diversas modalidades de transporte. Por ello, los medios de transporte que conectan ciudades, como trenes, aviones y barcos, no forman parte de esta definición.

Thomson y Bull (2001) definen la congestión como la obstrucción o entorpecimiento del tránsito vehicular, generando una circulación lenta e irregular. Aunque el término es ampliamente utilizado por técnicos y ciudadanos, su definición suele ser subjetiva y carece de precisión absoluta. En este estudio también destacan que la congestión tiene múltiples efectos negativos, incluyendo la pérdida de tiempo, el

consumo excesivo de combustible, la contaminación del aire y la disminución de la productividad.

### **2.3 Costo Social y Privado**

El concepto de costo social se refiere a las externalidades negativas que una actividad económica genera sobre la sociedad en su conjunto (Camagni et al., 2002). En este contexto, para calcular el costo social es esencial convertir el tiempo perdido por las personas en un valor monetario. Con este propósito, el Ministerio de Desarrollo Social y Familia publica anualmente un informe que establece los precios sociales, una herramienta clave para estimar el costo social asociado a las operaciones de carga y descarga.

Según el informe Precios Sociales (Sistema Nacional de Inversiones, 2024), el valor social del tiempo en el contexto de los viajes en Chile se estima en 3.114 CLP por hora-persona. Este parámetro será utilizado como base para calcular el costo social del tiempo perdido debido a estas operaciones en Santiago, proporcionando una métrica objetiva para la evaluación del impacto de estas actividades.

El costo privado se refiere a los gastos directos que las empresas deben asumir para llevar a cabo sus operaciones en el marco de la nueva política pública evaluada en este documento, orientada al cambio normativo en la gestión de la DUM. Estos costos están relacionados principalmente con el tiempo adicional que las empresas logísticas pierden debido a la implementación de la normativa. Entre ellos se incluyen el consumo de combustible, el mantenimiento de los vehículos, los salarios de los trabajadores y los gastos asociados al estacionamiento.

Tal como lo expone Quak (2008), la evaluación de estos costos (privado y social) y su comparación es clave para la toma de decisiones de políticas públicas, ya que la implementación de restricciones puede aumentar el costo privado para las empresas, pero puede generar un beneficio si el costo social se reduce lo suficiente.

## 2.4 Nivel de congestión

Una de las formas más comunes de medir la congestión es a través de la densidad vehicular, que calcula el número de vehículos por kilómetro por carril en un momento determinado. Este enfoque se utiliza en el Manual de Capacidad de Carreteras (Transportation Research Board, 2010), que clasifica la calidad del flujo vehicular en niveles de servicio, desde la categoría "A" (flujo libre) hasta la "F" (congestión severa).

En el contexto de la comuna de Santiago, se ha implementado una clasificación del nivel de congestión basada en la cantidad de vehículos que transitan por minuto en las calles. Esta metodología se alinea con el enfoque del informe, que prioriza el análisis temporal como eje central de las mediciones y cálculos. La elección de este criterio responde a su coherencia con las variables estudiadas, como los tiempos de descarga de los vehículos de Distribución Urbana de Mercancías y la cantidad de automóviles afectados en períodos específicos. Esta clasificación resulta relevante en el contexto de la DUM, donde medir con precisión los costos sociales derivados de la congestión depende de variables como el tiempo. A continuación, se presenta la tabla que se utilizó para medir el nivel de congestión:

Tabla 1. Niveles de congestión

<b>Nivel</b>	<b>Vehículos por minuto</b>
Bajo	0 – 3
Medio	3 - 6
Alto	6 o más

## 2.5 Metodologías de Evaluación de Impacto en la Movilidad

La metodología empleada en este estudio se centra en la recolección de datos a través de observación en terreno, una técnica ampliamente reconocida y utilizada en estudios de movilidad urbana. Por ejemplo, Obregón y Betanzo (2015) destacan su

utilidad en el análisis del tráfico y las dinámicas urbanas. En este contexto, la observación directa adopta principios metodológicos similares a los de la Encuesta Origen-Destino, la cual recopila información sobre patrones de movilidad mediante entrevistas y registros de actividades de transporte (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2012). Esta metodología permite captar información precisa y en tiempo real sobre las operaciones de carga y descarga, así como su impacto en el flujo vehicular.

Estudios como el de Quak (2008) subrayan la importancia de indicadores como el tiempo perdido y el número de vehículos afectados para evaluar las interrupciones en el tráfico urbano. Estos indicadores no solo cuantifican la congestión, sino que también ofrecen datos clave para diseñar soluciones específicas a los problemas logísticos en áreas urbanas densamente transitadas. Además, Quak (2008) enfatiza que el análisis de costos sociales y privados resulta crucial en el contexto de las operaciones de carga y descarga. Al convertir el tiempo perdido en términos monetarios mediante el valor del tiempo, se obtiene una visión integral de los impactos económicos y sociales, facilitando el diseño de políticas públicas que equilibren los intereses comerciales con las necesidades de la comunidad.

El modelo de costos sociales planteado por Camagni et al. (2002) complementa enfoque, al destacar que el tiempo perdido no solo afecta a los conductores individuales, sino que también repercute en la productividad económica, la calidad de vida y el bienestar social. Este análisis permite comprender cómo las decisiones logísticas influyen en el entorno urbano y proporciona una base sólida para el diseño de soluciones más efectivas.

Por lo tanto, la metodología propuesta en este estudio se basa en la recolección de datos en terreno, empleando indicadores como el tiempo, los vehículos afectados y los niveles de congestión para analizar la implementación de políticas públicas. Esto se logra mediante el cálculo de los costos privados que enfrentan las empresas al cumplir con esta normativa, así como los beneficios sociales derivados de su adopción. Este enfoque integral permite comprender a profundidad el impacto de las operaciones de carga y descarga en la movilidad urbana, identificando oportunidades de mejora que equilibren los intereses económicos de las empresas con los beneficios sociales para la

comunidad. Además, constituye una base sólida para diseñar políticas públicas sostenibles que gestionen los efectos negativos de la congestión urbana, al tiempo que garantizan el desarrollo de actividades comerciales esenciales en la ciudad.

### **3. ESTADO DEL ARTE**

La distribución urbana de mercancías (DUM) enfrenta desafíos críticos en ciudades densamente pobladas. Por ejemplo, la Asociación de Fabricantes y Distribuidores señala que:

“Dentro de la movilidad urbana, el peso de la distribución de mercancías ha ido a más, y así seguirá siendo en los próximos años. En 2019, su peso sobre el total de la circulación en el centro de Madrid fue del 38%, y se calcula que en 2025 este porcentaje ya será del 47%” (AECOC, 2020).

La creciente importancia de la DUM a lo largo de los años es innegable; el hecho de que en 2025 se estime que representará casi la mitad de todo el tráfico urbano resalta la urgencia de abordar sus efectos. Este incremento no solo intensifica la congestión, sino que también eleva las emisiones contaminantes. En Barcelona, por ejemplo, se estima que la DUM genera el 31% de las emisiones de partículas PM10 y el 34% de las emisiones de NOx, contribuyendo significativamente a la contaminación del aire (Monzón et al., 2023).

La congestión derivada de estos vehículos tiene además un impacto directo en la economía urbana, con un coste que puede ascender al 2% del PIB debido a la pérdida de productividad y los problemas de salud asociados (AECOC, 2020). Estos desafíos han impulsado la búsqueda de soluciones a nivel global. A continuación, se presentan modelos de gestión de la DUM innovadores que ofrecen aprendizajes relevantes y sirven de inspiración para desarrollar estrategias adaptadas a los recursos y necesidades de cada lugar.

#### **3.1 Turnos nocturnos**

En Nueva York, uno de los esfuerzos más innovadores para mejorar la distribución urbana de mercancías y reducir la congestión ha sido el programa de entregas fuera de horas pico, conocido como Off-Hour Delivery (OHD). Según la revista Land Line (2024), este programa, inicialmente implementado como piloto, se convirtió en permanente en 2010. Desde entonces, el Departamento de Transporte de Nueva York ha inscrito a 27 empresas con aproximadamente 1.120 sucursales que reciben entregas nocturnas en

camiones. La meta es alcanzar las 5.000 sucursales para 2040, lo que podría mantener a unos 62.000 camiones fuera de la ciudad durante las horas pico. El programa incentiva el tránsito de distribución urbana de mercancías en horarios de menor congestión, generalmente entre las 10 p.m. y las 6 a.m. Además, los camioneros que ingresen al distrito central de negocios de Nueva York en los horarios punta deben pagar hasta \$54 por ingreso, mientras que las tarifas nocturnas se reducen en un 75%.

Como detalla Land Line (2024), el programa fue respaldado por el Departamento de Transporte de la Ciudad de Nueva York y recibió financiamiento del Departamento de Transporte de EE. UU. a través del Programa de Mitigación de la Congestión y Calidad del Aire. Las empresas participantes, que iban desde pequeños restaurantes hasta grandes cadenas como Whole Foods y Sysco, recibieron incentivos económicos, como pagos únicos y asistencia para la instalación de equipos que facilitarán las entregas nocturnas sin supervisión.

Uno de los beneficios más destacados del programa ha sido la disminución del tiempo necesario para completar las entregas. Al evitar las horas pico, los transportistas lograron operar con mayor eficiencia, eliminando la competencia por espacio en las congestionadas calles de la ciudad. Esto no solo aceleró los tiempos de entrega, sino que también redujo las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a un entorno urbano más sostenible (Holguín-Veras et al., 2013). Según este informe, si al menos el 6% de las entregas se trasladaran a horarios nocturnos, la calidad de vida en la ciudad podría mejorar significativamente. Entre los impactos positivos destacan la reducción de la congestión vehicular, la mejora de la accesibilidad para residentes y turistas durante el día, y el fomento de un entorno urbano más funcional.

Esta estrategia, que se ha convertido en un modelo a seguir, demuestra cómo la coordinación entre el sector público y privado, junto con incentivos bien diseñados, puede transformar la logística urbana y mejorar tanto la movilidad como la calidad de vida en ciudades densamente pobladas. Esto beneficia a todas las partes involucradas, especialmente a los ciudadanos, quienes experimentan una ciudad más accesible y funcional en su vida diaria.

**Figura 1:** Off-Hour Delivery in NYC.



**Nota:** Imagen de New York City Department of Transportation, 2013. Disponible en: <https://cite.rpi.edu/off-hour-delivery/>

### 3.2 Centros Urbanos de Consolidación (CUC)

Los Centros Urbanos de Consolidación (CUC) son una solución estratégica para enfrentar los desafíos de la distribución urbana de mercancías, como la congestión vehicular, las emisiones contaminantes y la ineficiencia logística. Estas instalaciones, ubicadas generalmente en las periferias de las ciudades, cuentan con amplias dimensiones que les permiten albergar grandes volúmenes de mercancías. Operan como puntos intermedios dentro de la cadena logística, donde las cargas son agrupadas, organizadas y transferidas a vehículos más pequeños y sostenibles para su distribución en la última milla. Este modelo no solo disminuye el número de vehículos que ingresan a los centros urbanos, reduciendo el tráfico y las emisiones, sino que también optimiza la eficiencia logística al consolidar cargas y mejorar la planificación de rutas, contribuyendo así a una movilidad urbana más sostenible (Browne et al., 2019).

**Figura 2:** Centro urbano de consolidación en Barcelona.



**Nota:** Imagen de Arilla, 2023. Disponible en:

<https://www.scmlogistica.es/consolidacion-y-desconsolidacion-de-cargas-en-el-almacen/>

### **3.2.1 Centros Urbanos de Consolidación Londres**

El Centro de Consolidación Urbana de Londres (LCCC), inaugurado en 2003, se ha convertido en un modelo emblemático para la implementación de estrategias logísticas sostenibles en entornos urbanos. Este centro funciona como un nodo logístico centralizado, consolidando mercancías provenientes de diferentes proveedores y redistribuyéndolas en entregas más eficientes hacia una amplia zona del centro de la ciudad. Según Duin et al. (2016), esta metodología ha permitido reducir el número de vehículos necesarios para las entregas en un 77%, logrando además una disminución del 54% en las emisiones de CO<sub>2</sub> en las áreas atendidas. Además del impacto ambiental positivo, este modelo también ha contribuido a mejorar otros aspectos clave de la calidad de vida urbana. La consolidación de entregas reduce significativamente el tráfico vehicular en zonas densamente pobladas, lo que se traduce en una menor contaminación del aire y una disminución de los niveles de ruido. Estos beneficios son particularmente relevantes en ciudades como Londres, donde la congestión vehicular y la contaminación representan desafíos críticos para la sostenibilidad.

El LCCC también ha destacado por su capacidad para optimizar la eficiencia operativa de las empresas participantes, quienes pueden reducir costos al disminuir el número de vehículos utilizados y los tiempos asociados a la congestión. Este enfoque no solo mejora la rentabilidad empresarial, sino que también favorece el desarrollo de un entorno logístico más ordenado y menos invasivo.

El éxito del LCCC resalta la importancia de las políticas públicas en la promoción de centros de consolidación urbana como herramientas esenciales para gestionar de manera sostenible el transporte de mercancías en las ciudades. Tal como señala el informe de Allen et al. (2014) este tipo de estrategias requiere una colaboración estrecha entre las autoridades locales, las empresas logísticas y los desarrolladores de infraestructura para garantizar su eficacia y escalabilidad en diferentes contextos urbanos.

### **3.2.2 Centros Urbanos de Consolidación en Países Bajos**

En los Países Bajos, los centros de consolidación urbana (CCU) han sido clave en la estrategia de sostenibilidad logística. Un ejemplo destacado es el Centro de Consolidación de Utrecht, diseñado para reducir la presencia de vehículos de carga en el centro histórico de la ciudad. Este centro opera consolidando mercancías en las afueras de la ciudad y distribuyéndolas mediante vehículos eléctricos y bicicletas de carga. Según Dreischerf y Buijs (2022) esta iniciativa ha logrado disminuir el número de viajes de carga en un 40%, contribuyendo a la preservación del patrimonio histórico y a la reducción de emisiones de gases contaminantes.

### **3.2.3 Centros Urbanos de Consolidación en Alemania**

En Alemania, los centros de consolidación urbana (CCU) son una parte integral de la logística urbana sostenible, con un fuerte enfoque en la reducción de emisiones y la optimización del transporte. Un ejemplo notable es el Centro de Consolidación de Stuttgart, que utiliza camiones eléctricos para distribuir mercancías en la zona urbana. De acuerdo con Thiemermann et al. (2024), este modelo ha logrado reducir en un 50% el número de vehículos de carga que ingresan al centro de la ciudad, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorando la calidad del aire.

Estos casos de éxito de los Centros Urbanos de Consolidación destacan que su efectividad depende de ciertos factores clave que deben cumplirse. En primer lugar, la ubicación estratégica y planificación son cruciales, ya que los CUC deben establecerse cerca de las zonas de alta demanda para maximizar su eficiencia y reducir las distancias recorridas en la última milla. Además, la colaboración público-privada juega un rol indispensable, puesto que la cooperación entre autoridades locales y empresas logísticas es esencial para garantizar el financiamiento y la gestión efectiva de estas instalaciones. Finalmente, la tecnología e innovación son componentes determinantes; la incorporación de herramientas como el análisis de big data posibilita predecir la demanda y optimizar las operaciones, lo que incrementa significativamente la eficacia de los CUC (Browne et al., 2019).

### **3.3 Micro Hubs Logísticos**

Los Micro Hubs Logísticos son instalaciones intermedias porque se ubican estratégicamente entre los centros de distribución principales, generalmente ubicados en las afueras de las ciudades, y los puntos finales de entrega, como negocios o viviendas en áreas urbanas densamente pobladas. Su función principal es actuar como nodos descentralizados para la consolidación y redistribución de mercancías, lo que permite transferir los paquetes a modos de transporte más sostenibles, como bicicletas de carga o vehículos eléctricos ligeros, para la etapa final de distribución.

A diferencia de los Centros Urbanos de Consolidación, que suelen ser instalaciones más grandes y están ubicados en las afueras de las ciudades, los micro hubs están ubicados dentro de los centros urbanos, en puntos cercanos a las áreas de entrega final. Los CUC se centran en consolidar grandes volúmenes de carga que posteriormente son transportados hacia la ciudad, mientras que los micro hubs operan como enlaces finales para redistribuir mercancías en menor escala. En términos funcionales, los micro hubs están diseñados específicamente para optimizar la logística de última milla, mientras que los CUC tienen un alcance más amplio que abarca toda la red de distribución urbana (Browne et al., 2019).

### **3.3.1 Micro Hubs Logísticos en Suecia**

En Suecia, el Logistics City Hub en Estocolmo es un modelo ejemplar que destaca la efectividad de los micro hubs en áreas urbanas. Estas instalaciones, ubicadas estratégicamente dentro de la ciudad, sirven como puntos de transferencia donde se consolidan mercancías provenientes de CUC o almacenes periféricos, para luego ser distribuidas mediante vehículos eléctricos ligeros y bicicletas de carga.

Este modelo no solo ha reducido la congestión vehicular en el centro de la ciudad, sino que también ha incrementado la eficiencia de las entregas de última milla. Según Browne et al. (2019), el proyecto ha logrado disminuir los tiempos de entrega en un 25% y ha reducido las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 50% en las zonas atendidas. Además, ha demostrado ser una solución viable para ciudades que enfrentan restricciones espaciales y una alta densidad de población, consolidando su posición como un referente en logística sostenible.

### **3.3.2 Micro Hubs Logísticos en Francia**

En Francia, el Paris Urban Logistics Laboratory ha promovido el uso de micro hubs logísticos para gestionar los desafíos asociados a la congestión y la contaminación en áreas metropolitanas. Estos micro hubs se utilizan para consolidar y redistribuir mercancías hacia los destinos finales utilizando vehículos eléctricos y bicicletas de carga, lo que contribuye a reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire en París.

El impacto de esta estrategia ha sido significativo. Según Heitz (2015), los micro hubs han reducido considerablemente los viajes redundantes y han optimizado la eficiencia operativa en las entregas de última milla. A diferencia de los CUC, que suelen manejar volúmenes de carga más grandes y procesos logísticos más complejos, los micro hubs en París están diseñados para atender demandas específicas de sectores urbanos densamente poblados, lo que los hace especialmente útiles para ciudades con limitaciones de espacio y un alto flujo de actividad comercial.

Mientras los CUC son esenciales para racionalizar el transporte de mercancías desde puntos periféricos hasta la ciudad, los micro hubs complementan este modelo al

enfocarse en la etapa más crítica de la cadena logística: la última milla. Juntos, estos enfoques forman parte integral de los sistemas de logística urbana sostenible.

### **3.4 Tecnología y Gestión Inteligente del Tráfico**

El uso de tecnologías avanzadas y sistemas de gestión inteligente del tráfico ha transformado la distribución urbana de mercancías (DUM), permitiendo una logística más eficiente, sostenible y adaptada a las complejidades urbanas modernas. Estos sistemas son particularmente efectivos cuando se aplican en la operación de Centros Urbanos de Consolidación (CUC), micro hubs logísticos y en general para la planificación y optimización de rutas de transporte, contribuyendo significativamente a la reducción de tiempos de viaje, emisiones contaminantes y costos operativos.

Un ejemplo destacado es el sistema de gestión del tráfico urbano implementado en ciudades europeas como Londres y Barcelona. Este sistema utiliza análisis de datos en tiempo real para optimizar las rutas de los vehículos involucrados en la DUM, lo que no solo mejora la eficiencia en la entrega de mercancías, sino que también contribuye a la reducción de las emisiones de carbono. Además, estas tecnologías se integran con políticas públicas, como restricciones de acceso a ciertas áreas durante horas pico y la promoción del uso de vehículos eléctricos, lo que genera un impacto positivo en la movilidad urbana sostenible (Dablanc et al., 2013).

Otro caso exitoso es el sistema Savvy Smart City Logistic, que emplea la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) para coordinar a los actores de la cadena de suministro de manera más efectiva. Este sistema facilita la comunicación en tiempo real entre transportistas, centros logísticos y autoridades locales, optimizando las operaciones de carga y descarga, y reduciendo significativamente la congestión vehicular. Además, la capacidad de recopilar y analizar grandes volúmenes de datos a través del IoT permite anticipar la demanda, identificar cuellos de botella y ajustar dinámicamente las rutas para maximizar la eficiencia del sistema (Holguín-Veras et al., 2016).

### **3.5 Colaboración Público-Privada**

La colaboración público-privada ha sido fundamental para el éxito de numerosos proyectos orientados a mejorar la Distribución Urbana de Mercancías (DUM). Este

enfoque combina recursos, experiencia y objetivos de los sectores público y privado, lo que permite implementar soluciones más efectivas y sostenibles.

Un ejemplo destacado es el programa “Off-Hour Delivery” en Nueva York, ya mencionado, donde la cooperación entre el gobierno local y empresas privadas permitió establecer un sistema de entregas fuera de las horas pico. Este proyecto no solo recibió apoyo financiero del gobierno a través de fondos federales, sino también la participación de empresas como Sysco y Whole Foods. Gracias a esta colaboración, se logró reducir la congestión diurna, disminuir las emisiones de carbono y mejorar la calidad de vida en la ciudad (Holguín-Veras et al., 2013).

Asimismo, la colaboración público-privada ha sido esencial en el desarrollo de Centros Urbanos de Consolidación (CUC) y micro hubs logísticos, proyectos en los que las autoridades locales proporcionan el marco regulatorio y financiero necesario, mientras que las empresas privadas contribuyen con experiencia logística y recursos tecnológicos. Este modelo ha sido particularmente exitoso en iniciativas como el London Construction Consolidation Centre (LCCC), donde la colaboración ha permitido reducir las emisiones y mejorar la eficiencia en la última milla (Browne et al., 2019).

En Europa, la iniciativa CIVITAS destaca como un ejemplo de colaboración público-privada orientada a la movilidad urbana sostenible. Proyectos en ciudades como Lisboa y Estocolmo han demostrado cómo esta cooperación puede impulsar soluciones innovadoras, como la creación de zonas de bajas emisiones y corredores verdes. Estas medidas no solo mejoran la sostenibilidad de la DUM, sino que también fomentan el uso de tecnologías limpias y el rediseño de espacios urbanos para una mayor accesibilidad (CIVITAS, 2020).

En conjunto, estos casos ilustran cómo la colaboración público-privada puede transformar la logística urbana, abordando desafíos complejos como la congestión, las emisiones contaminantes y la ineficiencia operativa, y logrando un impacto positivo tanto en la economía como en la calidad de vida urbana.

#### **4. METODOLOGÍA**

Para evaluar el impacto de las restricciones aplicadas a los vehículos de carga y descarga en calles concurridas, se diseñó una metodología que se centra en medir y analizar los efectos de las detenciones de estos vehículos en términos de tiempos de espera, congestión y costos sociales. Estos costos sociales se calcularán utilizando el precio social del tiempo proporcionado por el Ministerio de Desarrollo Social (MDS), lo que permite traducir los tiempos de congestión en un valor monetario.

El análisis busca proyectar los beneficios derivados de implementar una normativa que restrinja el estacionamiento de vehículos de distribución urbana de mercancías en horarios específicos. Esta normativa tiene como objetivo reducir la congestión vehicular, y la metodología propuesta permitirá comparar los costos sociales actuales generados por la DUM con los costos privados que las empresas deberían asumir tras la implementación de dichas restricciones.

La metodología incluye tres componentes clave:

1. **Recolección de Datos Empíricos:** Este componente se enfoca en la medición de variables que permitan identificar el impacto directo e indirecto de las operaciones de carga y descarga de la DUM en las calles congestionadas. Se registran datos como el tiempo de espera generado por estos vehículos y el número de automóviles afectados por las obstrucciones.

2. **Análisis de Impactos Sociales:** Se calculan los costos sociales asociados a la congestión generada por la DUM en las calles estudiadas. Para ello, se aplica el precio social del tiempo entregado por el MDS, que permitirá cuantificar en términos monetarios los efectos negativos que generan estas operaciones.

3. **Comparación de Beneficios y Costos:** Se evaluarán los beneficios sociales derivados de la nueva normativa que elimina las operaciones de carga y descarga en calles congestionadas, comparándolos con los costos privados que las empresas deberán asumir para adaptarse a esta restricción. Dado que la normativa eliminará completamente la presencia de vehículos de DUM en estas calles, se asumirá que las

congestiones previas desaparecerán, lo que permite una comparación directa sin necesidad de simulaciones adicionales.

#### **4.1 Variables observadas en el análisis del impacto de la DUM**

En esta sección, se identifican las principales variables necesarias para medir y analizar los efectos de las operaciones de carga y descarga en la dinámica del tráfico urbano. Estas variables permiten cuantificar los impactos directos sobre la movilidad, ofreciendo una base sólida para evaluar los costos sociales asociados.

1. Identificación del Vehículo de Distribución: Número asignado secuencialmente a cada vehículo DUM observado en la operación de carga.

2. Hora de la Medición: Hora específica en la que se registra la operación de carga.

3. Tiempo de Espera por Vehículo Afectado: Duración que otros vehículos deben esperar o maniobrar para pasar junto al vehículo de carga, incluyendo el tiempo en tráfico generado directamente detrás de este.

4. Número de Vehículos Afectados: Cantidad de vehículos cuyo flujo se ve impactado durante la operación de carga.

5. Nivel de Congestión General: Indicador del nivel de tráfico en la calle al momento de la medición, ofreciendo un contexto general sobre el entorno y el impacto en la vía.

#### **4.2 Procedimiento de Recolección de Datos**

Esta sección describe los pasos seguidos para obtener los datos necesarios que permitan evaluar los impactos de las operaciones de carga y descarga. La recolección de datos se llevó a cabo en condiciones reales de tráfico, utilizando herramientas de cronometraje y observación directa. El procedimiento se estructuró para asegurar la representatividad y precisión de las mediciones.

1. Preparación de la Observación: Se seleccionaron horarios específicos de alta actividad vehicular, coincidiendo con los momentos de mayor carga y descarga. Las

observaciones se llevaron a cabo en puntos estratégicos de calles con alta demanda para estas operaciones.

2. Observación en Terreno: Durante el proceso de carga y descarga de mercancías, se observó y cronometró manualmente con la aplicación “Multi Timer” el tiempo que cada vehículo DUM permanecía estacionado, así como el tiempo de obstrucción generado a los vehículos detrás individualmente. Con esto se registraron:

- La cantidad de vehículos afectados mientras maniobraban para evitar el vehículo DUM o se detenían detrás de este.
- El tiempo adicional de espera que experimentaron estos vehículos debido a la obstrucción.

3. Duración y Frecuencia de la Medición: Las mediciones se realizaron en tres días de la semana (martes, miércoles y jueves), durante cuatro días por cada calle seleccionada. Se evitaron lunes, viernes y días cercanos a festivos, debido a los patrones de tráfico atípicos que podrían afectar la representatividad de los datos. Este procedimiento fue realizado durante aproximadamente una hora en cada sesión de observación.

4. Registro y Cronometría: Se utilizaron herramientas manuales como cronómetros y listas de registro para anotar tiempos de espera y maniobra, así como la cantidad de vehículos impactados en cada situación.

5. Análisis de Datos Recopilados: Los datos registrados fueron organizados en tablas y posteriormente analizados para obtener los costos sociales asociados a la carga y descarga.

6. Variabilidad y Precisión de los Datos: La precisión de los datos puede verse afectada por la variabilidad en el tráfico y factores externos como eventos imprevistos (por ejemplo, marchas o bloqueos de calles), que podrían alterar las condiciones habituales durante los períodos de medición. Para mitigar esto, se seleccionarán días y horarios representativos; sin embargo, estas variaciones introducen cierta inexactitud en las mediciones finales.

## **5. DESARROLLO**

### **5.1 Descripción de la situación actual**

La comuna de Santiago, ubicada en el centro de la capital de Chile, es un centro neurálgico para la distribución de mercancías en el país. Con una población en constante crecimiento y una economía dinámica, en la cual la demanda de bienes y servicios ha experimentado un aumento significativo en las últimas décadas. Esta situación ha generado diversos desafíos en términos de movilidad, congestión vehicular, contaminación ambiental y deterioro de la infraestructura urbana, que serán abordados más adelante.

#### **5.1.2 Acciones de la Municipalidad de Santiago Centro**

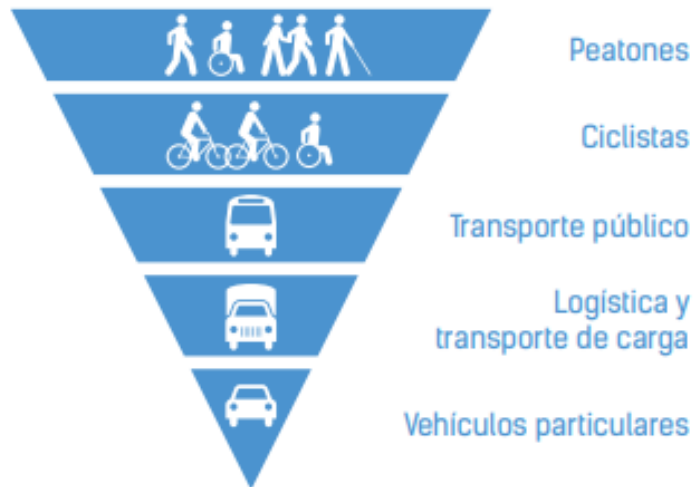
Actualmente, en el marco del plan de inversiones en infraestructura de movilidad y espacio público (Gobierno Regional Metropolitana de Santiago, 2023), la Municipalidad de Santiago Centro busca implementar diversas mejoras en la infraestructura y la movilidad urbana. Estas acciones incluyen:

- Creación de zonas de carga y descarga en ejes viales estratégicos.
- Mejoras en los semáforos para optimizar el flujo vehicular y peatonal.
- Construcción de ciclovías adicionales para fomentar el uso de la bicicleta.
- Desarrollo de plazas y parques, incluyendo la remodelación de espacios públicos en la Alameda, mejorando las áreas verdes y las aceras.

Además, se pretende incentivar el uso de medios de transporte sostenibles, tales como caminar, andar en bicicleta y utilizar el transporte público. Este enfoque busca:

- Desarrollar e implementar un Plan Integral de Movilidad que promueva la sostenibilidad y desincentive el uso del vehículo particular motorizado.
- Mejorar las condiciones de conectividad, accesibilidad, operación y movilidad en la comuna.
- Elevar la calidad de los espacios públicos, fomentando la cohesión social y la sustentabilidad urbana.

**Figura 3:** Orden de prioridades comuna de Santiago.



**Nota:** Extraído de la comuna de Santiago proyecto PIIMEP. Disponible en: <https://www.munistgo.cl/piimep-stgo/>

A pesar de los esfuerzos por modernizar la infraestructura vial y regular la actividad logística, la comuna enfrenta limitaciones significativas en la implementación de soluciones eficaces. La falta de políticas efectivas y de una planificación que coordine sus esfuerzos junto a la DUM, las reparaciones de las calles, las construcciones que ocupan vehículos pesados y los transportes público y privado dificultan que el panorama mejore.

## 5.2 ANÁLISIS VIAL DE LA COMUNA

El propósito de este análisis es identificar y evaluar los principales problemas viales que afectan a la comuna, con un enfoque en la congestión vehicular y su impacto en la movilidad urbana y la calidad de vida de sus habitantes. Adicionalmente, se incluye una evaluación complementaria sobre el deterioro de la infraestructura vial y las condiciones ambientales en Santiago Centro, considerando su influencia en la eficiencia del transporte y el bienestar urbano. Este análisis busca no solo proporcionar una visión clara de los desafíos existentes, sino también fundamentar el estudio en terreno realizado y proponer alternativas viables para mejorar la gestión de la distribución urbana de mercancías.

### 5.2.1 Congestión vehicular

La Real Academia Española define la congestión como la acción y efecto de congestionar, mientras que congestionar significa obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo (Real Academia Española, 2024). Este fenómeno, conocido como congestión vehicular, es una realidad inherente a toda urbe. El problema surge cuando la congestión se vuelve excesiva, dejando de ser cuestión de unos pocos segundos para convertirse en minutos significativos de retraso.

Según (Litman, 2013), cada minuto adicional que un vehículo permanece detenido no solo representa tiempo perdido para su conductor, sino que también implica que ese vehículo continuará ocupando espacio en la red vial durante más tiempo. Esto genera un efecto de bola de nieve: mientras más tiempo los vehículos permanecen en tránsito, más retrasos generan para los demás. Este ciclo, en el que los minutos adicionales se transforman en más congestión para todos, conduce a atascos que empeoran el flujo vehicular y afectan negativamente la vida urbana.

En este capítulo se verá cómo la comuna de Santiago enfrenta una congestión vehicular crítica, impulsada principalmente por factores históricos ya comentados como el aumento poblacional derivado de la expansión vertical que se produjo en años anteriores. Aunque la población actualmente ha dejado de crecer significativamente, las consecuencias de este desarrollo persisten. La proliferación de edificios residenciales y comerciales, combinada con el auge del comercio electrónico durante el mismo período, incrementó el número de vehículos de carga destinados a la distribución de mercancías. En este contexto, el tráfico de paquetería nacional en Chile ascendió a 573.200 toneladas métricas transportadas en 2021, más del doble que en 2019, lo que refleja un aumento significativo en la actividad de distribución de mercancías (Mordor Intelligence, 2024).

En la comuna, el transporte motorizado se distribuye de manera equilibrada entre los sectores público y privado, según la Encuesta de Movilidad 2012 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. No obstante, ambos sectores enfrentan importantes desafíos derivados de la congestión vehicular. Dado que el transporte público es una prioridad estratégica para la comuna, es fundamental evaluar cómo la congestión generada por la DUM afecta su operación.

Un ejemplo evidente de este impacto ocurre en calles como San Martín, donde es común observar hasta cuatro buses en fila, lo que genera una situación crítica en una vía de doble sentido en una zona altamente transitada. Además, la presencia de buses interurbanos y otros vehículos de transporte colectivo intensifica la congestión en puntos clave de entrada y salida de la comuna, exacerbando los problemas de movilidad y afectando tanto a los usuarios como a la eficiencia del sistema de transporte público.

**Figura 4:** Transporte público en calle San Martín.



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 12:30 17/10/24.

Según un estudio del Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística & Pontificia Universidad Católica de Chile (2012), Santiago Centro concentra aproximadamente 1.800.000 viajes diarios, con una flota vehicular que supera los 700.000 vehículos. Este alto volumen de tráfico, en una infraestructura vial limitada y muchas veces en mal estado, genera un promedio de velocidad en la comuna de apenas 24 km/h en recorridos cortos de 10 kilómetros, los cuales suelen tomar alrededor de 20 minutos recorrerlos en horas de baja actividad. Durante las horas punta, esta situación empeora considerablemente, afectando no solo a los usuarios de transporte privado, sino también a los sistemas de transporte público y a los peatones que dependen de estos servicios.

**Figura 5:** Vehículo DUM obstruyendo el paso peatonal.



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 13:24 17/10/24.

La comuna de Santiago requiere medidas de planificación de transporte más efectivas que promuevan una mejor distribución del flujo vehicular, con particular atención a las operaciones de carga y descarga que impactan la movilidad urbana y el deterioro de la infraestructura en su conjunto.

La escasez de señalización y la falta de sincronización de semáforos agravan los problemas de tránsito en áreas urbanas densamente pobladas. Aunque no se dispone de datos específicos para Santiago Centro, un estudio de la (CEPAL, 2003) indica que una infraestructura de control vehicular deficiente puede aumentar significativamente las demoras y el riesgo de accidentes en cruces concurridos. La falta de señalización adecuada y la descoordinación semafórica reducen la capacidad de las autoridades para gestionar el tráfico de manera efectiva, exacerbando la congestión vehicular y sus consecuencias negativas. Mejorar la infraestructura de control de tránsito, incluyendo la instalación de señalización adecuada y la sincronización de semáforos, resulta fundamental para mitigar estos problemas y promover una movilidad urbana más eficiente y segura.

Según un estudio realizado por la Universidad Diego Portales y citado por (Moraga, 2016), el 52% de las calles de la comuna de Santiago se utilizan como estacionamiento, dejando únicamente el 48% disponible para la libre circulación de vehículos. Además, la investigación destaca que 64,9 kilómetros de calles permiten el estacionamiento sin costo en la calzada derecha, lo que equivale al 32% de la infraestructura vial disponible. En el centro de Santiago, los vehículos estacionados ocupan un total de 19.790 espacios, lo que se traduce en aproximadamente 118 kilómetros de calles utilizadas exclusivamente para este fin.

Actualmente, la comuna muestra una preocupación evidente por abordar los problemas viales. Esto se refleja en las visitas a terreno, donde se han observado trabajos de reparación en curso, especialmente en horarios matutinos o al mediodía, especialmente en calles cercanas a La Moneda. Además, el Plan de Inversiones en Infraestructura de Movilidad y Espacio Público de la comuna propone diversos proyectos para mejorar las condiciones de tránsito. Sin embargo, estos esfuerzos resultan insuficientes para resolver los problemas viales persistentes, ya que mientras se desarrollan soluciones a los inconvenientes se generan nuevos desafíos, sumado a que el parque automotor continúa en constante expansión, la presión sobre el mantenimiento vial a largo plazo incrementa constantemente.

### **5.2.2 Contaminación en la Comuna de Santiago**

La comuna de Santiago enfrenta altos niveles de contaminación ambiental, en gran parte por el tráfico vehicular. El transporte contribuye al 31% de las emisiones de gases contaminantes y partículas finas (PM2.5), con dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO) entre los principales contaminantes que afectan la calidad del aire y la salud pública. La inversión térmica en la región, especialmente durante el invierno, dificulta la dispersión de estas partículas, aumentando su concentración en las zonas de mayor tránsito, donde se encuentra una densa población.

**Figura 6:** Smog en la comuna de Santiago.



**Nota:** Fotografía extraída de FM DOS. Disponible en: <https://www.fmdos.cl/noticias/estudio-revela-que-30-de-las-50-ciudades-mas-contaminadas-de-sudamerica-son-chilenas/>

La contaminación del aire está asociada con una variedad de problemas de salud, incluyendo enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Los niños, debido a su desarrollo pulmonar en curso, y los ancianos, por posibles condiciones de salud preexistentes, son particularmente susceptibles. Según la (Organización Mundial de la Salud, 2018), más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario, lo que contribuye a enfermedades como el asma y otras afecciones respiratorias graves. Además, la contaminación del aire puede aumentar el riesgo de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón (Organización Panamericana de la Salud, 2018).

Según el reporte de tráfico de Santiago elaborado por (Tomtom, 2024), conducir durante las horas punta tiene un impacto ambiental, económico y social significativo. Recorrer 10 kilómetros diarios en horarios de mayor congestión genera aproximadamente 950 kg de CO<sub>2</sub> al año, lo que representa 250 kg más en comparación con realizar el

mismo trayecto en horarios de menor tráfico. Este incremento en emisiones se debe al mayor consumo de combustible derivado de las constantes detenciones y ralentizaciones. Además, el impacto económico es notable: se estima un gasto adicional de 180.000 CLP anuales por persona debido al consumo de combustible ineficiente y al desgaste del vehículo.

El tiempo perdido en congestión también es alarmante. Según el informe, los conductores en Santiago desperdician cerca de 13 minutos adicionales al día, lo que equivale a 95 horas anuales por persona. Esta pérdida de tiempo no solo afecta la calidad de vida, sino que también resulta comparable al tiempo requerido para recorrer la misma distancia en bicicleta o un scooter eléctrico, alternativas mucho más sostenibles.

El reporte también analiza los períodos del día con los niveles más altos de contaminación en la comuna de Santiago, evidenciando la relación entre los picos de tráfico vehicular y el deterioro de la calidad del aire. Los niveles más elevados de contaminación se concentran en dos franjas horarias críticas: en la mañana, alrededor de las 8:00 a.m., coincidiendo con el inicio de la jornada laboral, y en la tarde, entre las 17:00 y 19:00 p.m., horario del retorno masivo a casa. Durante estos períodos, las principales arterias y áreas de alta densidad experimentan una alta concentración de contaminantes atmosféricos como partículas finas (PM<sub>2.5</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO), lo que agrava los problemas de salud pública y medioambientales.

Las condiciones de contaminación en Santiago demandan políticas de transporte más sostenibles y estrictas. Propuestas como la expansión de zonas de baja emisión, el fortalecimiento del monitoreo ambiental y el incentivo de modos de transporte menos contaminantes son pasos críticos para mitigar estos efectos y proteger la salud de la población y el entorno a largo plazo.

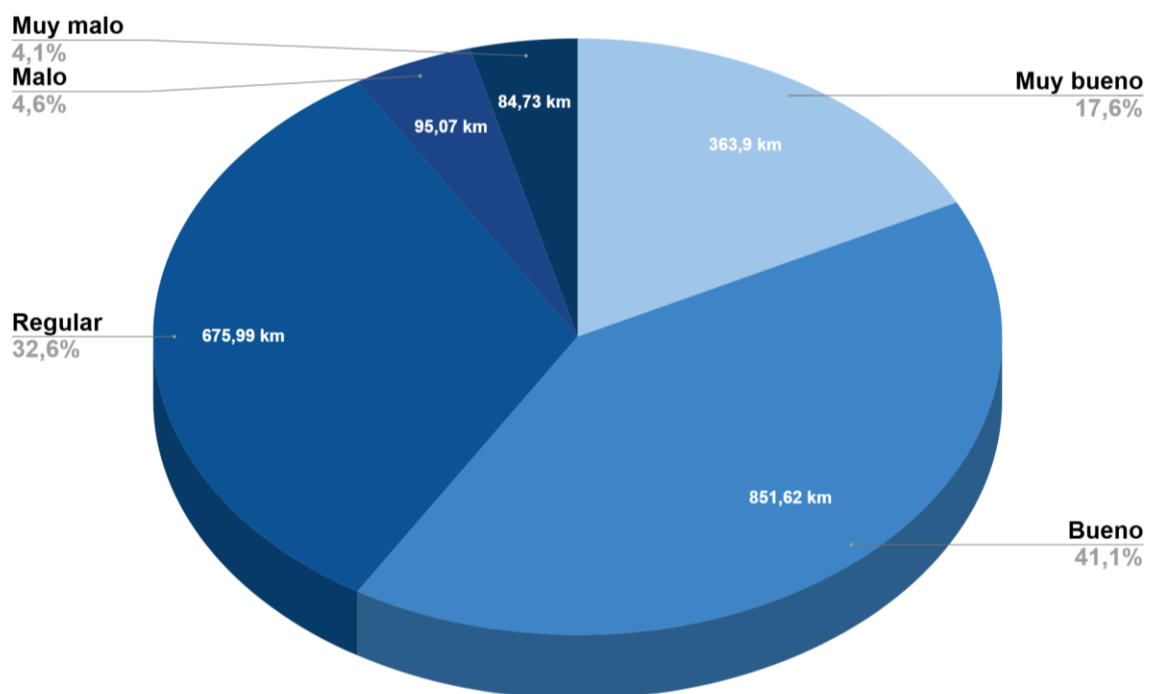
### **5.2.3 Infraestructura Vial**

El incremento constante del tránsito de vehículos de carga y maquinaria producto de los proyectos de construcción en Santiago Centro ha acelerado significativamente el

deterioro de la infraestructura vial, afectando tanto la movilidad como la calidad de vida de sus habitantes. Además, los problemas con los sistemas de alcantarillado, cableado eléctrico y otras infraestructuras subterráneas agrava la situación, generando reparaciones frecuentes que interrumpen el tránsito y reducen la fluidez del tráfico, profundizando los problemas de movilidad en la comuna.

**Figura 7:** Estado de la red vial en la Región Metropolitana.

*Distribución del Estado de la Red Vial Evaluada en la Región Metropolitana*



**Nota:** Datos tomados del informe Proposiciones de Acciones de Mantenimiento (PAM).

Según el informe PAM del Ministerio de Obras Públicas (Ministerio de Obras Públicas, 2021), refleja el estado actual de la infraestructura vial en una red evaluada de 2.071 km de pista, destacando los diferentes niveles de deterioro. Un 41,1% de la red se encuentra en buenas condiciones, seguido por un 32,6% clasificado como regular, lo que señala que una proporción considerable de la infraestructura requiere mejoras.

Por otro lado, un 4,6% está en mal estado y un 4,1% en muy mal estado, lo que, aunque representa un porcentaje menor, tiene un impacto significativo en la fluidez del tránsito. Estos tramos deteriorados incrementan los costos operativos, complican las actividades logísticas y generan desafíos adicionales para el mantenimiento vehicular y la movilidad general en la comuna.

### **5.3 ESTADO ACTUAL DE LA DUM EN SANTIAGO**

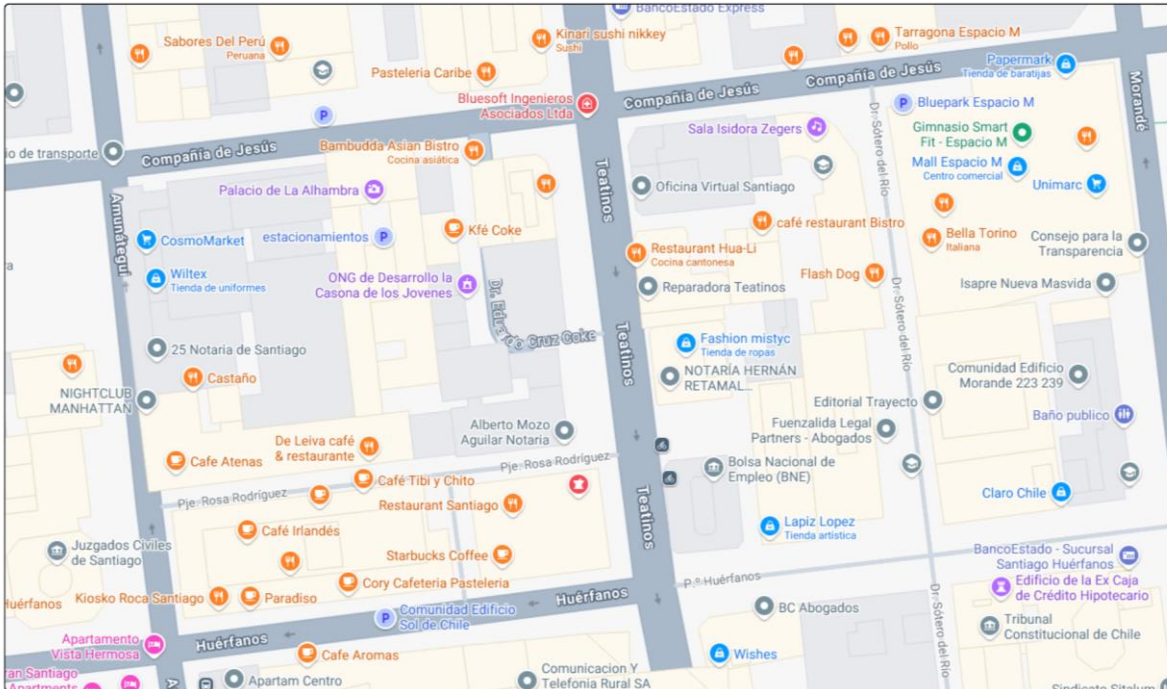
El sistema de distribución urbana de mercancías en la comuna de Santiago enfrenta grandes desafíos. El alto flujo de vehículos de carga, sumado a una infraestructura vial insuficiente y en deterioro, contribuye significativamente a la congestión vehicular. Las normativas actuales sobre zonas de carga y descarga no logran atender completamente las necesidades logísticas de una comuna que recibe más de 1.800.000 viajes diarios. El transporte de mercancías es clave para abastecer la gran cantidad de negocios y comercios de la comuna, pero también genera problemas como emisiones contaminantes, ruido y un aumento del deterioro de las vías.

#### **5.3.1 Aspecto económico**

Santiago Centro, el corazón económico de la capital chilena, concentra una alta densidad de actividades comerciales y de servicios, lo que impulsa una demanda constante y estratégica de abastecimiento de mercancías. Este sector alberga desde pequeños comercios y mercados minoristas hasta grandes centros comerciales y corporativos, lo que requiere una logística de DUM capaz de sostener el suministro continuo y adaptado a la demanda variable. Aproximadamente el 15% del comercio de

la Región Metropolitana está concentrado en Santiago Centro, área en la que más de 6,000 empresas operan diariamente en rubros variados como el comercio minorista, servicios bancarios y oficinas (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2024).

**Figura 8:** Densidad de locales comerciales Santiago Centro.



**Nota:** Extraído de Google Maps. Disponible en: <https://n9.cl/1cv7x>

El crecimiento del comercio electrónico ha incrementado además la cantidad de viajes de vehículos DUM, elevando la presión sobre la infraestructura vial y agravando los problemas de congestión. Entre 2021 y 2025, se estima que los pedidos de comercio electrónico crecerán alrededor de un 32% en Santiago, lo que se traduce en un mayor flujo de vehículos de entrega. Esto exige una planificación efectiva en las operaciones de reabastecimiento para asegurar que el flujo logístico no afecte la movilidad urbana ni contribuya al deterioro de la infraestructura (Bohle, 2021).

La dependencia del comercio en Santiago Centro de un suministro eficiente acentúa la importancia de contar con estrategias de DUM bien gestionadas, que permitan mantener la movilidad en sus calles clave y optimizar la capacidad vial existente. La implementación de políticas que regulen las horas de entrega y el uso de áreas menos

congestionadas puede ser una medida clave para aliviar la presión sobre la infraestructura y reducir los costos sociales asociados al tráfico, contribuyendo así a una economía urbana más eficiente y competitiva en la comuna.

### **5.3.2 Descripción del flujo de mercancías**

En la comuna de Santiago, el flujo de vehículos de carga representa un desafío importante para la movilidad urbana. La congestión se intensifica durante las horas punta, cuando se superpone el tráfico de vehículos de carga con el tránsito habitual de automóviles y transporte público, generando importantes cuellos de botella en intersecciones clave, lo cual incrementa los tiempos de espera y afecta el flujo.

Como es lógico, los problemas antes mencionados también afectan significativamente a la DUM por lo que tiene desafíos clave como la disminución de la eficiencia logística debido a la congestión vehicular. Según un análisis realizado por SimpliRoute (2023), el flujo en la última milla de las entregas en la capital chilena sufre una reducción de hasta un 30% en velocidad como consecuencia directa de esta problemática. El estudio, basado en datos recopilados de más de 48 millones de puntos GPS durante diciembre de 2022 y enero de 2023, reveló que la velocidad promedio de los vehículos de última milla es de 37,97 km/h. Sin embargo, en los horarios de máxima congestión (entre las 18:00 y 19:00 horas), la velocidad desciende a 31,67 km/h, mientras que en las horas de menor fricción (entre las 6:00 y 7:00 horas) alcanza los 48,13 km/h, lo que evidencia una significativa diferencia de 16,5 km/h entre ambos periodos.

#### **5.3.2.1 Red Vial y Estado de Conservación**

De acuerdo con el informe de Propositiones de Acciones de Mantenimiento (Ministerio de Obras Públicas, 2021) la comuna de Santiago cuenta con una red vial de aproximadamente 2,200 kilómetros, sin embargo, un alto porcentaje de esta infraestructura se encuentra en condiciones regulares o malas, especialmente en calles de alto tránsito de carga, como las avenidas principales y otras calles céntricas de uso mixto. El desgaste y el estado de las vías no solo afectan la eficiencia de las operaciones de carga y descarga, sino también el tiempo de circulación de otros usuarios, que experimentan mayores tiempos de espera. Además, cerca del 40% de las calles en Santiago Centro carecen de mantenimiento adecuado, afectando directamente la fluidez

de la DUM. Además, el uso constante de vías de distribución deterioradas eleva los costos de operación de los vehículos y aumenta la contaminación.

### **5.3.3 Normativa actual en Santiago**

Los impactos negativos generados por el transporte de carga urbano, como la congestión vehicular, la contaminación ambiental y el deterioro acelerado de la infraestructura vial, han impulsado la implementación de normativas específicas para mitigar estos problemas. Estas regulaciones buscan ordenar y limitar el flujo de vehículos de carga mediante medidas que incluyen restricciones de acceso, límites de peso y dimensiones, y control de emisiones. A continuación, se presentan las principales normativas vigentes en Santiago (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 1995, 2023).

En Santiago, los vehículos de carga con más de dos ejes o un peso superior a 18 toneladas tienen restringida la circulación dentro del anillo de Américo Vespucio durante los días laborables en los siguientes horarios:

- Mañana: Entre las 7:30 y las 10:00 horas.
- Tarde: Entre las 18:00 y las 20:30 horas.

Además, los municipios han implementado normativas adicionales que varían según la comuna. Estas incluyen restricciones específicas para los horarios y zonas de carga y descarga, así como limitaciones al estacionamiento. Sin embargo, la falta de uniformidad en estas regulaciones entre comunas dificulta su implementación y cumplimiento.

Otra medida importante es la regulación de la antigüedad de los vehículos de carga que ingresan al anillo Américo Vespucio. Para los camiones con un peso bruto vehicular superior a 3.860 kilos, se estableció un plan gradual que limita su antigüedad máxima permitida. Este año, la antigüedad máxima permitida es de 25 años, con un cronograma de reducción progresiva que busca alcanzar los 12 años como límite en el futuro.

La Resolución N.º 1 del 3 de enero de 1995 establece las dimensiones máximas de los vehículos de carga:

- Ancho máximo: 2,70 metros.
- Altura máxima: 4,20 metros.
- Longitud máxima: Entre 11 y 22,40 metros, dependiendo del tipo de vehículo.

Por otro lado, el Decreto N.º 158 del 29 de enero de 1980 fija el peso máximo permitido para vehículos que transiten por caminos públicos. Este incluye restricciones sobre el peso bruto total, así como límites por eje o conjunto de ejes. Las tolerancias en el peso están reguladas por la Resolución N.º 519 del 30 de julio de 1996, la cual considera márgenes de error asociados a los sistemas de pesaje, dependiendo de la configuración de ejes y rodados del vehículo.

#### **5.3.4 Análisis Datos de Terreno de las Calles Seleccionadas**

Para el presente análisis, se han seleccionado las calles San Martín, Amunátegui y Catedral debido a su relevancia en la distribución urbana de mercancías en la comuna de Santiago. Su ubicación en una zona con alta actividad comercial y trabajadores de oficina las convierte en puntos críticos para comprender cómo la distribución de mercancías afecta la congestión vehicular, la logística y la calidad de los espacios públicos en la comuna.

Para evaluar el impacto de las operaciones de carga y descarga en calles de alta concurrencia, se realizaron observaciones detalladas en terreno (para más detalles, consulte el anexo correspondiente a cada calle, donde se presentan los resultados específicos de cada día de observación). Estas observaciones proporcionaron datos actuales sobre cómo estas actividades afectan la movilidad urbana. En cada caso, se analizaron variables como el horario de la medición, los tiempos específicos dedicados a la carga y descarga, el tiempo requerido por los vehículos que debían maniobrar para sortear al vehículo de carga, y el número total de vehículos afectados durante estas operaciones.

Además, durante cada medición se evaluó el nivel de congestión general de la calle con el fin de establecer una comparación precisa entre distintos horarios y condiciones de flujo. Como se explicó previamente, este nivel de congestión se clasifica en tres categorías: alto, medio y bajo, y se determina según la cantidad de vehículos que transitan por minuto en la calle. Esta clasificación permite contextualizar el impacto de las operaciones de carga y descarga en relación con las condiciones de tráfico predominantes y facilita el análisis comparativo de los datos recolectados.

Es importante destacar que solo se incluyeron aquellos vehículos de distribución urbana de mercancías (DUM) que obstaculizan el paso de otros vehículos; es decir, aquellos que se encontraban fuera de los espacios designados para estacionamiento o sobre la vereda, creando una interrupción directa en el flujo de tránsito.

Los promedios de tiempo en maniobrabilidad y niveles de congestión se calcularon a partir de datos en terreno obtenidos para cada calle estudiada. Estos datos fueron recopilados a través de observaciones en terreno durante horarios entre 11:00 am y 13:30 pm los martes, miércoles y jueves, que son los días con un tránsito vehicular más normal, por lo que reflejan de mejor manera el tránsito general en las calles seleccionadas. Esto permitió evaluar el impacto de las operaciones de carga y descarga sobre la fluidez del tránsito y la eficiencia de la circulación vehicular. Para mayor detalle, se pueden consultar las tablas correspondientes en el Anexo A (Tabla A1 para Calle San Martín, Tabla A2 para Calle Catedral y Tabla A3 para Calle Amunátegui).

#### **5.3.4.1 San Martín**

Esta calle cuenta con un flujo vehicular moderado en horarios normales, pero sufre de congestión elevada en horas punta. Posee un aproximado de 90 locales comerciales lo que la convierte en una calle con constante tráfico de camiones de carga y descarga, lo que agrava la congestión. La falta de estacionamientos establecidos y zonas de carga definidas incrementa el uso inapropiado del espacio público, afectando la movilidad.

**Figura 9:** Reparaciones en calle San Martín



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 12:21 10/10/24.

El nivel de congestión vehicular en esta calle es Alto, alcanzando un promedio de 6,4 vehículos por minuto durante las horas analizadas (11:30 a 13:30). Este alto flujo vehicular se ve agravado por las numerosas construcciones y reparaciones en curso, que, junto con las actividades de carga y descarga, contribuyen significativamente al problema de congestión. Asimismo, los datos obtenidos en el estudio de terreno evidencian que una parte considerable del flujo vehicular corresponde al transporte público, destacándose un constante tránsito de micros, taxis y, en menor medida, buses interurbanos. En algunos casos, se observó hasta cuatro micros, junto con taxis, circulando simultáneamente en una misma cuadra, lo que incrementa la presión sobre la capacidad vial y dificulta aún más la movilidad en la zona.

**Tabla 2.** Medición calle San Martín

	<b>Tiempo descarga (min)</b>	<b>Tiempo perdido por auto (s)</b>	<b>Vehículos afectados</b>
Suma	279	823	1773
Promedio	31	91,4	197,0

En la calle San Martín, se analizaron 9 vehículos DUM durante los martes en el mes de octubre, en donde cada vehículo de carga permanece estacionado fuera de los lugares permitidos un promedio de 31 minutos. Esta situación afecta aproximadamente a 197 vehículos, que experimentan una pérdida de tiempo promedio de 91 segundos cada uno mientras esperan o maniobran para esquivar el vehículo de carga. En otras palabras, esto representa una pérdida diaria de 5 horas de tiempo para el tránsito tanto privado como público, derivada de la obstrucción causada por vehículos DUM estacionados en la vía.

#### **5.3.4.2. Amunátegui**

Aunque no es una arteria principal, es utilizada por vehículos de carga y transporte público. La calle presenta deterioro en su infraestructura mayor a las otras calles estudiadas. La falta de señalización adecuada y zonas específicas para carga y descarga agrava la congestión, con los pocos estacionamientos que posee siempre ocupados, provocando que los vehículos DUM en algunas ocasiones se estacionen en doble vía afectando la circulación de peatones y ciclistas.

**Figura 10:** Amunátegui deteriorada y vehículo DUM estacionado en doble vía.



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 12:05 10/10/24

La calle Amunátegui presenta una congestión Media durante los horarios estudiados, con un flujo de 5,8 vehículos por minuto. A pesar de contar con aproximadamente 75 locales comerciales, el tráfico en esta calle es menor en comparación con otras vías analizadas. Este flujo vehicular relativamente bajo, combinado con semáforos de ciclos cortos, favorece una circulación más fluida. Sin embargo, el uso de un solo carril debido a la presencia de vehículos de DUM que obstruyen temporalmente el otro carril puede generar limitaciones puntuales en el tránsito. Además, la menor cantidad de reparaciones y construcciones en curso observadas durante los días analizados contribuyen a mantener una congestión moderada en esta arteria.

**Tabla 3.** Medición calle Amunátegui

	<b>Tiempo descarga (min)</b>	<b>Tiempo de maniobrabilidad (min)</b>	<b>Vehículos afectados</b>
Suma	254	571	1480
Promedio	23,1	51,9	134,5

En comparación con otras zonas, la calle Amunátegui es una de las menos afectadas por los vehículos de carga. Se analizaron 8 vehículos de carga permanecen estacionados en promedio 23 minutos, y afectan a 135 vehículos durante sus operaciones. Cada vehículo afectado pierde aproximadamente 52 segundos debido a estas interrupciones, lo que se traduce en 2 horas de tiempo perdido diario en el flujo de tráfico de la comuna.

#### **5.3.4.3. Catedral**

En comparación con las calles Amunátegui y San Martín, la calle Catedral presenta un ancho significativamente menor, lo que intensifica el impacto de los vehículos de DUM mal estacionados. Debido a la estrechez de la vía, no es posible que otros vehículos los sorteen sin salir de su carril, obligándolos a detenerse y esperar hasta que se libere el paso. Esta situación no solo incrementa los tiempos de espera, sino que además repercute negativamente en la fluidez del tráfico, especialmente en horas de alta demanda.

**Figura 11:** Congestión calle Catedral



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 12:35 09/10/24.

La calle Catedral, pese a su longitud considerablemente menor en comparación con Amunátegui y San Martín, alberga aproximadamente 45 locales comerciales, una cifra que resulta elevada dado lo poco que abarca. Entre estos, se encuentra una zona de patio de comidas que concentra 10 Food Trucks, los cuales requieren reabastecimiento constante por parte de vehículos DUM. Esta alta densidad comercial, en un espacio tan limitado, convierte a la calle en un punto crítico de congestión vehicular.

**Figura 12:** Concentración de locales comerciales en calle Catedral.



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 12:37 27/10/24

Otro factor determinante es la orientación horizontal de la calle Catedral, que genera intersecciones más frecuentes en comparación con calles verticales como Amunátegui y San Martín. La menor distancia entre esquinas incrementa las detenciones en el flujo vehicular, contribuyendo a un alto nivel de congestión, con un promedio de 6,1 vehículos por minuto. Estas condiciones hacen que la calle Catedral sea especialmente vulnerable al impacto de los vehículos DUM, lo que ocasiona significativas pérdidas de tiempo y dificulta la circulación diaria.

**Tabla 4.** Medición calle Catedral

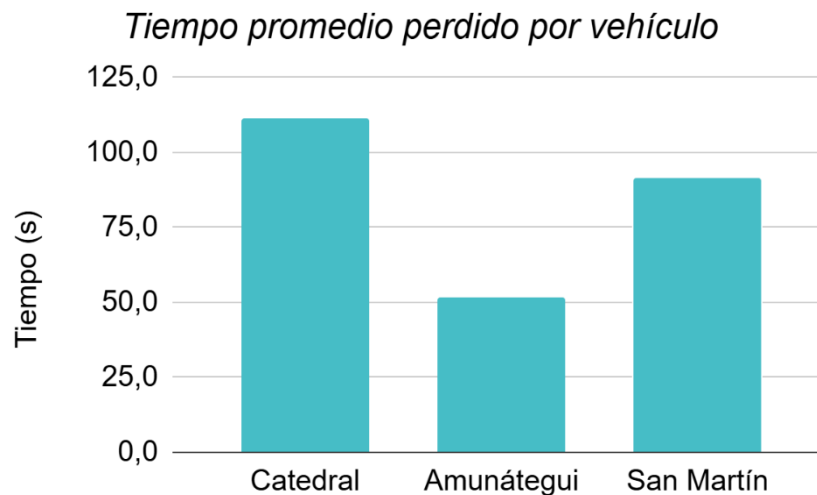
	<b>Tiempo descarga (min)</b>	<b>Tiempo perdido por auto (s)</b>	<b>Vehículos afectados</b>
Suma	326	1112	1931
Promedio	32,6	111,2	193,1

La calle Catedral muestra el mayor impacto entre las vías evaluadas, con un análisis realizado sobre 10 vehículos DUM. Estos vehículos permanecen estacionados durante un promedio de 33 minutos, afectando a aproximadamente 193 vehículos que transitan en ese periodo y generando una pérdida promedio de 111 segundos por vehículo. En total, esto equivale a 6 horas de tiempo perdido en el tráfico público y privado por cada vehículo DUM. A pesar de contar con un menor volumen de vehículos en circulación en comparación con la calle San Martín, Catedral se destaca como la vía con mayor congestión vehicular atribuida a la presencia de vehículos DUM.

### 5.3.5 Análisis de datos

A continuación, se presenta un análisis gráfico de los datos obtenidos, permitiendo visualizar y comparar de manera clara el impacto de las actividades de carga y descarga de las variables medidas en cada una de las calles estudiadas.

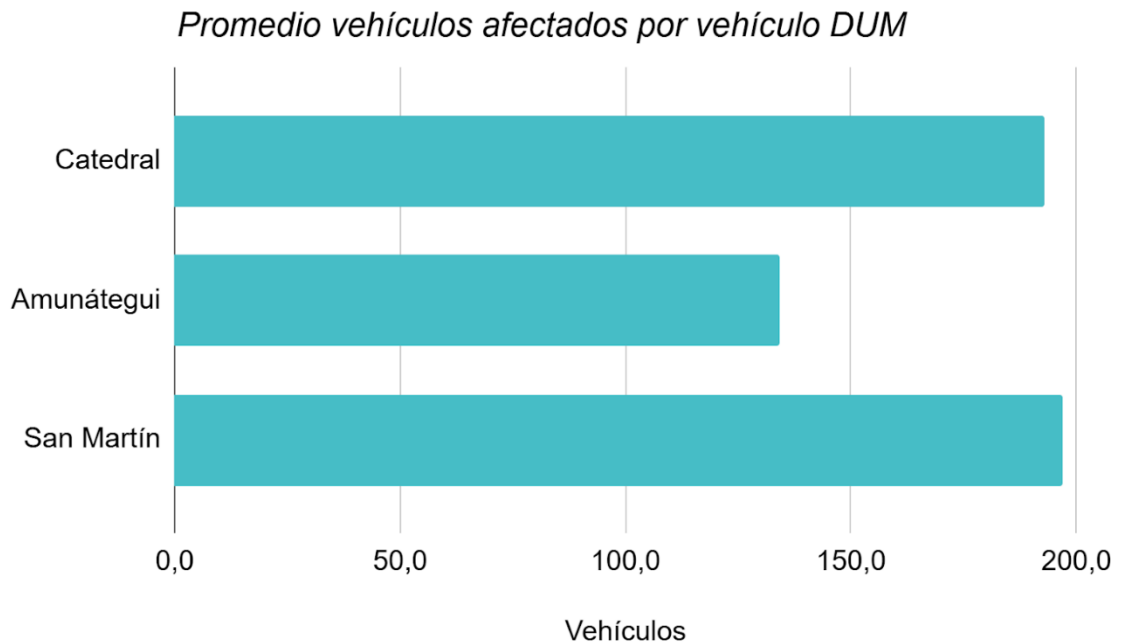
**Figura 11:** Tiempo que pierden los vehículos en promedio según la calle.



Los resultados muestran una pérdida importante de tiempo por vehículo debido a las actividades de carga y descarga en las calles evaluadas. La calle Catedral presenta el mayor impacto con 111,2 segundos, lo que refleja la gravedad del problema en una vía más angosta, con alta densidad comercial y tráfico constante. San Martín registra 91,4 segundos, una cifra considerable pero menor, en donde la gran cantidad de transporte público y maquinaria por los proyectos de construcción juegan un papel importante.

Finalmente, Amunátegui muestra la menor pérdida de tiempo con 51,9 segundos, atribuido a que posee menor cantidad de locales comerciales y menor cantidad de transporte público.

**Figura 12:** Cantidad de vehículos promedio afectados por vehículos DUM



El análisis muestra que las calles San Martín (197 vehículos afectados) y Catedral (193 vehículos afectados) tienen un flujo vehicular similar en términos de impacto por vehículos DUM. Amunátegui, por su parte, afecta a menos vehículos (134), lo cual se explica porque los vehículos DUM permanecen estacionados un promedio de 23 minutos, frente a los 33 minutos en Catedral y los 31 en San Martín. Esto nos indica que proporcionalmente, las tres calles tienen un impacto cercano a 190 vehículos afectados en promedio, sin embargo, la diferencia radica en el tiempo que el tránsito permanece detenido, en donde Amunátegui registra 52 segundos, aproximadamente la mitad de Catedral (111 segundos) y San Martín (91 segundos), lo que nos revela que independientemente del flujo vehicular, existen calles a las que les afecta mucho más la DUM que a otras. Características como el ancho de la calle, infraestructura vial y tipo de tránsito son factores decisivos en el impacto que tendrá la DUM en la calle.

Los datos recopilados muestran el fuerte impacto que generan los vehículos de carga y descarga (DUM) en la movilidad urbana de la comuna, afectando a peatones, transporte privado, transporte público y ciclistas. Para los peatones, el problema surge cuando los vehículos de la DUM, al no encontrar espacios adecuados de estacionamiento, se suben a las veredas para realizar sus entregas, comprometiendo la seguridad de los transeúntes y obstruyendo las aceras. En el caso del transporte privado y público, estos vehículos frecuentemente ocupan los carriles de tránsito, bloqueando el flujo y generando congestión prolongada. Esto no solo retrasa el desplazamiento, sino que también aumenta el estrés en la movilidad cotidiana y reduce la eficiencia del transporte en la comuna.

**Figura 15:** Vehículo DUM obstruyendo el paso peatonal.



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 11:39 03/10/24.

#### **5.4 CAMBIO EN LA NORMATIVA**

La propuesta normativa para mitigar el impacto de las actividades de carga y descarga busca recomendar una reestructuración en los horarios y ubicaciones de carga y descarga de mercancías en Santiago Centro para mejorar la fluidez vehicular y reducir el impacto de estas actividades en la congestión. Actualmente, la carga y descarga ocurren a todas horas del día, en donde lo preocupante son las horas de alta demanda y

en calles céntricas que ya sufren una elevada densidad vehicular, lo que aumenta los tiempos de espera del transporte público y privado. El planteamiento de este objetivo es, en primer lugar, analizar la viabilidad de restringir el estacionamiento de los vehículos DUM en calles con gran afluencia de vehículos en ciertos horarios, permitiendo que estos se estacionen en calles con poco flujo vehicular. Esto ayudaría a disminuir significativamente los cuellos de botella generados por el transporte de carga durante el día. En caso de que las empresas logísticas no deseen asumir el tiempo adicional o el posible costo asociado al uso de estas alternativas, podrían programar sus entregas en horarios con menor congestión vehicular, optimizando el flujo en las vías principales.

#### **5.4.1 Fiscalización del Estacionamiento Irregular de Vehículos DUM**

Antes de implementar cualquier cambio normativo que busque ordenar y reubicar las operaciones de carga y descarga hacia calles de menor flujo vehicular, es fundamental asegurar el cumplimiento efectivo de la normativa vigente. Actualmente, se observa una alta incidencia de vehículos DUM estacionados en lugares no permitidos. Durante el trabajo de campo, se detectó con frecuencia que estos vehículos se detienen en zonas prohibidas como veredas, pasos peatonales, doble fila e incluso esquinas cercanas a semáforos, generando serios conflictos tanto para la movilidad vehicular como para la seguridad de los peatones.

La fiscalización debe entenderse como un elemento clave para reforzar cualquier modificación normativa, ya que constituye un mecanismo de control frente a la posible resistencia de algunos actores logísticos. En este sentido, se propone incluir en la regulación un componente sancionatorio claro ante el incumplimiento de las zonas y horarios autorizados para el estacionamiento de vehículos de carga. Esta fiscalización podría fortalecerse mediante un incremento en los patrullajes municipales, así como con el uso de tecnologías como cámaras con reconocimiento de patentes en puntos críticos, que permitan detectar infracciones en tiempo real y de forma sistemática.

#### **5.4.2 Uso de Calles Aledañas para Estacionamiento Estratégico**

En caso de establecer restricciones horarias para el estacionamiento de vehículos de carga, algunas empresas de reparto podrían verse obligadas a realizar entregas justamente durante esos periodos restringidos, debido a limitaciones logísticas que, de no cumplirse, generarían ineficiencias operativas y mayores costos. Por ello, una de las medidas más prácticas y de bajo costo para mitigar la congestión vehicular en zonas comerciales de Santiago consiste en redirigir el estacionamiento de vehículos DUM hacia calles aledañas con menor flujo vehicular. Esta estrategia busca liberar las calles principales de obstrucciones durante las horas punta, disminuyendo los cuellos de botella y mejorando la fluidez del tránsito.

La propuesta busca habilitar calles cercanas a las zonas comerciales para facilitar las operaciones de carga y descarga fuera de las áreas más concurridas, permitiendo que los trabajadores transporten los productos a los locales utilizando carritos de carga. Esta normativa posee varias características que la diferencian de otras alternativas que fueron vistas en el estado del arte las cuales son:

- **Liberación Vías Congestionadas:** Al restringir el estacionamiento de los vehículos DUM en calles congestionadas, su impacto directo sobre la congestión se reduce a cero. Aunque los vehículos seguirán transitando por estas vías, supone un cambio radical en la fluidez del tráfico durante las horas punta.
- **Impacto Inmediato:** La implementación de esta normativa genera resultados inmediatos, ya que elimina la obstrucción causada por los vehículos DUM en carriles congestionados. A diferencia de alternativas como los Centros Urbanos de Consolidación o micro hubs logísticos, esta medida no requiere inversiones importantes en infraestructura ni largos procesos de planificación y ejecución.
- **Mejora en la Percepción Ciudadana:** La reducción de camiones estacionados en áreas de alta circulación aumenta la comodidad de peatones y ciclistas, mejora la experiencia de los conductores y proyecta una imagen más ordenada y menos saturada de las calles principales.

- **Uso Óptimo de Espacios Públicos:** Las calles aledañas suelen contar con menor densidad de flujo vehicular y menor flujo peatonal, por lo que habrá un mejor uso de los espacios públicos.

Para que esta medida sea efectiva, se deben cumplir ciertas condiciones con el fin de obtener los mejores resultados posibles:

- **Proximidad:** Las calles aledañas deben estar a una distancia caminable para los transportistas y garantizar que los tiempos adicionales tengan la menor cantidad de impactos negativos en las operaciones comerciales.
- **Infraestructura:** Es importante que las veredas estén en buen estado para que las áreas sean adecuadas para los carritos de carga, especialmente en horarios de alto tránsito peatonal como las cercanas a las horas de almuerzo, ya que es importante que estén todas las veredas de las calles habilitadas para que el flujo peatonal sea el adecuado.
- **Flexibilidad operativa:** La regulación debe considerar una amplia variedad de calles alternativas, con el objetivo de ofrecer un gran abanico de opciones a las empresas logísticas, para que puedan hacer lo más eficiente posible sus entregas.
- **Seguridad:** A la empresa logística lo último que quiere es que se les robe, por lo que se les debe dar la tranquilidad de que en estos tramos extra que se harán con la yegua de carga no se les robará. Por suerte estas calles circundantes a la moneda y otras instituciones del estado, además de las marchas que obligan a la constante necesidad de que haya carabineros en la zona.

Al asegurar proximidad, infraestructura adecuada, flexibilidad operativa y seguridad en las calles alternativas propuestas, esta normativa no solo facilita la transición hacia un modelo más eficiente de gestión de carga y descarga, sino que también contribuye a la percepción positiva de los ciudadanos y las empresas hacia la medida, reforzando su viabilidad a largo plazo.

**Figura 16:** Reparaciones obstruyendo el paso peatonal.



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 11:59 02/10/24.

Como se ha señalado, la proximidad de las calles es un aspecto clave en esta nueva normativa. Es fundamental identificar vías cercanas a los locales comerciales que además presenten niveles reducidos de congestión vehicular, permitiendo así su uso como estacionamiento alternativo para los vehículos DUM. Las calles propuestas, que cumplen con estos requisitos, son las siguientes:

- Para San Martín: Moneda, Compañía de Jesús, Nueva San Martín, Santo Domingo, Pasaje Vicuña Subercaseaux.
- Para Catedral: San Martín (específicamente en los estacionamientos habilitados), Doctor Sótero del Río, Morandé, Pasaje Jorge Hunneus.
- Para Amunátegui: Santo Domingo, Pasaje San Pablo, Bombero Salas, Compañía de Jesús.

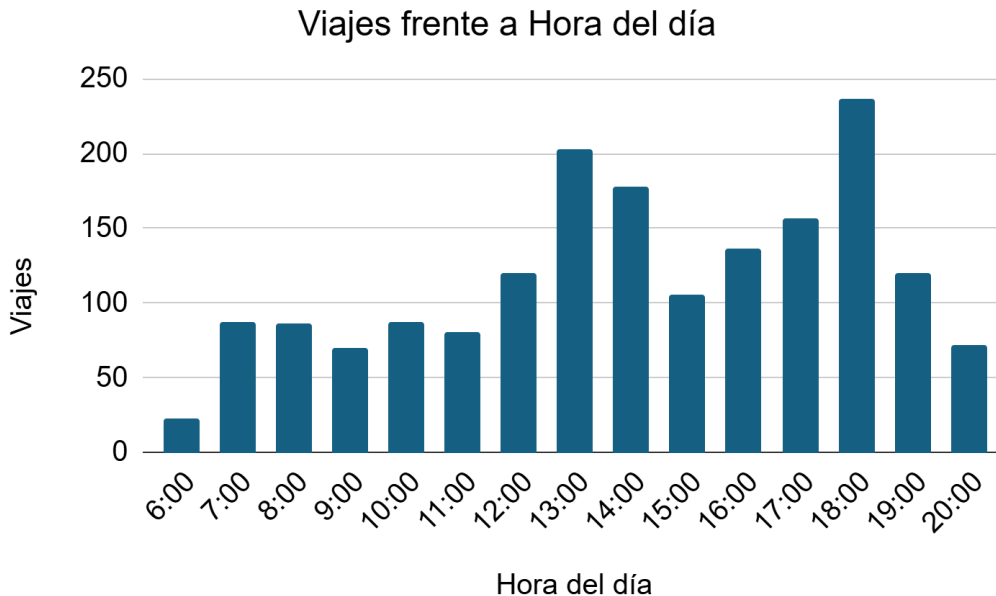
**Figura 17:** Calle Compañía de Jesús en horario punta.



**Nota:** Fotografía tomada durante el estudio de campo. 12:30 08/10/24.

Es fundamental determinar los horarios en los que se implementarán estas restricciones, priorizando aquellos con mayores niveles de congestión vehicular. Identificar estos periodos críticos asegura que las medidas propuestas se enfoquen en los momentos de mayor impacto para maximizar su efectividad y minimizar las interrupciones a las operaciones logísticas.

**Figura 18:** Cantidad de viajes según horario.



**Nota:** Extraído del reporte de movilidad UC. Disponible en: <https://www.ing.uc.cl/transporte-y-logistica/vinculacion-con-el-medio/reporte-de-movilidad/>

Como se aprecia en el gráfico, en la comuna de Santiago los picos de congestión vehicular, que impactan directamente las actividades de carga y descarga, se concentran principalmente al mediodía (13:00-14:00) y en la tarde (17:00-18:00). Durante estos intervalos, el incremento en el flujo de trabajadores y estudiantes genera demoras significativas, dificultando las maniobras de carga y descarga en zonas céntricas y comerciales, incluidas las calles evaluadas en este estudio. A partir de estos datos, se propone restringir las actividades de estacionamiento y operaciones DUM exclusivamente durante estos periodos críticos para minimizar su impacto en la congestión vehicular.

En definitiva, este cambio normativo representa una solución rápida y de bajo costo que aborda de manera contundente el problema del estacionamiento de vehículos DUM en calles congestionadas. La solución elimina completamente el impacto directo de estos vehículos sobre el tráfico al evitar que se estacionen en las calles estudiadas. Sin embargo, también introduce ciertos desafíos que deben considerarse, entre ellos destaca

la pérdida de tiempo para las empresas logísticas al requerir que sus trabajadores transporten mercancías mediante carritos de carga y la seguridad de estos, así como el uso intensivo de las veredas, que podría generar inconvenientes para los peatones, especialmente en zonas donde el espacio es limitado. Además, la medida obliga a las empresas a reprogramar sus rutas y horarios de entrega para adaptarse a las nuevas normativas en estas calles específicas, lo que puede implicar un ajuste operativo al principio. Sin embargo, estas dificultades son manejables frente a los beneficios significativos que aporta, como la reducción de la congestión y una mejor utilización de los espacios públicos.

Esta solución se presenta como una opción óptima para abordar las necesidades particulares de la comuna de Santiago, ya que combina viabilidad económica, beneficios sociales y simplicidad en su implementación.

#### **5.4.3 Off-hour deliveries**

Si bien es una solución de coste alto, barajar la implementación de entregas fuera de las horas punta presenta importantes beneficios. Esta estrategia, probada con éxito en diversas partes del mundo, ha demostrado su capacidad para reducir significativamente la congestión vehicular y mejorar la calidad de vida urbana. Las "entregas fuera de horas punta" (off-hour deliveries) se refiere a aquellas que se realizan en horarios de baja congestión vehicular o fuera de los horarios comerciales convencionales. Estas suelen programarse durante la tarde, noche o madrugada, a menudo comenzando entre las 18:00 y las 22:00 horas y extendiéndose hasta las 6:00 o 10:00 de la mañana. En distintos estudios sobre distribución urbana en ciudades, se ha observado que una proporción baja de entregas se realiza en estas franjas horarias debido a factores como las restricciones municipales en muchas zonas urbanas, que buscan minimizar el ruido en horas nocturnas. También, las preferencias de los receptores de mercancías suelen inclinarse hacia la recepción en horarios de trabajo convencionales, evitando así costos adicionales en seguridad o personal extra.

Se ha propuesto que una mayor proporción de entregas fuera de horas punta podría aliviar la congestión vehicular durante los momentos de más tráfico. De hecho, los beneficios de estas entregas se pusieron a prueba en eventos de gran escala, como los

Juegos Olímpicos en diversas ciudades, donde las entregas nocturnas ayudaron a reducir el tráfico diurno. Además de aliviar la congestión, este tipo de entregas puede optimizar el consumo de combustible y el tiempo de los transportistas al evitar los embotellamientos de las horas punta, lo que contribuye también a una reducción en las emisiones contaminantes y a beneficios sociales adicionales.

Sin embargo, no existe un consenso claro sobre los beneficios de las entregas fuera de horas punta en términos de seguridad vial. Aunque desplazar los camiones a horarios menos concurridos reduce el riesgo de accidentes con otros usuarios vulnerables de la vía, la fatiga del conductor es un factor para considerar en este tipo de operaciones.

En el contexto de Santiago, la realidad y necesidades locales presentan algunas diferencias significativas en comparación con aquellas de grandes ciudades como Nueva York. Aquí, los incentivos económicos para que los negocios implementen turnos nocturnos de recepción son poco factibles. Por ello, la propuesta en este caso se orienta a una regulación en los horarios de carga y descarga en los períodos de mayor tráfico, en lugar de incentivar entregas fuera de los horarios laborales. Sin embargo, si existiera un sustento económico adecuado, esta alternativa podría ser altamente beneficiosa para la comuna, al tener un impacto positivo directo en los transeúntes, ciclistas, y en el transporte público y privado.

## 5.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica de las restricciones en las operaciones de carga y descarga en las calles seleccionadas se centra en comparar los beneficios sociales derivados de estas restricciones con los costos privados que las empresas enfrentarían. De manera que se pone en una balanza cada uno, para evaluar la factibilidad de la nueva normativa.

### 5.5.1 Cálculo de Costo Social por Calle

El Ministerio de Desarrollo Social y Familia publica anualmente un informe que evalúa los precios sociales, y este documento es de gran utilidad para estimar el costo social asociado a las operaciones de carga y descarga. Según el reporte anual de 2024, el valor social del tiempo para los viajes de los chilenos se estima en 3.114 CLP por hora-persona, lo que servirá como base para calcular el costo social del tiempo perdido debido a estas operaciones en Santiago.

El costo social se calculará sumando los tiempos de maniobrabilidad de cada vehículo al tiempo total en taco. Estos tiempos se convertirán en un valor económico, basado en el valor social del tiempo perdido. Esta conversión permite obtener una medida cuantificable del impacto social que generan las operaciones de carga y descarga.

$$\text{Costo social} = (V * (T)) * CT$$

$$V = \text{Número total de vehículos afectados}$$

$$T = \text{Tiempo en Taco promedio}$$

$$CT = \text{costo social del tiempo}$$

Para ilustrar el impacto económico de estas operaciones en términos sociales, se han seleccionado tres calles clave de Santiago en las que se realizan frecuentemente operaciones de carga y descarga: San Martín, Catedral y Amunátegui. A continuación, se detallan los cálculos de costo social para cada una de estas calles, basados en datos promedio de vehículos afectados y tiempos de detención y maniobrabilidad.

Calle San Martín

- *Vehículos Afectados* = 197
- *Tiempo de Perdido* = 91,4 s
- *Costo Social por hora* = 3.114 CLP/h
- *Costo Social Total* = **15.733 CLP**

#### Calle Catedral

- *Vehículos Afectados* = 193,1
- *Tiempo de Perdido* = 111,2 s
- *Costo Social por hora* = 3.114 CLP/h
- *Costo Social Total* = **20.134 CLP**

#### Calle Amunátegui

- *Vehículos Afectados* = 134,5
- *Tiempo de Perdido* = 51,9
- *Costo Social por hora* = 3.114 CLP/h
- *Costo Social Total* = **6.099 CLP**

Estos resultados ponen en evidencia el significativo impacto social y económico que tienen las operaciones de carga y descarga en las calles de Santiago. Calles de mayor tráfico, como Catedral, muestran un costo social considerablemente más alto debido al aumento en el tiempo promedio de congestión en comparación con otras vías. Este análisis reafirma la necesidad de normativas que regulen y optimicen los horarios de carga y descarga, permitiendo disminuir estos costos sociales y mejorar la eficiencia del tráfico urbano.

### 5.5.2 Costo Privado

Para evaluar el costo privado adicional asociado a las operaciones de Distribución Urbana de Mercancías (DUM) al trasladar las actividades de carga y descarga a calles aledañas en la comuna de Santiago, se estima el tiempo y los recursos adicionales requeridos en términos de horas-hombre y uso del vehículo. Este cálculo considera el

tiempo promedio necesario para estacionarse en zonas cercanas a las calles evaluadas y el desplazamiento hasta el destino final con una yegua de carga.

- Tiempo para estacionarse: En Santiago Centro, el tiempo promedio para encontrar estacionamiento en áreas de alta demanda, como las estudiadas en este informe, es de aproximadamente 8,1 minutos. Este tiempo puede variar ligeramente según la densidad comercial y la afluencia de oficinistas en cada zona (Sara & Crotte, 2020).
- Tiempo caminata: Para recorrer hasta dos cuadras con una yegua de carga, considerando factores como el peso, el cuidado al manejar el carro y las interrupciones causadas por semáforos o peatones, se estima un tiempo promedio de 6 minutos (ida y vuelta) para completar el trayecto desde el vehículo estacionado hasta el punto de descarga, este tiempo depende de múltiples factores, por lo que es un mero estimado un poco pesimista para abarcar la mayoría de las posibilidades.
- Costo de estacionamiento: Los estacionamientos cercanos a las calles evaluadas tienen un costo promedio de 3,000 CLP por hora (Saba, 2024).
- Costo Horas hombre:
  - Conductor de camión: En Santiago, el salario promedio de un conductor de camión con licencia A4 es de entre 650,000 y 750,000 CLP mensuales, lo que equivale a 3,888 CLP por hora para una jornada laboral de 45 horas semanales (Chile Trabajos, 2024).
  - Ayudante de bodega: Encargado de labores de descarga, con un salario de entre 500,000 y 600,000 CLP mensuales, se calcula un costo de 3,055 CLP por hora (Indeed, 2024).
- Costo Vehículo DUM: Según un estudio de la Subsecretaría de Transportes y Steer, (2020), el costo operativo de un vehículo de última milla es de aproximadamente 10,000 CLP por hora, que tiene en cuenta. Para este cálculo, se excluye el costo de combustible, equivalente a un 40% del costo total, ya que este costo es para un vehículo en funcionamiento, resultando en un valor ajustado de 6,000 CLP por hora.

### Cálculo del Costo Privado Total

$$\text{Tiempo para Estacionarse} = 8,1 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo Caminata} = 6 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo Adicional Total} = 14,1 \text{ min} = 0,235 \text{ h}$$

$$\text{Costo Estacionamiento} = 3.000 \text{ CLP/h} * 0,235 \text{ h} = 705 \text{ CLP}$$

$$\text{Costo Horas Hombre} = (3.888 \text{ CLP/h} + 3.055 \text{ CLP/h}) * 0,235 \text{ h} = 1.632 \text{ CLP}$$

$$\text{Costo Vehículo DUM} = 6.000 \text{ CLP/h} * 0,235 \text{ h} = 1.410 \text{ CLP}$$

$$\text{Costo Privado Total} = 3.747 \text{ CLP}$$

### 5.5.3 Costo Social vs Costo Privado

El propósito principal de este estudio es comparar los costos privados que las empresas asumirían al realizar operaciones de carga y descarga en calles aledañas menos congestionadas con los costos sociales que se generan cuando los vehículos se detienen en vías concurridas, como Amunátegui, San Martín y Catedral. Este análisis busca demostrar que el impacto económico y social que recae sobre la comunidad es significativamente mayor que el costo que las empresas asumirían al operar en condiciones menos disruptivas para la circulación.

En términos cuantitativos, los resultados indican que el Costo Privado Total estimado de realizar las operaciones en calles alternativas o en horarios de menor afluencia asciende a aproximadamente 3.747 CLP. Comparado con esto, los costos sociales derivados de la congestión y el tiempo perdido por otros usuarios son considerablemente más altos en las calles estudiadas:

$$\text{Costo Privado Total} = 3.747 \text{ CLP}$$

$$\text{Costo Social Amunátegui} = 6.099 \text{ CLP}$$

$$\text{Costo Social San Martín} = 15.733 \text{ CLP}$$

$$\text{Costo Social Catedral} = 20.134 \text{ CLP}$$

Estos datos evidencian que, en el caso de Amunátegui, el costo social es casi el doble del costo privado de estacionarse en una calle aledaña y, en calles más congestionadas, como San Martín y Catedral, los costos sociales son cuatro y cinco veces mayores, respectivamente. Con esta abismal diferencia entre los gastos que incurre la sociedad a propósito del estacionamiento egoísta por parte de las empresas logísticas, confirman la factibilidad y necesidad de aplicar una normativa que evite el estacionamiento de los vehículos DUM en calles congestionadas, en busca de un gran beneficio social que obliga a las empresas a incurrir en un pequeño gasto monetario. Así, la implementación de estrategias que promuevan un uso eficiente del espacio urbano reduciría las pérdidas de tiempo para la comunidad y el estrés que genera transitar en horarios punta.

## 6. CONCLUSIONES

El estudio aborda los efectos de las operaciones de Distribución Urbana de Mercancías (DUM) sobre la movilidad en la comuna de Santiago, particularmente en calles clave como Amunátegui, San Martín y Catedral, donde la alta frecuencia de actividades de carga y descarga genera congestión vehicular significativa y un deterioro de la infraestructura vial. El estudio fue impulsado por la necesidad de desarrollar estrategias que mitiguen estos impactos, mejorando la movilidad urbana en estas zonas de alta demanda, teniendo el mínimo impacto posible en la eficiencia de las actividades de carga y descarga.

Para cumplir con el objetivo principal de proponer soluciones que disminuyan el impacto de la DUM en la congestión vehicular, primero se identifican y cuantifican los problemas específicos, entre los que destacan los embotellamientos prolongados y el desgaste acelerado de la infraestructura, especialmente en calles que soportan gran parte de la carga logística de Santiago. A partir de observaciones en terreno y de la recolección de datos en horarios punta, se evidenció que el estacionamiento de vehículos de carga en zonas de alto flujo aumenta el tiempo de viaje de los vehículos públicos y privados, lo que se traduce en una mayor pérdida económica en términos de horas de trabajo o de ocio y afectación al bienestar de los transeúntes y conductores.

El análisis del estado actual de la DUM permitió documentar la magnitud del impacto negativo que tiene la falta de ordenamiento en las operaciones de carga y descarga. Se observó que los vehículos de carga ocupan espacios estratégicos en momentos de alta demanda, lo cual genera un aumento en los tiempos de desplazamiento y ocasiona conflictos entre peatones, transporte público y transporte privado. En las calles estudiadas, la intensidad del tráfico y la presencia de semáforos exacerbaban la situación, con vehículos de carga detenidos durante un promedio de 30 minutos, afectando el flujo vehicular y ocasionando retrasos significativos para el transporte privado y público.

Además, una dimensión que podría haberse incluido en este análisis es la cuantificación del impacto ambiental asociado a las operaciones DUM. Las actividades de carga y descarga, al generar mayores tiempos de tránsito y detener el flujo vehicular

en calles congestionadas, incrementan las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales como el dióxido de nitrógeno y partículas finas. Incorporar mediciones de emisiones relacionadas con los tiempos de espera de los vehículos y las desviaciones generadas por los DUM habría permitido evaluar de manera más consistente no solo los costos sociales en términos de tiempo perdido, sino también los costos ambientales que impactan directamente en la calidad de vida de los habitantes de Santiago. Este análisis complementario habría reforzado aún más la justificación para implementar regulaciones que reduzcan la congestión vehicular y promuevan prácticas logísticas más sostenibles.

La evaluación económica de los costos sociales y privados asociados a estas operaciones arrojó información relevante para la toma de decisiones en políticas públicas. Se calculó el costo social en términos de tiempo perdido y se observó que el impacto negativo de la congestión en estas zonas representa un costo considerable para la comunidad. El costo social estimado debido a los retrasos inducidos por la DUM es elevado por cada evento de carga en horas punta. A la par, se calculó el costo privado que implicaría implementar una medida de reubicación de donde se estacionan vehículos de carga, hacia calles aledañas o la ejecución de estas actividades en horarios menos concurridos, dependiendo de la conveniencia de la empresa.

En comparación con el costo social, el costo privado de realizar operaciones de carga en calles cercanas o en horarios con menos flujo vehicular es significativamente menor. La estimación de los costos privados, que incluye horas hombre adicionales, el uso prolongado de vehículos y el pago de estacionamiento cercano, muestra que estos costos son sustancialmente inferiores al costo social que genera la congestión actual. Por ejemplo, la suma del tiempo necesario para estacionarse y realizar la descarga con una yegua de carga a media cuadra de distancia alcanza un costo adicional de solo 3.747 CLP por evento, en contraste con el alto costo social derivado de los retrasos acumulados de varios vehículos en las calles principales que asciende a 20.134 CLP en la calle Catedral.

El hecho de ejercer un negocio privado, subsidiado o apalancado con el tiempo de los demás, constituye una distorsión significativa del mercado que afecta tanto la equidad

como la eficiencia en la utilización de recursos públicos y privados. En otras palabras, este tipo de prácticas generan externalidades negativas al trasladar parte del costo operativo de las empresas hacia la sociedad en su conjunto. Tal externalidad no solo reduce el bienestar de los usuarios afectados por los retrasos, sino que también desincentiva la búsqueda de soluciones más eficientes y sostenibles por parte de los operadores logísticos.

Desde una perspectiva económica, las distorsiones del mercado como esta suelen corregirse mediante instrumentos regulatorios o fiscales, como impuestos que internalicen los costos sociales de las operaciones privadas. En este contexto, se propone para gestionar la DUM, el hecho de prohibir el estacionamiento de vehículos de carga en momentos críticos de tráfico en ciertas calles y obligar a los transportistas a asumir los costos reales asociados con su operación. Esto podría incluir adicionalmente, por ejemplo, el pago de tarifas por el uso de espacios públicos estratégicos o la implementación de medidas que fomenten la eficiencia operativa, como la consolidación de carga o el uso de vehículos más adecuados para entornos urbanos.

La internalización de los costos reales por parte de los transportistas no sólo promovería un uso más racional y eficiente de la infraestructura urbana, sino que también incentivaría a las empresas a innovar en sus modelos de distribución, adaptándose a las restricciones y necesidades locales. Esto, a su vez, reduciría la carga sobre los recursos compartidos, como las calles y el tiempo de los demás, promoviendo una mayor armonía entre las actividades logísticas y las dinámicas urbanas.

En última instancia, este enfoque busca garantizar que las empresas de transporte asuman la responsabilidad total de sus operaciones y que los costos no recaigan injustamente en la sociedad. Al corregir esta distorsión, no solo se fomenta una competencia más justa entre los actores del mercado, sino que también se avanza hacia un modelo de movilidad urbana más equitativo y sostenible, donde todos los usuarios, desde peatones hasta operadores logísticos, se beneficien de un entorno urbano más ordenado y funcional.

La implementación de estas medidas puede realizarse de forma gradual, a través de fases piloto que comiencen por las calles más afectadas. Estas medidas incluyen, principalmente, el traslado de las operaciones de carga y descarga hacia calles aledañas o con menor flujo vehicular durante las horas punta. Fuera de estos horarios, las operaciones podrían mantenerse como hasta ahora, con la salvedad de que debe reforzarse la fiscalización respecto a cómo y dónde se estacionan los vehículos DUM. Tal como se evidenció en el estudio, es frecuente que estos vehículos se estacionen en lugares indebidos, como sobre la vereda, en doble fila, en pasos peatonales o en esquinas próximas a semáforos, lo cual infringe la normativa vigente y agrava los problemas de seguridad y movilidad. Para abordar este escenario, las empresas logísticas deben ser notificadas sobre los cambios operativos y los nuevos horarios permitidos en las calles intervenidas. En los casos en que no sea viable modificar el horario de entrega, se exigirá que el estacionamiento se realice en sectores menos congestionados, utilizando medios alternativos como yeguas de carga para completar el trayecto hasta el punto de entrega sin interferir directamente en las zonas más sensibles del flujo vehicular. La fiscalización de estas medidas deberá apoyarse en un aumento de los patrullajes municipales y en el uso de tecnologías como cámaras con reconocimiento de patentes, que permitan detectar infracciones en tiempo real y asegurar el cumplimiento tanto de la normativa vigente sobre estacionamiento como de las nuevas disposiciones que se implementen.

En conclusión, los resultados indican que la implementación de estrategias para reubicar las actividades de carga y descarga a calles aledañas o en horarios menos congestionados resulta altamente viable y eficiente desde una perspectiva de costos. Si bien representa un costo adicional para las empresas, este es marginal en comparación con los beneficios sociales que se obtendrían al reducir la congestión vehicular en el centro de Santiago. La regulación de estas actividades con un control en horarios y ubicaciones estratégicas permitiría un equilibrio que beneficiaría tanto a la comunidad como a los operadores logísticos, ya que todos se beneficiarían de una movilidad urbana más sustentable y fluida. Estas recomendaciones apuntan a mejorar la convivencia entre las actividades logísticas y la vida urbana en Santiago, minimizando los conflictos derivados de la DUM y promoviendo una ciudad más accesible y eficiente.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

AECOC. (2020, Julio 7). Los impactos nocivos del transporte urbano en España suponen un coste económico del 2% sobre el PIB. <https://www.aecoc.es/Noticias/Los-Impactos-Nocivos-Del-Transporte-Urbano-En-Espana-Suponen-Un-Coste-Economico-Del-2-Sobre-El-Pib/>, 5.

Allen, J., Browne, M., Woodburn, A., & Leonardi, J. (2014). A review of urban consolidation centers in the supply chain based on a case study approach. *Supply Chain Forum*, 15(4), 100–112. <https://doi.org/10.1080/16258312.2014.11517361>

Arilla, S. (2023, June 14). *Consolidación y desconsolidación de cargas en el almacén*. <https://www.scmlogistica.es/Consolidacion-y-Desconsolidacion-de-Cargas-En-El-Almacen/>.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (1995, enero 21). *Resolución 1 Establece Dimensiones Máximas a Vehículos que Indica*. <https://www.bcn.cl/Leychile/Navegar?IdNorma=31779>.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2023, April 29). *Resolución 1308 Exenta Prohíbe la circulación de Vehículos Motorizados en las Condiciones que Indica*. <https://www.bcn.cl/Leychile/Navegar?l=1191690&f=2023-04-29>.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2024). *Reportes estadísticos 2024 de Santiago*. [https://www.bcn.cl/Siit/Reportescomunales/Comunas\\_v.html?Anno=2024&idcom=13101](https://www.bcn.cl/Siit/Reportescomunales/Comunas_v.html?Anno=2024&idcom=13101).

Bohle, C. (2021, octubre 4). Diario Financiero: Comercio electrónico en Chile crecerá 32% a 2025, pero no opacará el rol de las tiendas físicas. <https://www.df.cl/Empresas/Retail/Comercio-Electronico-En-Chile-Crecera-32-a-2025-Pero-No-Opacara-El-Rol>.

Browne, M., Behrends, S., Woxenius, J., Giuliano, G., & Holguin, V. (2019). *Urban Logistics: Management, Policy and Innovation in a Rapidly Changing Environment* (1st ed.). <https://www.koganpage.com/product/urban-logistics-9780749478711>

Camagni, R., Gibelli, M. C., & Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological Economics*, 40(2), 199–216. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00254-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00254-3)

CEPAL. (2003). *Congestión de Tránsito: El problema y cómo enfrentarlo*. [www.issuu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks)

Chile Trabajos. (2024). *Salario o sueldo promedio de chofer*. <https://www.chiletrabajos.cl/sueldos/chofer>.

CIVITAS. (2020). *Introducing the CIVITAS Initiative*. <https://civitas.eu/about>.

Dablanc, L., Giuliano, G., Holliday, K., & O'Brien, T. (2013). Best Practices in Urban Freight Management. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2379(1), 29–38. <https://doi.org/10.3141/2379-04>

Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, & Pontificia Universidad Católica de Chile. (2012). *Reporte de Movilidad Urbana en Chile*. <https://www.ing.uc.cl/transporte-y-logistica/vinculacion-con-el-medio/reportes-de-movilidad/>.

DOWNS, A. (2004). *Still Stuck in Traffic: Coping with Peak-Hour Traffic Congestion*. Brookings Institution Press. <http://www.jstor.org/stable/10.7864/j.ctt1vjqrpt>

Dreischerf, A. J., & Buijs, P. (2022). How Urban Consolidation Centres affect distribution networks: An empirical investigation from the perspective of suppliers. *Case Studies on Transport Policy*, 10(1), 518–528. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.01.012>

Duin, J. H. R. V., Dam, T. Van, Wiegmans, B., & Tavasszy, L. A. (2016). *Understanding Financial Viability of Urban Consolidation Centres: Regent Street (London)*,

Bristol/Bath & Nijmegen. *Transportation Research Procedia*, 16, 61–80.  
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.008>

Gobierno Regional Metropolitana de Santiago. (2023). *Plan de Acción y Cartera de Proyectos*. <https://www.munistgo.cl/piimep-stgo/>

Heitz, A. (2015). *Paris, Urban Laboratory for Urban Logistics*.

Holguín-Veras, J., Sánchez-Díaz, I., & Browne, M. (2016). Sustainable Urban Freight Systems and Freight Demand Management. *Transportation Research Procedia*, 12, 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.024>

Holguín-Veras, J., Wojtowicz, J., Wang, X., Jaller, M., Ban, X., Aros, F., Campbell, S., Yang, X., Sanchez, I., Amaya, J., Gonzalez-Calderon, C., Marquis, R., Hodge, S., Maguire, T., Marsico, M., Zhang, S., Rothbard, S., Ozbay, K., Faruk Morgul, E., ... Erman Ozguven, E. (2013). *INTEGRATIVE FREIGHT DEMAND MANAGEMENT IN THE NEW YORK CITY METROPOLITAN AREA: IMPLEMENTATION PHASE*. <https://cite.rpi.edu/wp-content/uploads/USDOT-OHD-Final-Report-sm-5.pdf>

Indeed. (2024). *Sueldo de Bodeguero/a en Santiago de Chile, Región Metropolitana*. [https://Cl.Indeed.Com/Career/Bodeguero/Salaries/Santiago-de-Chile--Regi%C3%B3n-Metropolitana?From=top\\_sb](https://Cl.Indeed.Com/Career/Bodeguero/Salaries/Santiago-de-Chile--Regi%C3%B3n-Metropolitana?From=top_sb).

Land Line. (2024, May 9). New York City incentivizing businesses to move to overnight truck deliveries. *LAND LINE Magazine*. <https://landline.media/new-york-city-incentivizing-businesses-to-move-to-overnight-truck-deliveries/>

Litman, T. (2013). *Smart Congestion Relief: Comprehensive Analysis of Traffic Congestion Costs and Congestion Reduction Benefits*. [www.vtpi.org](http://www.vtpi.org)

Ministerio de Obras Públicas. (2021). *INFORME PROPOSICIONES DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO (PAM) Y ESTADO DE LA CALZADA Y BERMAS PARA CAMINOS PAVIMENTADOS DE LA RED VIAL*. [https://vialidad.mop.gob.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/pam2021\\_13.pdf](https://vialidad.mop.gob.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/pam2021_13.pdf)

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2012). *Encuestas de Movilidad*. [https://Www.Sectra.Gob.Cl/Encuestas\\_movilidad/Encuestas\\_movilidad.Htm](https://Www.Sectra.Gob.Cl/Encuestas_movilidad/Encuestas_movilidad.Htm).

Monzón, A., Babiano, M., Gómez, E., & Fernández, M. (2023). *Distribución Urbana de Mercancías*.

Moraga, E. (2016, Julio 22). Expertos proponen eliminar estacionamientos en las calles para aliviar la congestión vial. <https://www.latercera.com/pulso/expertos-proponen-eliminar-estacionamientos-en-las-calles-para-aliviar-la-congestion-vial/>

Mordor Intelligence. (2024). *Mercado de Carga y Logística de Chile: Análisis de Tamaño y Participación Tendencia de Crecimiento y Pronóstico hasta 2029*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/chile-freight-and-logistics-market>.

Muñuzuri, J., Larrañeta, J., Onieva, L., & Cortés, P. (2005). Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement. *Cities*, 22(1), 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2004.10.003>

New York City Department of Transportation, R. U. (2013). *Off-Hour Delivery In NYC*. <https://cite.rpi.edu/>.

Obregón, S., & Betanzo, E. (2015). *Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro* (Vol. 47). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212015000100004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212015000100004&lng=es&nrm=iso)

Organización Mundial de la Salud. (2018, octubre 29). *Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario*. <https://www.who.int/es/news/item/29-10-2018-more-than-90-of-the-world%E2%80%99s-children-breathe-toxic-air-every-day?>

Organización Panamericana de la Salud. (2018). *Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes*. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes?>

Quak, H. (2008). *Sustainability of Urban Freight Transport: Retail Distribution and Local Regulations in Cities*. Erasmus University Rotterdam, Erasmus Research Institute of Management. <http://hdl.handle.net/1765/11990>

Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la Lengua Española*. <https://dle.rae.es/congestionar>

Saba. (2024). *Estacionamientos en Catedral de Santiago*. <https://www.saba-chile.cl/es/parking-catedral-santiago>.

Sara, E., & Crotte, A. (2020, April 13). La pesadilla de buscar estacionamiento, sobre la mesa. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/la-pesadilla-de-buscar-estacionamiento-sobre-la-mesa/>.

SimpliRoute. (2023, March 8). Estudios SimpliRoute: Entregas en Santiago de Chile son un 30% más lentas a causa del tráfico vehicular. <https://simpliroute.com/es/blog/estudio-traffic-vehicular-santiago-de-chile>.

Sistema Nacional de Inversiones. (2024). *Precios Sociales*. [www.sni.gob.cl](http://www.sni.gob.cl)

Subsecretaría de Transportes, & Steer. (2020). *Actualización de Modelo de Costos de Transporte de Carga para el Análisis de Costos Logísticos del Observatorio Logístico*. <https://www.subtrans.gob.cl/wp-content/uploads/2020/09/Actualizacio%CC%81n-de-Modelo-de-Costos-de-Transporte-de-Carga-para-el-Ana%CC%81lisis-de-Costos-Logi%CC%81sticos-del-Observatorio-Logi%CC%81stico.pdf>

Taniguchi, E. (2014). Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 151, 310–317. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.029>

Thiemermann, A., Holthaus, T., Mayregger, P., & Leerkamp, B. (2024). *Locations of LTL-logistics service providers as urban consolidation centers in Western Germany*. <https://doi.org/10.26128/2024.4>

Thomson, Ian., & Bull, Alberto. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Naciones Unidas, Comisión Económica para

América Latina y el Caribe, División de Recursos Naturales e Infraestructura, Unidad de Transporte.

Tomtom. (2024). *Santiago Traffic*. <https://www.Tomtom.Com/Traffic-Index/Santiago-Traffic/>.

Transportation Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual 2010*. Knovel.

Padam Mobility. (26 de 07 de 2019). Padam Mobility. Obtenido de <https://www.padam-mobility.com/es/temas/movilidad-urbana-una-vision-general-de-las-nuevas-formas-de-transporte>

## Glosario

- **Carga y descarga:** Actividades logísticas relacionadas con la transferencia de mercancías desde un vehículo de transporte hasta un destino final o intermedio, o viceversa.
- **Centros Urbanos de Consolidación (CUC):** Instalaciones logísticas ubicadas en las periferias de las ciudades, diseñadas para agrupar y organizar mercancías antes de su distribución final en áreas urbanas.
- **Congestión vehicular:** Situación de tráfico en la que la demanda de uso de las vías excede su capacidad, resultando en una disminución de la velocidad promedio de los vehículos y un aumento de los tiempos de viaje.
- **Costo social:** Impacto económico, ambiental y social generado por actividades humanas, como la congestión vehicular o la contaminación, y que no es asumido directamente por los actores responsables de dichas actividades.
- **Distribución Urbana de Mercancías (DUM):** Proceso logístico de transporte y entrega de bienes dentro de áreas urbanas, generalmente enfocado en satisfacer las necesidades de consumidores y negocios en zonas de alta densidad poblacional.
- **Emisiones contaminantes:** Subproductos del uso de combustibles fósiles en vehículos de transporte, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y partículas finas (PM2.5), que impactan negativamente en la calidad del aire y la salud pública.
- **Microhub logístico:** Pequeña instalación logística dentro de la ciudad utilizada para consolidar y redistribuir mercancías, generalmente con el objetivo de realizar entregas de última milla de manera más eficiente.
- **Nivel de congestión:** Clasificación que indica la intensidad del flujo vehicular en una calle o área determinada, con categorías como bajo, medio y alto, dependiendo de la cantidad de vehículos por minuto que transitan.
- **Normativa de acceso vehicular:** Conjunto de reglas y regulaciones diseñadas para controlar y limitar la circulación de vehículos en áreas urbanas, con el fin de reducir la congestión y mejorar la calidad del aire.
- **Partículas finas (PM2.5):** Partículas microscópicas en suspensión en el aire, con un diámetro menor a 2.5 micrómetros, que pueden penetrar profundamente en los pulmones y causar problemas respiratorios y cardiovasculares.

- Precio social del tiempo: Valor económico atribuido al tiempo de las personas, utilizado para calcular los costos sociales derivados de actividades como la congestión vehicular o el tiempo de espera.
- Transporte público: Sistema de movilidad urbana que incluye buses, micros, taxis y otros vehículos destinados al traslado colectivo de personas dentro de una ciudad.
- Vehículo de distribución urbana: Vehículo utilizado para el transporte y entrega de bienes dentro de áreas urbanas, generalmente de baja o media capacidad de carga.

### **Lista abreviaturas**

- DUM: Distribución Urbana de Mercancías
- CUC: Centros Urbanos de Consolidación
- MOP: Ministerio de Obras Públicas
- PM2.5: Partículas en suspensión menores a 2.5 micrómetros
- NO<sub>2</sub>: Dióxido de Nitrógeno
- CO: Monóxido de Carbono
- CLP: Peso Chileno (moneda)
- CIVITAS: Ciudades Vitales para la Sostenibilidad del Transporte Urbano (Iniciativa Europea)
- BCN: Biblioteca del Congreso Nacional
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

## 8. ANEXOS

### 1. CALLE SAN MARTÍN

#### 1. Vehículo 1 (08-10-2024, 11:32 - Nivel de congestión: Medio)

*Tiempo de descarga: 29 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 57 segundos*

*Vehículos afectados: 135*

*Estado vial: El vehículo DUM estuvo detenido 29 minutos. Se observaron reparaciones menores en la vereda. Se perdieron 2,1 horas. Circulaban 4,7 vehículos por minuto.*

#### 2. Vehículo 2 (08-10-2024, 12:05 - Nivel de congestión: Alto)

*Tiempo de descarga: 25 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 87 segundos*

*Vehículos afectados: 174*

*Estado vial: La operación de descarga contribuyó a generar tiempos perdidos promedio de 87 segundos por vehículo, afectando a 174 autos., tardando un total de 25 minutos en la descarga. El flujo peatonal estuvo restringido en algunas zonas debido a reparaciones en curso en el alcantarillado de las calles. Se perdieron 4,2 horas. Circulaban 7 vehículos por minuto.*

#### 3. Vehículo 3 (15-10-2024, 11:51 - Nivel de congestión: Medio)

*Tiempo de descarga: 15 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 92 segundos*

*Vehículos afectados: 96*

*Estado vial: En este día la congestión fue media, con un tiempo de descarga relativamente corto (15 minutos). El tiempo perdido por auto fue de 92 segundos,*

*afectando a 96 vehículos. Teniendo una pérdida de tiempo de 2,4 horas para los vehículos. Circulaban 6,4 vehículos por minuto.*

*4. Vehículo 4 (15-10-2024, 12:18 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 26 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 138 segundos*

*Vehículos afectados: 249*

*Estado vial: La presencia del vehículo DUM en una zona concurrida complicó las maniobras de cruce debido a que se encontraba en la esquina de la calle, afectando a 249 vehículos, perdiendo 138 segundos cada uno. Se perdieron 9,5 horas. Circulaban 9,5 vehículos por minuto.*

*5. Vehículo 5 (15-10-2024, 12:48 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 35 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 125 segundos*

*Vehículos afectados: 339*

*Estado vial: La operación de descarga generó un impacto significativo, afectando a 339 vehículos en total. Además, hubo ocupación de la vereda por construcciones en uno de los locales comerciales. Teniendo una pérdida de tiempo de 11,8 horas para los vehículos. Circulaban 9,7 vehículos por minuto.*

*6. Vehículo 6 (22-10-2024, 11:34 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 40 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 84 segundos*

*Vehículos afectados: 258*

*Estado vial: La operación del DUM fue más larga de lo habitual, contribuyendo a generar retrasos considerables en la vía. Con un coste de tiempo para los vehículos de 6 horas. Circulaban 6,5 vehículos por minuto.*

*7. Vehículo 7 (22-10-2024, 11:58 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 25 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 136 segundos*

*Vehículos afectados: 255*

*Estado vial: Alta congestión con demoras considerables en las maniobras de paso. La combinación de varios DUM detenidos y la presencia de obras cercanas complicaron el flujo vehicular. Teniendo una pérdida de tiempo de 9,6 horas para los vehículos. Circulaban 10,2 vehículos por minuto.*

*8. Vehículo 8 (29-10-2024, 11:40 - Nivel de congestión: Bajo)*

*Tiempo de descarga: 50 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 61 segundos*

*Vehículos afectados: 159*

*Estado vial: Tránsito fluido en general, aunque la larga operación del DUM generó retrasos leves en el flujo. Teniendo un coste en tiempo de 2,7 horas. Circulaban 3,2 vehículos por minuto.*

*9. Vehículo 9 (29-10-2024, 11:58 - Nivel de congestión: Bajo)*

*Tiempo de descarga: 34 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 43 segundos*

*Vehículos afectados: 108*

*Estado vial: Circulación fluida con interrupciones mínimas. El impacto del DUM fue reducido y no se reportaron problemas adicionales en la vía.*

Tabla Anexo 1: Calle San Martín

Vehículo	Fecha	Hora	Nivel de congestión general	de Tiempo de descarga (min)	Tiempo perdido auto (s)	Vehículos por afectados	
1	08-10-2024	1:32	1	Bajo	29	57	135
2	08-10-2024	2:05	1	Medio	25	87	174
3	15-10-2024	1:51	1	Medio	15	92	96
4	15-10-2024	2:18	1	Alto	26	138	249
5	15-10-2024	2:48	1	Alto	35	125	339
6	22-10-2024	1:34	1	Medio	40	84	258
7	22-10-2024	1:58	1	Alto	25	136	255
8	29-10-2024	1:40	1	Bajo	50	61	159
9	29-10-2024	1:58	1	Bajo	34	43	108
Suma					279	823	1773
Promedio					31	91,4	197,0

## *CALLE AMUNÁTEGUI*

*1. Vehículo 1 (02-10-2024, 11:44 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 38 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 42 segundos*

*Vehículos afectados: 220*

*Estado vial: Tráfico moderado con demoras evidentes en los cruces principales. El vehículo DUM estuvo detenido durante 38 minutos, generando un tiempo perdido promedio de 42 segundos por vehículo y afectando a 220 autos. Hubo una pérdida de tiempo de 2,6 horas. En la vía se observó una circulación de 5,8 vehículos por minuto.*

*2. Vehículo 2 (09-10-2024, 11:53 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 15 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 38 segundos*

*Vehículos afectados: 90*

*Estado vial: El tiempo de descarga del vehículo DUM fue de 15 minutos, lo que generó un impacto moderado en los tiempos de tránsito. En total, 90 vehículos se vieron afectados. Se perdió 1 hora de tiempo a los vehículos. Circulaban 6 vehículos por minuto*

*3. Vehículo 3 (09-10-2024, 12:22 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 9 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 34 segundos*

*Vehículos afectados: 55*

*Estado vial: La descarga se realizó en solo 9 minutos, generando un impacto bajo en el tránsito. Sin embargo, el vehículo se encontraba en doble vía, hizo perder 30 minutos a los vehículos. Circulaban 6 vehículos por minuto.*

*4. Vehículo 4 (09-10-2024, 12:36 - Nivel de congestión: Bajo)*

*Tiempo de descarga: 11 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 26 segundos*

*Vehículos afectados: 33*

*Estado vial: Tránsito muy fluido y sin mayores problemas. La operación del vehículo DUM fue rápida (11 minutos), con un impacto mínimo en los tiempos de tránsito. Se perdieron 14 minutos. Circulaban 3 vehículos por minuto.*

*5. Vehículo 5 (16-10-2024, 11:50 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 26 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 46 segundos*

*Vehículos afectados: 143*

*Estado vial: La operación de carga y descarga tomó 26 minutos, generando demoras en promedio de 46 segundos por vehículo. En el sector había un alto tránsito peatonal debido a un evento cercano. Se perdieron 1,8 horas. Circulaban 5,5 vehículos por minuto.*

*6. Vehículo 6 (16-10-2024, 12:21 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 30 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 120 segundos*

*Vehículos afectados: 243*

*Estado vial: El vehículo DUM estuvo estacionado por 30 minutos, afectando a 243 autos con un tiempo promedio perdido de 120 segundos. Se perdieron 8,1 horas. Circulaban 8 vehículos por minuto.*

*7. Vehículo 7 (23-10-2024, 11:25 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 22 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 42 segundos*

*Vehículos afectados: 153*

*Estado vial: La operación de carga y descarga tomó 22 minutos, generando demoras en promedio de 42 segundos por vehículo. En el sector había un alto tránsito peatonal debido a un evento cercano. Se perdieron 1,8 horas. Circulaban 6,9 vehículos por minuto.*

*8. Vehículo 8 (23-10-2024, 12:20 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 32 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 45 segundos*

*Vehículos afectados: 183*

*Estado vial: El tiempo de descarga del vehículo DUM fue de 32 minutos. En total, 183 vehículos se vieron afectados. Se perdió 2,3 horas de tiempo a los vehículos. Circulaban 5,7 vehículos por minuto*

Tabla Anexo 3: Calle Amunátegui

Vehículo	Fecha	Hora	Nivel de congestión general	Tiempo descarga (min)	Tiempo perdido por auto (s)	Vehículos afectados
----------	-------	------	-----------------------------	-----------------------	-----------------------------	---------------------

1	02-10-2024	1:44	1	Medio	38	42	220
2	09-10-2024	1:53	1	Medio	15	38	90
3	09-10-2024	2:22	1	Medio	9	34	55
4	09-10-2024	2:36	1	Bajo	11	26	33
5	16-10-2024	1:50	1	Medio	26	46	143
6	16-10-2024	2:21	1	Alto	30	120	243
7	23-10-2024	1:25	1	Alto	22	42	153
8	23-10-2024	2:20	1	Medio	32	45	183
Suma					254	571	1480
Promedio					23,1	51,9	134,5

### 3. CALLE CATEDRAL

*1. Vehículo 1 (03-10-2024, 11:24 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 28 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 97 segundos*

*Vehículos afectados: 112*

*Estado vial: En esta medición, el tráfico estaba en niveles medios, lo que implica que había algo de congestión. El vehículo DUM estuvo detenido por 28*

*minutos en el lugar de carga o descarga. Los autos perdieron un tiempo promedio de 97 segundos debido a la congestión generada por este vehículo DUM, lo que afectó a 112 vehículos en total. Aparte del vehículo analizado, había otros vehículos DUM estacionados en la vía. Teniendo un coste para la sociedad de 3 horas. Circulaban 4 vehículos por minuto.*

*2. Vehículo 2 (03-10-2024, 11:59 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 14 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 102 segundos*

*Vehículos afectados: 90*

*Estado vial: En este caso, la congestión sigue siendo de nivel alto. Aunque el tiempo de descarga fue más corto (14 minutos), los conductores perdieron un promedio de 102 segundos debido al vehículo DUM, lo que afectó a 90 vehículos. También se encontraban vehículos DUM estacionados en la vereda al momento de realizar la observación. Con un coste de tiempo para los vehículos de 2,6 horas. Circulaban 6,4 vehículos por minuto.*

*3. Vehículo 3 (03-10-2024, 12:24 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 37 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 92 segundos*

*Vehículos afectados: 180*

*Estado vial: Aquí, la congestión se mantuvo en niveles medios, pero el tiempo de descarga fue considerablemente más largo (37 minutos), lo que causó un aumento en el tiempo perdido por los autos (92 segundos) y afectó a una mayor cantidad de vehículos (180). Esto indica que, aunque la congestión fue media, el impacto fue más amplio. Además, circulaban por la vía muchos vehículos policiales*

*debido a protestas. El coste de tiempo fue de 4.6 horas. Circulaban 4,9 vehículos por minuto*

*4. Vehículo 4 (10-10-2024, 11:24 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 51 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 132 segundos*

*Vehículos afectados: 357*

*Estado vial: Este día se presentó una congestión alta, con un tiempo de descarga bastante largo (51 minutos), lo que provocó un alto nivel de pérdida de tiempo para los conductores, con 132 segundos de retraso por vehículo. El impacto fue mucho mayor, afectando a 357 vehículos. Este es un ejemplo claro de cómo la congestión de tráfico puede ser grave durante ciertas operaciones de los vehículos DUM, teniendo un coste de tiempo para la sociedad de 13,1 horas. Circulaban 7 vehículos por minuto.*

*5. Vehículo 5 (10-10-2024, 12:27 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 26 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 152 segundos*

*Vehículos afectados: 85*

*Estado vial: Aunque el tiempo de descarga fue más corto (26 minutos), la congestión seguía siendo alta. Los vehículos perdieron en promedio 152 segundos, lo que indica un mayor impacto en la fluidez del tráfico. A pesar de que la cantidad de vehículos afectados fue menor (85), el impacto de tiempo fue considerable. Con un coste de tiempo de 3,6 horas. Circulaban 3,3 vehículos por minuto.*

*6. Vehículo 6 (17-10-2024, 11:21 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 64 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 136 segundos*

*Vehículos afectados: 467*

*Estado vial: Este día, el nivel de congestión fue alto, y la operación del DUM tuvo un impacto extremadamente negativo. El vehículo estuvo en la zona de descarga durante 64 minutos, retrasó a los autos en un promedio de 136 segundos, afectando a 467 vehículos. Este es el caso con mayor afectación, lo que señala una grave congestión debido al tiempo prolongado de descarga, que proporcionó una pérdida de 17,6 horas para los vehículos. Además, habían más vehículos DUM en la calle y en general era más caótico el tráfico. Circulaban 7,3 vehículos por minuto.*

*7. Vehículo 7 (17-10-2024, 12:30 - Nivel de congestión: Alto)*

*Tiempo de descarga: 33 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 142 segundos*

*Vehículos afectados: 245*

*Estado vial: En este caso también hubo congestión alta, con un tiempo de descarga de 33 minutos. El tiempo perdido por auto aumentó a 142 segundos, lo que muestra que, aunque el tiempo de descarga fue más corto en comparación con el vehículo anterior, el impacto sobre los vehículos fue significativo, afectando a 245 vehículos. Con una pérdida de 9,6 horas. Circulaban 7,4 vehículos por minuto.*

*8. Vehículo 8 (24-10-2024, 11:14 - Nivel de congestión: Medio)*

*Tiempo de descarga: 20 minutos*

*Tiempo perdido por auto: 87 segundos*

*Vehículos afectados: 75*

*Estado vial: En este día la congestión fue media, con un tiempo de descarga relativamente corto (20 minutos). El tiempo perdido por auto fue de 87 segundos,*

afectando a 75 vehículos. Había vehículos DUM en la vereda obstruyendo el paso peatonal. Teniendo una pérdida de tiempo de 3,8 horas para los vehículos. Circulaban 4,4 vehículos por minuto.

9. Vehículo 9 (24-10-2024, 11:39 - Nivel de congestión: Alto)

Tiempo de descarga: 33 minutos

Tiempo perdido por auto: 94 segundos

Vehículos afectados: 245

Estado vial: Este día la congestión se mantuvo en niveles altos, con un tiempo de descarga más largo (33 minutos). El tiempo perdido por auto fue de 94 segundos y el número de vehículos afectados fue 245. El tiempo perdido en total fue de 6,4 horas. Circulaban 7,4 vehículos por minuto

10. Vehículo 10 (24-10-2024, 12:23 - Nivel de congestión: Medio)

Tiempo de descarga: 20 minutos

Tiempo perdido por auto: 78 segundos

Vehículos afectados: 75

Estado vial: El último caso refleja nuevamente congestión media, con un tiempo de descarga de 20 minutos. La pérdida de tiempo por auto fue de 78 segundos, lo que tuvo un menor impacto, afectando a 75 vehículos. Había vehículos de carabineros se cree que debido a protestas circulando por la calle. Se perdieron 1,6 horas debida a la DUM. Circulaban 3,8 vehículos por minuto.

Tabla Anexo 2: Calle Catedral

Vehículo	Fecha	Hora	Nivel de congestión general	Tiempo descarga (min)	Tiempo perdido por auto (s)	Vehículos afectados
----------	-------	------	-----------------------------	-----------------------	-----------------------------	---------------------

1	03-10-2024	1:24	1	Medio	28	97	112
2	03-10-2024	1:59	1	Alto	14	102	90
3	03-10-2024	2:24	1	Medio	37	92	180
4	10-10-2024	1:24	1	Alto	51	132	357
5	10-10-2024	2:27	1	Alto	26	152	85
6	17-10-2024	1:21	1	Alto	64	136	467
7	17-10-2024	2:30	1	Alto	33	142	245
8	24-10-2024	1:14	1	Medio	20	87	75
9	24-10-2024	1:39	1	Alto	33	94	245
<hr/>							
10	24-10-2024	2:23	1	Medio	20	78	75
<hr/>							
Suma					326	1112	1931
Promedio					32,6	111,2	193,1
<hr/>							