



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

**ANÁLISIS VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD EN EL ENTORNO DEL
CENTRO COMERCIAL “LA ESTACIÓN PLAZA”, AÑO 2025**

**Línea de investigación:
Seguridad vial e infraestructura de transporte**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autor

Orihuela Guerra, Roy Lizandro

Asesor

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro

ORCID: 0000-0003-2200-7169

Jurado

Flores Vidal, Higinio Exequiel

Carrillo Balceda, Jesús Elías

Meza Armas, Orlando Eleodoro

Lima - Perú

2026

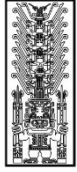
ANÁLISIS VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD EN EL ENTORNO DEL CENTRO COMERCIAL "LA ESTACIÓN PLAZA", AÑO 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal	2%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.unfv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	<1%
	Fuente de Internet	
4	uvadoc.uva.es	<1%
	Fuente de Internet	
5	www.coursehero.com	<1%
	Fuente de Internet	
6	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid	<1%
	Trabajo del estudiante	
7	es.wikipedia.org	<1%
	Fuente de Internet	
8	ubir.buffalo.edu	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
10	repositorio.usanpedro.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL Y SISTEMAS

ANÁLISIS VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD
EN EL ENTORNO DEL CENTRO COMERCIAL “LA ESTACIÓN
PLAZA”, AÑO 2025

Línea de Investigación:
Seguridad vial e Infraestructura de Transporte
Tesis para optar por el Título profesional de Ingeniero de Transportes

Autor

Orihuela Guerra, Roy Lizandro

Asesor

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro
ORCID: 0000-0003-2200-7169

Jurado

Flores Vidal, Higinio Exequiel
Carrillo Balceda, Jesús Elías
Meza Armas, Orlando Eleodoro

Lima – Perú
2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi guía y motor constante. A mis abuelos y hermanos, por su presencia y aliento. Agradezco también a todos los que aportaron a este logro. Que los resultados aquí presentados sirvan como base y contribución para el desarrollo de la ingeniería de transportes en las nuevas generaciones.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida y la sabiduría para culminar esta etapa. A mis padres, hermanos y abuelos, cuya fe y apoyo constante son la base de este logro; este título es tan suyo como mío. Asimismo, agradezco a la Universidad Nacional Federico Villarreal por la formación integral recibida y por ser el pilar académico durante estos cinco años de formación profesional sobre el cual construyo mi futuro.

ÍNDICE

Resumen.....	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Descripción y formulación del problema.....	12
1.1.1. <i>Problema general</i>	13
1.1.2. <i>Problemas específicos</i>	13
1.2. Antecedentes	13
1.2.1. <i>Antecedentes internacionales</i>	13
1.2.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	16
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
1.4. Justificación.....	16
1.5. Hipótesis.....	17
1.5.1. <i>Hipótesis general</i>	<u>17</u>
1.5.2. <i>Hipótesis específicas</i>	<u>17</u>
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	18
2.1.1. <i>Movilidad urbana</i>	18
2.1.2. <i>Ingeniería de tránsito</i>	18
2.1.3. <i>Flujo vehicular</i>	18
2.1.4. <i>Capacidad vial</i>	19
2.1.5. <i>Nivel de servicio</i>	19
2.1.6. <i>Congestión vehicular</i>	19
2.1.7. <i>Seguridad vial</i>	19
2.1.8. <i>Transitabilidad</i>	19

2.1.9. <i>Intersecciones viales</i>	20
2.1.10. <i>Señalización y control del tránsito</i>	20
2.1.11. <i>Tránsito peatonal</i>	20
2.1.12. <i>Simulación del tránsito</i>	20
2.1.13. <i>Demanda de transporte</i>	21
2.1.14. <i>Planificación del transporte</i>	21
2.1.15. <i>Optimización del sistema vial</i>	21
III. MÉTODO.....	22
3.1. Tipo de investigación.....	22
3.2. <i>Ámbito temporal y espacial</i>	22
3.2.1. <i>Ámbito temporal</i>	22
3.2.2. <i>Ámbito espacial</i>	22
3.3. Variables	23
3.4. Población y muestra	23
3.5. Instrumentos	23
3.6. Procedimientos	24
3.6.1. <i>Delimitación del área de estudio</i>	24
3.6.2. <i>Identificación de puntos críticos</i>	25
3.6.3. <i>Recolección de datos en campo</i>	27
3.6.4. <i>Determinación de hora punta</i>	29
3.6.5. <i>Evaluación de capacidad y nivel de servicio</i>	31
3.7. Análisis de datos	34
3.7.1. <i>Procesamiento de información</i>	34
3.7.2. <i>Análisis de congestión y flujo vehicular</i>	37
3.7.3. <i>Evaluación de infraestructura y seguridad vial</i>	39
3.7.4. <i>Análisis comparativo del escenario actual vs. propuesto</i>	42
3.8. Consideraciones éticas	49

IV.	RESULTADOS.....	51
4.1.	Resultados del conteo vehicular y peatonal	51
4.2.	Resultados del análisis de capacidad y nivel de servicio	52
4.3.	Resultados del diagnóstico de infraestructura.....	54
4.4.	Resultados de la propuesta de optimización vial	56
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
VI.	CONCLUSIONES.....	61
VII.	RECOMENDACIONES	62
VIII.	REFERENCIAS	63
IX.	ANEXOS.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puntos críticos evaluados.....	26
Tabla 2 Ubicación de los puntos de aforos vehicular	27
Tabla 3 Ubicación de los puntos de aforos peatonal.....	28
Tabla 4 Tránsito vehicular actual.....	30
Tabla 5 Tránsito peatonal actual	31
Tabla 6 Niveles de servicio vehicular	33
Tabla 7 Niveles de servicio peatonal	34
Tabla 8 Resumen estadístico de volúmenes vehiculares y peatonales	36
Tabla 9 Demoras promedio por movimiento	36
Tabla 10 Diagnóstico de infraestructura vial	41
Tabla 11 Comparación de escenarios	43
Tabla 12 Medidas de mitigación propuestas.....	48
Tabla 13 Volumen total por tipo de vehículo	52
Tabla 14 Nivel de servicio por punto evaluado	53
Tabla 15 Matriz de deficiencias identificadas	55
Tabla 16 Comparación de indicadores.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del centro comercial “La Estación Plaza”	25
Figura 2 Puntos críticos evaluados ubicado en el mapa	26
Figura 3 Proceso de aforo vehicular y peatonal.....	28
Figura 4 Registro fotográfico de la infraestructura vial existente.....	29
Figura 5 Variación del flujo vehicular	30
Figura 6 Variación del flujo peatonal	31
Figura 7 Modelación del escenario actual	33
Figura 8 Relación volumen/capacidad (V/C)	38
Figura 9 Diagrama de conflictos vehiculares.....	39
Figura 10 Puntos críticos de seguridad vial	41
Figura 11 Simulación de escenario optimizado	47
Figura 12 Distribución porcentual de vehículos	52
Figura 13 Representación gráfica de LOS	54
Figura 14 Registro fotográfico de puntos crítico	55
Figura 15 Plano de propuesta vial optimizada.....	57

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, en la ciudad de Arequipa, mediante un análisis vial técnico orientado a identificar deficiencias en la infraestructura y proponer soluciones que mejoren la circulación y la seguridad. El estudio, de enfoque cuantitativo y tipo aplicado, incluyó observación directa, conteo de flujos vehiculares y peatonales, análisis de horas punta y evaluación de señalización e intersecciones. Los resultados evidenciaron que en hora punta de la tarde (17:30–19:30 h) se registraron volúmenes de hasta 1,720 veh/h y 980 peat/h, determinándose niveles de servicio LOS E en accesos críticos, con demoras promedio de 80 s/vehículo, y Nivel de Servicio Peatonal D, asociado a veredas con anchos promedio de 1.40 m y deficiente canalización de cruces; asimismo, se estimó que el 30% de la congestión se relaciona con maniobras de ingreso y salida y el 15% con estacionamiento informal. A partir de este diagnóstico, se plantearon medidas como optimización de accesos, mejora de señalización, regulación de estacionamientos y adecuación de espacios peatonales, cuya evaluación proyectada muestra una reducción aproximada del 25% en las demoras vehiculares y la mejora del nivel de servicio a LOS C–D, además de un incremento del 30% en la capacidad peatonal, contribuyendo a una movilidad más segura, ordenada y eficiente en el entorno comercial.

Palabras clave: transitabilidad, niveles de servicio, congestión

Abstract

This research aimed to optimize vehicular and pedestrian mobility in the surroundings of the “La Estación Plaza” Shopping Center in Arequipa through a technical traffic analysis focused on identifying infrastructure deficiencies and proposing solutions to improve circulation and safety. The study, developed under a quantitative and applied approach, included direct observation, vehicle and pedestrian flow counts, peak-hour analysis, and evaluation of signage and intersections. The results showed that during the afternoon peak hour (5:30–7:30 p.m.), volumes reached up to 1,720 veh/h and 980 ped/h, determining Level of Service (LOS) E at critical access points, with average delays of 80 s/vehicle, and Pedestrian Level of Service D, associated with sidewalks averaging 1.40 m in width and poor channelization of crossings. Additionally, it was estimated that 30% of congestion is related to entry and exit maneuvers and 15% to informal parking. Based on this diagnosis, measures such as access optimization, signage improvement, parking regulation, and pedestrian space enhancement were proposed. The projected evaluation of these measures shows an approximate 25% reduction in vehicle delays and an improvement of the level of service to LOS C–D, as well as a 30% increase in pedestrian capacity, contributing to safer, more orderly, and more efficient mobility in the commercial area.

Keywords: mobility, level of service, congestion

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la ciudad de Arequipa enfrenta serios problemas de transitabilidad y seguridad vial, reflejados en los constantes incidentes y accidentes de tránsito en sus principales vías. Entre los factores que contribuyen a esta problemática destacan el comportamiento inadecuado de los conductores, así como la deficiente infraestructura vial, la cual no cumple con los estándares mínimos de seguridad y accesibilidad. La ciudad presenta elevados índices de congestión vehicular y dificultades en la movilidad urbana, especialmente en zonas de alta actividad comercial.

El sistema de transporte urbano en la ciudad de Arequipa y su infraestructura vial existente en su entorno no satisfacen la creciente demanda de movilidad, debido principalmente a un desarrollo urbano no planificado, habiendo sobrepasando la capacidad de diseño de las vías, generando una notoria congestión, especialmente en horas punta. Esta situación nos exige realizar un análisis técnico que nos permita evaluar las variables que afectan la circulación y, con base en ello, proponer soluciones orientadas a mejorar la transitabilidad y la seguridad vial. Para ello, es necesario tener que aplicar criterios de ingeniería de tránsito que permitan corregir los conflictos existentes entre la alta demanda vehicular y la baja capacidad de las vías, considerando también el mobiliario y señalización vial.

El presente estudio tiene como objetivo analizar y proponer mejoras para optimizar la transitabilidad en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza", ubicado en la ciudad de Arequipa. Esta zona se caracteriza por una alta congestión vehicular y una deficiente accesibilidad peatonal, producto de su función comercial y el elevado flujo de personas que atrae diariamente. Se realizaron trabajos técnicos en campo y gabinete que permitieron recopilar la información sobre volúmenes de tránsito vehicular y peatonal, infraestructura vial, mobiliario urbano, niveles de accesibilidad para personas con movilidad reducida, velocidades, elementos de seguridad vial y estado actual de la señalización vertical y horizontal.

1.1. Descripción y formulación del problema

A nivel internacional, las ciudades con alta concentración de actividades comerciales enfrentan crecientes problemas de congestión vehicular y saturación peatonal en los entornos de centros comerciales. El incremento del parque automotor, la expansión urbana no planificada y la limitada integración entre planificación urbana y gestión del tránsito han generado disminución de niveles de servicio (LOS D-E), aumento de tiempos de demora y mayores riesgos de accidentes. Diversos estudios recientes evidencian que la falta de diseño geométrico adecuado, accesos mal canalizados y señalización ineficiente impactan directamente en la fluidez y seguridad vial.

En el Perú, el crecimiento acelerado del comercio y de la motorización urbana ha intensificado los problemas de transitabilidad en zonas comerciales de ciudades como Lima, Arequipa y Trujillo. La infraestructura vial en muchos casos no ha sido modernizada en función de la nueva demanda vehicular y peatonal, generando congestión en horas punta, estacionamiento informal, invasión de carriles y deterioro del espacio peatonal. Asimismo, la gestión del tránsito suele ser reactiva y no basada en estudios técnicos integrales que permitan optimizar la operación vial.

En la ciudad de Arequipa, el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" presenta dificultades de circulación vehicular y peatonal, especialmente en horarios de mayor afluencia. Se observan demoras en accesos y salidas, conflictos entre vehículos y peatones, señalización desgastada o insuficiente, veredas con ancho limitado y presencia de estacionamiento informal en zonas adyacentes. Estas condiciones generan reducción del nivel de servicio, incremento de tiempos de viaje y mayor exposición al riesgo vial.

El problema de la presente investigación se plantea la siguiente pregunta ¿Cómo optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa, a través de un análisis vial técnico que permita identificar

deficiencias y proponer soluciones? Este trabajo tiene como objetivo principal analizar las deficiencias viales y las condiciones de movilidad actuales en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa, proporcionando evidencia empírica sobre los factores que afectan la transitabilidad vehicular y peatonal. Mediante un análisis se busca encontrar soluciones técnicas que puedan optimicen la infraestructura vial, mejoren la seguridad y faciliten la circulación, contribuyendo al desarrollo de un entorno más accesible y eficiente para los usuarios del área.

1.1.1. Problema general

¿Cómo optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa, a través de un análisis vial técnico que permita identificar deficiencias y proponer soluciones?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Qué factores contribuyen a la congestión vehicular y dificultan el flujo peatonal en la zona de influencia del centro comercial?
- ¿Qué deficiencias presenta la infraestructura vial y la señalización, y cómo impactan la circulación y seguridad en la zona?
- ¿Qué intervenciones viales y de gestión del tránsito pueden implementarse para mejorar la movilidad en el entorno del centro comercial?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Jia et al. (2022), en el estudio "Revisiting the Level-of-Service Framework for Pedestrian Comfortability: Velocity Depicts More Accurate Perceived Congestion than Local Density", tuvieron como objetivo evaluar los criterios utilizados para determinar el nivel de servicio peatonal en entornos urbanos. La metodología consistió en el análisis de densidad, velocidad y percepción de comodidad de los peatones mediante observaciones de campo y

modelos estadísticos. Los resultados demostraron que la velocidad peatonal representa de manera más precisa la percepción de congestión que la densidad tradicionalmente utilizada en los métodos LOS. Los autores concluyeron que los modelos de evaluación peatonal deben incorporar indicadores relacionados con la movilidad y la percepción del usuario para mejorar la evaluación de espacios urbanos caminables.

Damani (2022), en la tesis doctoral “Traffic Signal Control for Optimized Urban Mobility”, desarrollada en la Nanyang Technological University de Singapur, tuvo como objetivo optimizar el control semafórico para mejorar la movilidad urbana. La investigación empleó simulaciones de tránsito, algoritmos de optimización y evaluación de desempeño en intersecciones urbanas. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en la fluidez vehicular y reducción de tiempos de espera mediante estrategias adaptativas de control semafórico. El autor concluyó que la gestión inteligente de señales constituye una herramienta efectiva para incrementar la eficiencia operacional de las redes urbanas.

Zhang et al. (2023), en la investigación “Multi-Objective Optimization Method for Signalized Intersections in Intelligent Traffic Network”, tuvieron como objetivo desarrollar un método de optimización que integre eficiencia operativa y seguridad en intersecciones semaforizadas. La metodología utilizó un modelo multiobjetivo basado en capacidad vial, demoras vehiculares y conflictos de tránsito, aplicando algoritmos de optimización NSGAIII-DAE. Los resultados mostraron reducciones en las demoras y mejoras en la capacidad de las intersecciones, considerando simultáneamente aspectos de seguridad vial. Los autores recomendaron la aplicación de modelos multiobjetivo para el diseño y operación de intersecciones urbanas complejas.

Kebede (2020), en el estudio “Evaluation of Adaptive Traffic Signal Control Using Microscopic Simulation”, tuvo como objetivo evaluar el impacto de los sistemas adaptativos de control semafórico sobre el desempeño operacional de intersecciones urbanas. La

metodología se basó en simulaciones microscópicas de tránsito y comparación entre escenarios convencionales y adaptativos. Los resultados mostraron reducciones importantes en las demoras vehiculares y mejoras en la capacidad operacional de las intersecciones analizadas. El estudio concluyó que los sistemas adaptativos representan una alternativa eficiente para mitigar la congestión en áreas urbanas de alta demanda.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Mamani (2020), en Arequipa, desarrolló la tesis “Evaluación del Nivel de Servicio en Intersecciones Aledañas a Centros Comerciales”. El objetivo fue analizar la congestión generada por alta demanda vehicular en horas punta. La metodología incluyó aforos manuales, aplicación del HCM 2016 y simulación en Synchro 8.0. Los resultados evidenciaron niveles de servicio E con demoras promedio de 75 s/vehículo. Recomendó optimización semafórica y canalización de accesos.

Torres (2021), en Lima, investigó el impacto de la gestión de accesos en el entorno del Jockey Plaza. El objetivo fue determinar la influencia de los ingresos vehiculares en la congestión urbana. Se emplearon conteos vehiculares y simulación microscópica. Los resultados mostraron que el 27% de la congestión provenía de accesos no canalizados. Recomendó carriles exclusivos de giro y mejor señalización.

Valdivia (2022), en Trujillo, realizó el estudio “Análisis de Transitabilidad Peatonal en Zonas Comerciales”. El objetivo fue evaluar el nivel de servicio peatonal en horas punta. Se utilizó medición de anchos de veredas, densidad peatonal y aplicación del HCM. Los resultados mostraron niveles D en veredas menores a 1.50 m y mejora a nivel C tras ampliación proyectada. Recomendó reordenamiento del espacio público.

Rojas (2023), en Cusco, investigó la influencia del estacionamiento informal en la capacidad vial en zonas comerciales. Aplicó análisis de capacidad y medición de demoras. Los resultados evidenciaron reducción de capacidad en 18% y aumento de demoras en 22%.

Recomendó fiscalización y creación de zonas formales de estacionamiento.

Salazar (2024), en Chiclayo, desarrolló la tesis “Optimización de Intersecciones Urbanas mediante Modelación Microscópica”. El objetivo fue mejorar el nivel de servicio en áreas comerciales congestionadas. Utilizó VISSIM y análisis comparativo antes–después. Los resultados mostraron mejora de LOS E a C y reducción de demoras en 29%. Recomendó implementar modelación técnica previa a intervenciones físicas.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa mediante un análisis vial técnico que permita identificar las deficiencias en la infraestructura vial y proponer soluciones para mejorar la circulación y seguridad.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Analizar los factores que generan congestión vehicular y dificultades en el flujo peatonal en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza".
- Evaluar las deficiencias en la infraestructura vial y la señalización existente, en relación con la demanda actual de movilidad en la zona.
- Proponer soluciones técnicas para mejorar la eficiencia del tráfico vehicular y peatonal, así como la seguridad vial en la zona de estudio.

1.4. Justificación

La investigación del presente trabajo en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, en Arequipa, se justifica debido a la creciente congestión vehicular y a las deficiencias en seguridad vial derivadas del incremento de la demanda comercial y urbana. La infraestructura actual presenta limitaciones operativas, como altos volúmenes en hora punta, señalización insuficiente, accesos no canalizados y condiciones peatonales inadecuadas,

afectando la accesibilidad y el nivel de servicio. La investigación tiene como objetivo desarrollar un análisis vial técnico que identifique estas deficiencias y proponga soluciones orientadas a optimizar el flujo vehicular, mejorar la seguridad peatonal —incluyendo usuarios con movilidad reducida y elevar la eficiencia operativa del sistema vial. De esta manera, se busca establecer un modelo de movilidad más seguro, ordenado y sostenible, que reduzca la congestión, minimice riesgos de siniestralidad y promueva una mejor integración entre transporte motorizado y no motorizado.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La optimización de la infraestructura vial y la mejora de la gestión del tránsito en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa disminuirán significativamente la congestión vehicular y peatonal, mejorando la seguridad vial y la accesibilidad en su entorno.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La implementación de medidas de rediseño vial, como la mejora de las intersecciones y la señalización, reducirá los tiempos de espera y la congestión vehicular en el entorno del Centro Comercial.
- La creación de espacios peatonales adecuados y seguros incrementará la seguridad en la circulación de los peatones.
- La optimización de la infraestructura vial y la implementación de medidas de control de tránsito contribuirán a mejorar la fluidez del tránsito y reducir la incidencia de accidentes en la zona de influencia del centro comercial.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Movilidad urbana*

La movilidad urbana comprende el conjunto de desplazamientos de personas y vehículos dentro de un sistema urbano determinado, integrando la infraestructura vial, los distintos modos de transporte y la gestión operativa del tránsito. Desde un enfoque técnico, la movilidad se evalúa en función de la accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad y seguridad vial. Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo sostiene que la movilidad urbana busca optimizar el funcionamiento de la infraestructura existente, reducir externalidades negativas y garantizar el acceso equitativo a las oportunidades urbanas (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2013). En entornos comerciales, la movilidad urbana adquiere mayor relevancia debido a la alta generación y atracción de viajes, lo cual incrementa la demanda vehicular y peatonal en las vías urbanas.

2.1.2. *Ingeniería de tránsito*

La ingeniería de tránsito analiza todas las características operativas del flujo vehicular y también peatonal mediante el uso de herramientas cuantitativas que mejoran la eficiencia y la seguridad vial. El Institute of Transportation Engineers (ITE, 2010) define la ingeniería de tránsito como la aplicación de principios científicos y tecnológicos para planificar, diseñar y operar sistemas de transporte seguros y eficientes.

2.1.3. *Flujo vehicular*

El flujo vehicular (q) representa el número de vehículos que circulan desde un punto específico a otro, en una unidad de tiempo (veh/h), relacionándolo con la densidad (k) y la velocidad media (v) mediante la ecuación fundamental del tránsito $q=k \cdot v$. El análisis conjunto de estas variables permite evaluar el desempeño operativo de la infraestructura vial (Transportation Research Board [TRB], 2016).

2.1.4. Capacidad vial

La capacidad vial se establece como el máximo flujo dentro de un horario que puede soportar la vía, bajo condiciones específicas de geometría, control y entorno. El Transportation Research Board (TRB, 2016), a través del *Highway Capacity Manual*, señala que la capacidad depende de diversos factores, como el ancho de carril, las pendientes, la presencia de vehículos pesados y el tipo de control de intersección o vía.

2.1.5. Nivel de servicio

El Nivel de Servicio (LOS) es una medida cualitativa que clasifica la operacionalidad de una vía en seis categorías, desde condiciones óptimas hasta condiciones de saturación (A–F). El Transportation Research Board (TRB, 2016) señala que el LOS se determina a partir de indicadores como la densidad, la demora promedio y la relación volumen/capacidad (V/C), permitiendo evaluar objetivamente la eficiencia del sistema vial.

2.1.6. Congestión vehicular

La congestión vehicular se da cuando la demanda excede la capacidad disponible de la vía, generando incrementos en los tiempos de viaje, reducción de velocidades y saturación del tránsito. La congestión vehicular constituye un fenómeno estructural en zonas urbanas con alta concentración de actividades económicas, especialmente en áreas comerciales con elevada atracción de viajes (Downs, 2004).

2.1.7. Seguridad vial

La seguridad vial integra medidas de diseño, regulación y gestión de la vía, destinadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito. La Organización Mundial de la Salud señala que el diseño seguro de la infraestructura y la gestión eficiente del tránsito constituyen factores determinantes para disminuir accidentes y víctimas en zonas urbanas (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018).

2.1.8. Transitabilidad

La transitabilidad se define como la condición que permite el desplazamiento continuo, seguro y eficiente de los flujos vehiculares y peatonales. Asimismo, se relaciona con variables como la capacidad vial, estado superficial de la vía, señalización, geometría y niveles de servicio. El Banco Mundial indica que la adecuada gestión de la infraestructura urbana mejora significativamente la calidad del desplazamiento y accesibilidad en las ciudades (Banco Mundial, 2017).

2.1.9. Intersecciones viales

Las intersecciones viales vienen a ser puntos críticos donde confluyen flujos vehiculares y peatonales, generando potenciales conflictos operacionales y de seguridad vial. El Institute of Transportation Engineers (ITE, 2010) indica que el análisis técnico de las intersecciones incluye el cálculo de capacidad, tiempos de ciclo semafórico, tasa de saturación y evaluación de demoras promedio.

2.1.10. Señalización y control del tránsito

La señalización vertical, horizontal y los dispositivos de control son los que regulan la circulación y reducen los posibles conflictos en la vía. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece los principales lineamientos técnicos para la implementación de dicha señalización y dispositivos de control en vías urbanas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2018).

2.1.11. Tránsito peatonal

La circulación peatonal es el principal componente en los entornos comerciales debido a que la alta interacción entre el usuario y la infraestructura define su comportamiento. El Banco Mundial sostiene que el diseño de veredas, pasos peatonales y accesibilidad universal influye directamente en la seguridad peatonal y, a la vez, en la eficiencia del sistema urbano (Banco Mundial, 2013).

2.1.12. Simulación del tránsito

La simulación del tránsito es una herramienta que permite modelar y analizar el comportamiento vehicular en una red vial mediante software especializado, evaluando variables como flujo, velocidad, capacidad y niveles de servicio. Facilita la identificación de problemas de congestión y la evaluación de propuestas de mejora antes de su implementación real.

2.1.13. Demanda de transporte

La demanda de transporte se refiere a la cantidad de viajes generados y atraídos por una zona específica en un entorno urbano. establecen que la modelación de la demanda debe considerar etapas como la generación, distribución y asignación de viajes, influenciadas por variables socioeconómicas y el uso del suelo (Ortúzar y Willumsen, 2011).

2.1.14. Planificación del transporte

La planificación del transporte implica la formulación de estrategias técnicas para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los usuarios de las vías. Este proceso integra el análisis de alternativas, la evaluación económica y criterios de eficiencia operativa para su adecuado desarrollo (Dickey, 1983).

2.1.15. Optimización del sistema vial

La optimización vial consiste en aplicar medidas técnicas para mejorar el desempeño operacional sin necesidad de ampliar la infraestructura física existente. El Institute of Transportation Engineers (ITE, 2010) sostiene que estrategias como la sincronización semafórica, la redistribución o rediseño de carriles en la geometría vial y la gestión de accesos pueden incrementar la capacidad efectiva y reducir las demoras existentes.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, orientada a resolver problemas concretos mediante conocimientos científicos y técnicos, buscando soluciones prácticas a situaciones específicas. Se desarrolla con un enfoque cuantitativo, basado en la recolección y análisis de datos numéricos, lo que permite medir fenómenos, establecer relaciones entre variables y garantizar objetividad y precisión en los resultados (Hernández et al., 2014).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

El ámbito temporal de la presente investigación estuvo definido en el último trimestre del año 2025, el cual se tomó como referencia clave para la recopilación de datos, el análisis y propuestas de mejora vial. El estudio se llevó a cabo en el último trimestre del mismo año.

Durante este período se realizó el análisis de tráfico, la identificación de problemas de transitabilidad y la formulación de propuestas orientadas a la optimización del flujo vehicular y peatonal. Asimismo, se evaluaron las condiciones de la infraestructura vial existente y se efectuaron simulaciones con la finalidad de prever el impacto de las soluciones planteadas.

3.2.2. *Ámbito espacial*

El ámbito espacial del estudio fue el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, ubicado en el distrito de Arequipa, Perú. Esta área fue seleccionada debido a su alta concentración de tránsito vehicular y peatonal, derivada de su carácter comercial y su localización estratégica en una zona de elevada demanda de transporte.

La zona de estudio incluyó:

El entorno inmediato del Centro Comercial “La Estación Plaza”, que abarcó las principales avenidas y calles de acceso al establecimiento.

Las áreas aledañas que influyeron directamente en el flujo vehicular y peatonal hacia y

desde el centro comercial, tales como intersecciones, cruces peatonales y zonas de carga y descarga.

Las vías principales que conectaron con otras zonas de alto tránsito de la ciudad.

El análisis comprendió tanto el tránsito vehicular como el peatonal, con especial énfasis en la seguridad vial, la infraestructura existente (señalización, carriles y semaforización) y los puntos críticos que afectaron la transitabilidad en el área de estudio.

3.3. Variables

Las variables que se analizarán en este estudio son las siguientes:

Variable independiente: Análisis vial.

Variable dependiente: Transitabilidad.

3.4. Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por los usuarios de la vía que participaron directamente en la dinámica de la transitabilidad en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, incluyendo conductores, peatones y demás actores del sistema vial presentes en el área de influencia.

La muestra estuvo constituida por los flujos vehiculares y peatonales durante la hora punta de máxima demanda siendo esta de 18:15 a 19:15 h, debido a que este periodo representa la condición de mayor demanda vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial, permitiendo evaluar el comportamiento del tránsito en su escenario más crítico.

3.5. Instrumentos

Se realizó observación directa, registrándose información mediante la ficha de observación estructurada, en la cual se consignaron datos sobre volumen vehicular, flujo peatonal, tiempos de espera y condiciones de la infraestructura vial.

Se efectuó un conteo vehicular y peatonal en hora punta, registrándose los datos en formularios diseñados para tal fin, con intervalos de tiempo definidos. También se realizó una

evaluación de la infraestructura vial, mediante una ficha de inspección que permitió verificar el estado de la señalización, semáforos y cruces peatonales. Finalmente, se llevó a cabo un análisis documental, empleando una lista de verificación para revisar normativas de tránsito y planes de movilidad urbana.

Estos instrumentos permitieron obtener información técnica suficiente para analizar las condiciones de transitabilidad y sustentar propuestas de mejora.

3.6. Procedimientos

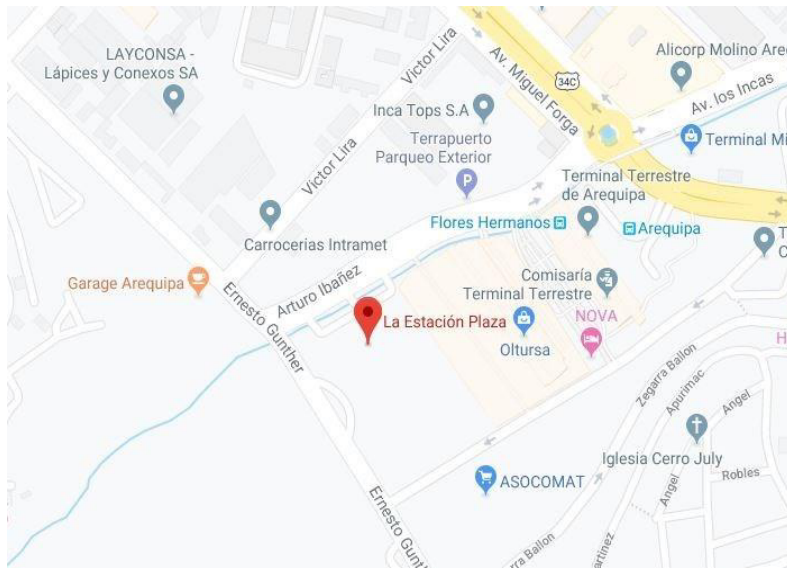
3.6.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio se ubicó en el sector Pago de Cerro Juli – Parque Industrial, distrito de Jacobo Hunter, Arequipa, en un predio de 17 300,60 m² donde se desarrolló el Centro Comercial “La Estación Plaza”. El terreno contó con doble acceso: uno principal por la avenida Arturo Ibáñez y otro secundario por la calle Javier Pérez de Cuellar. Se localizó próximo al Terminal Terrestre, al Terrapuerto Arequipa, a 1 200 m de la Plataforma Andrés Avelino Cáceres y a 600 m de la intersección entre la avenida Alfonso Ugarte y la Variante de Uchumayo.

El área de influencia directa comprendió las vías y accesos inmediatos al centro comercial, principalmente la avenida Arturo Ibáñez, la calle Javier Pérez de Cuellar y las intersecciones cercanas que concentraron el mayor flujo vehicular y peatonal generado por la actividad comercial y el transporte interprovincial.

Figura 1

Ubicación del centro comercial “La Estación Plaza”



El entorno presentó un carácter predominantemente comercial y de transporte, con alta generación y atracción de viajes debido a la proximidad del Terminal Terrestre y el Terrapuerto. Se identificó una circulación mixta de vehículos ligeros, transporte público, buses interprovinciales y peatones, especialmente en horas de mayor demanda.

La zona funcionó como un nodo de articulación entre vías urbanas y accesos metropolitanos, lo que incrementó la complejidad operativa del tránsito y justificó la necesidad de un análisis vial técnico para optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal.

3.6.2. Identificación de puntos críticos

Para el análisis de la transitabilidad vehicular en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, se identificaron ocho (08) puntos de aforo estratégicamente ubicados dentro del área de influencia directa del proyecto. La selección de estos puntos respondió a criterios técnicos tales como: intensidad de flujo vehicular, jerarquía vial, proximidad a accesos principales del proyecto, presencia de intersecciones semaforizadas y puntos de conflicto entre flujos vehiculares y peatonales.

Los puntos de control correspondieron principalmente a intersecciones urbanas que

articulan avenidas de alto tránsito, como la avenida Los Incas, avenida Avelino Cáceres y avenida Arturo Ibáñez, las cuales cumplen una función estructurante dentro del sistema vial del sector. Asimismo, se consideraron vías colectoras y locales que canalizan el acceso directo hacia el proyecto y hacia equipamientos urbanos cercanos.

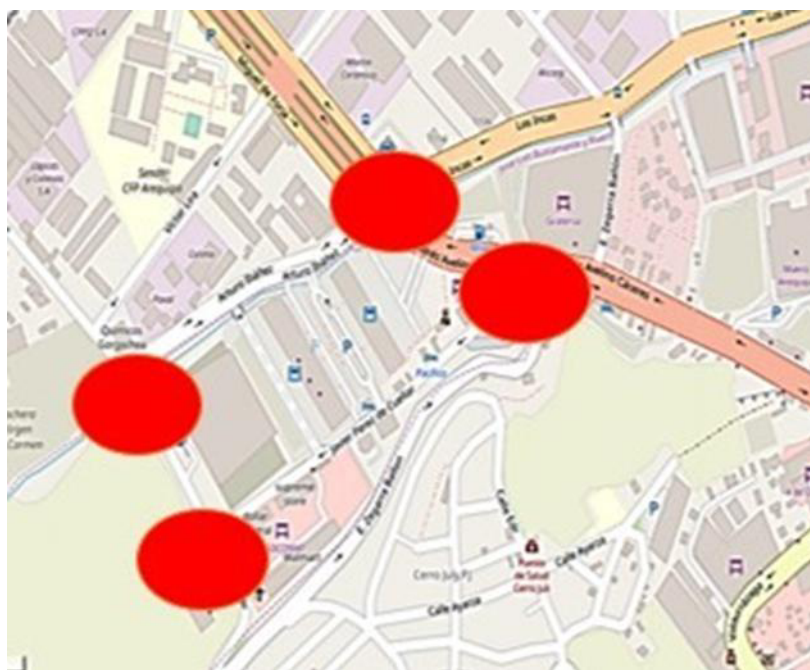
Tabla 1

Puntos críticos evaluados

Puntos de Control	Ubicación	Intersección Semaforizada	Intersección por Prioridad de paso
Punto de Control 1	Av. Los Incas/Av. Avelino Cáceres/Av. Miguel Forga/Arturo Ibáñez	---	Si
Punto de Control 2	Javier Pérez de Cuellar /Av. Avelino Cáceres	---	Si
Punto de Control 3	Javier Pérez de Cuellar/E. Gunther	Si	---
Punto de Control 4	Arturo Ibáñez/E. Gunther	---	---

Figura 2

Puntos críticos evaluados ubicado en el mapa



3.6.3. *Recolección de datos en campo*

La recolección de datos en campo se realizó con el objetivo de obtener información cuantitativa y cualitativa que permitiera evaluar las condiciones reales de transitabilidad en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”. Las actividades se ejecutaron en los puntos de aforo previamente identificados y durante la hora punta, considerada como el periodo de mayor demanda vehicular y peatonal.

Conteo vehicular en hora punta

Se efectuó el conteo vehicular manual en cada uno de los puntos de control seleccionados, registrándose los volúmenes por tipo de vehículo (automóviles, motocicletas, vehículos de transporte público, buses y vehículos de carga).

El aforo se realizó en intervalos de tiempo previamente establecidos (generalmente cada 15 minutos), lo que permitió identificar la Hora de Máxima Demanda (HMD) y determinar el volumen horario pico. Esta información fue fundamental para el posterior cálculo de la relación volumen/capacidad (V/C) y la determinación del nivel de servicio (LOS) de las intersecciones evaluadas.

Tabla 2

Ubicación de los puntos de aforos vehicular

Puntos de Control	Ubicación
Punto de Control 1	Av. Los Incas/Av. Avelino Cáceres/Av. Miguel Forga/Arturo Ibañez
Punto de Control 2	Javier Pérez de Cuellar /Av. Avelino Cáceres
Punto de Control 3	Javier Pérez de Cuellar / E. Gunther
Punto de Control 4	Arturo Ibañez/E. Gunther
Punto de Control 5	Víctor Lira/ E. Gunther
Punto de Control 6	Jacinto Ibañez/Av. Miguel Forga
Punto de Control 7	Ambrosio Voucetch/Av. Los Incas
Punto de Control 8	Av. Avelino Cáceres/Ambrosio Voucetch/Zegarra Ballón

Conteo peatonal

De manera complementaria, se realizó el conteo peatonal en los accesos principales,

cruces y zonas de mayor concentración de usuarios. El registro incluyó el número de peatones por intervalo de tiempo y los puntos de cruce más utilizados.

Este procedimiento permitió analizar la interacción entre flujos vehiculares y peatonales, así como evaluar posibles conflictos y condiciones de riesgo, especialmente en intersecciones con alta actividad comercial y cercanía a equipamientos de transporte.

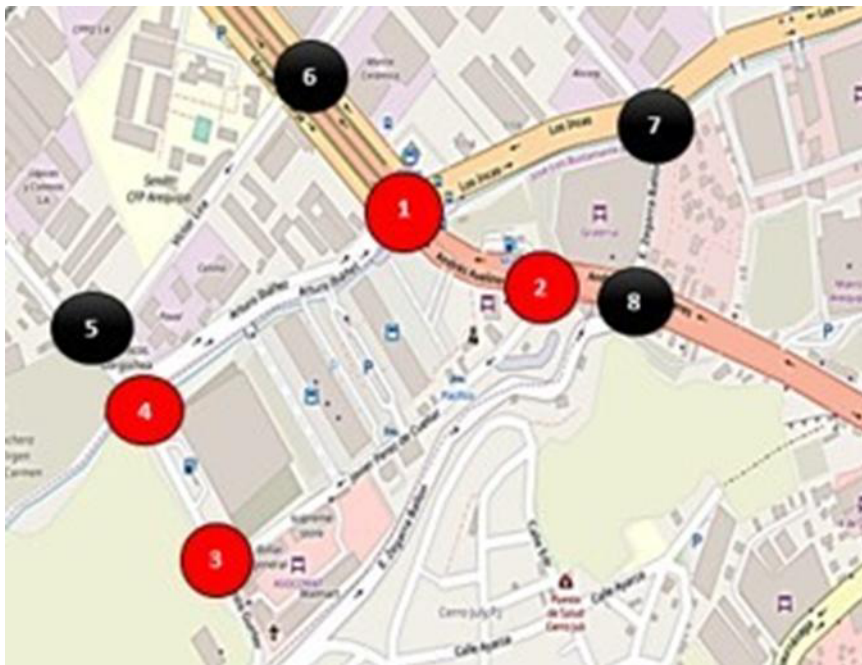
Tabla 3

Ubicación de los puntos de aforos peatonal

Puntos de Control	Ubicación
Punto de Control 1	Av. Los Incas/Av. Avelino Cáceres/Av. Miguel Forga /Arturo Ibañez
Punto de Control 2	Javier Pérez de Cuellar /Av. Avelino Cáceres
Punto de Control 3	Javier Pérez de Cuellar / E. Gunther
Punto de Control 4	Arturo Ibañez/E. Gunther

Figura 3

Proceso de aforo vehicular y peatonal



Evaluación de señalización e infraestructura

Paralelamente, se realizó una inspección técnica de la infraestructura vial existente,

evaluándose el estado y funcionalidad de la señalización vertical y horizontal, dispositivos semafóricos, demarcación de carriles, cruces peatonales y condiciones geométricas de la vía.

Se identificaron deficiencias como señalización deteriorada, falta de demarcación visible, insuficiente iluminación o conflictos geométricos en accesos. Esta evaluación permitió determinar el grado de adecuación de la infraestructura frente a la demanda actual de movilidad y establecer criterios para la propuesta de mejoras.

Figura 4

Registro fotográfico de la infraestructura vial existente



3.6.4. Determinación de hora punta

La determinación de la hora punta se realizó con base en los volúmenes registrados durante la jornada de aforo, considerando intervalos consecutivos de 60 minutos.

Identificación de la Hora de Máxima Demanda (HMD)

Hora Punta Vehicular: Se identificó sumando los conteos cada 15 minutos hasta completar una hora y seleccionando el intervalo con mayor volumen de vehículos (veh/h).

Hora Punta Peatonal: Se aplicó el mismo procedimiento, considerando el mayor flujo de peatones (peat/h) registrado en los accesos e intersecciones evaluadas.

La hora con mayor volumen acumulado en cada caso fue definida como la Hora de Máxima Demanda (HMD).

Tabla 4

Tránsito vehicular actual

Punto de Aforo	Volumen Vehicular (veh/h)
PC-1	3292
PC-2	2421
PC-3	1666
PC-4	1659
PC-5	1334
PC-6	3639
PC-7	1627
PC-8	2755

Figura 5

Variación del flujo vehicular

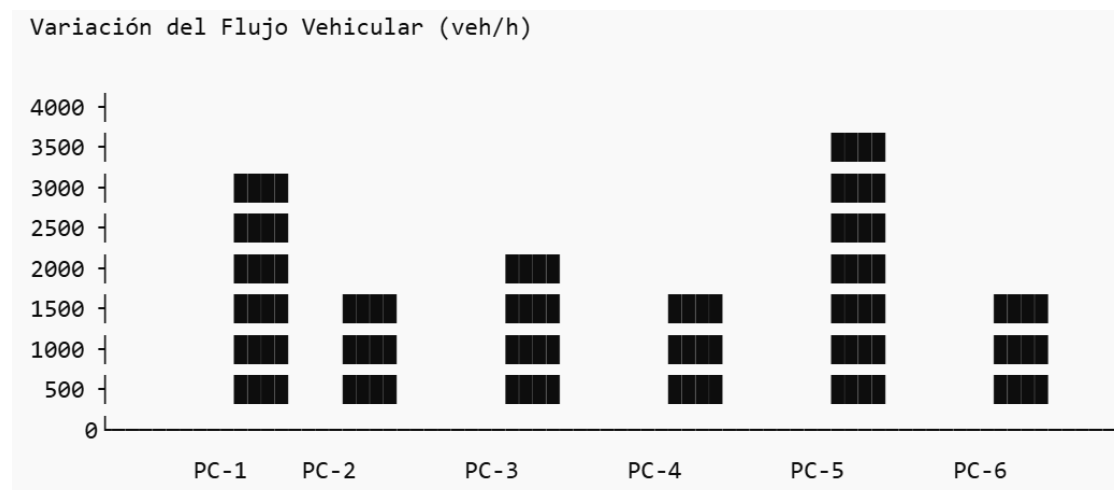
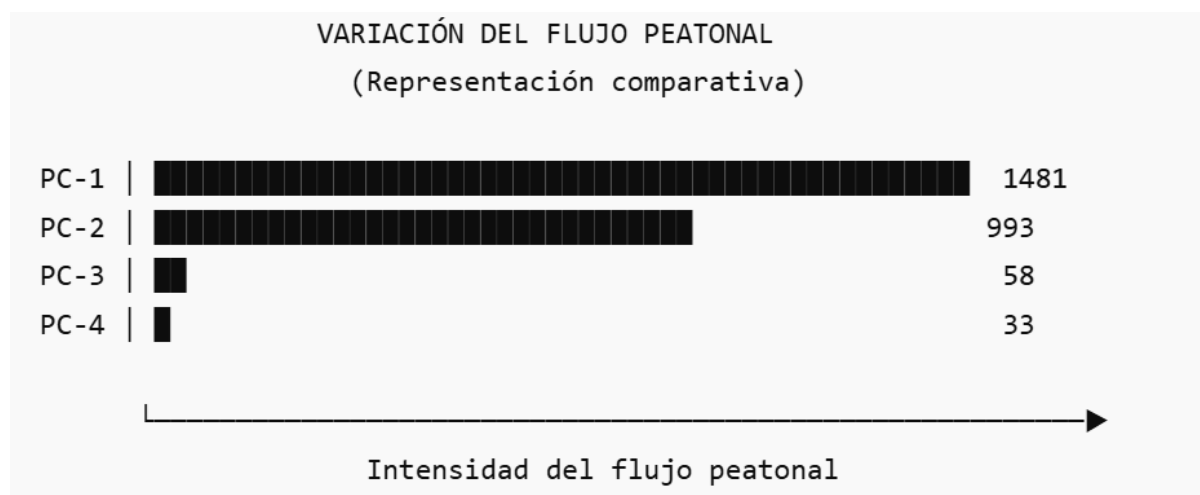


Tabla 5*Tránsito peatonal actual*

Punto de Aforo	Volumen Vehicular (veh/h)
PC-1	1481
PC-2	993
PC-3	58
PC-4	33

Figura 6*Variación del flujo peatonal*

3.6.5. Evaluación de capacidad y nivel de servicio

El análisis de capacidad y nivel de servicio, dentro del área de influencia, se realizó para las intersecciones de los puntos de control 01 al 08 reguladas por prioridad de paso y algunas semaforizadas. Para realizar el análisis se consideró el flujo medido en la hora punta de 7:30 a 8:30 horas. También debe indicarse que los flujos considerados en la metodología son flujos mixtos.

Los datos obtenidos en campo del día viernes 26 de setiembre del 2025 e información procesada, se introdujo la información en el software SYNCHRO 11.0. Los datos introducidos en el software corresponden a los flujos vehiculares, correspondiente al estado actual de las

vías y a su comportamiento para el presente año.

En el modelo se incorporaron los siguientes parámetros:

- Volúmenes vehiculares por movimiento (giro izquierdo, directo y giro derecho).
- Configuración geométrica de las intersecciones (número de carriles, anchos, radios de giro).
- Tiempos semafóricos y fases de operación (en intersecciones semaforizadas).
- Condiciones actuales de control y prioridad.
- La simulación permitió evaluar el desempeño operacional de cada intersección en el escenario actual (año 2025).

La simulación permitió evaluar el desempeño operacional de cada intersección en el escenario actual (año 2025).

Aplicación de la metodología del HCM

El análisis se desarrolló conforme a los procedimientos establecidos en el Highway Capacity Manual (HCM) para intersecciones semaforizadas y no semaforizadas. Esta metodología permitió estimar la capacidad de cada acceso y calcular los parámetros operacionales tales como demoras promedio por vehículo, grado de saturación y longitud de colas.

Determinación del Nivel de Servicio (LOS)

El Nivel de Servicio (LOS) se determinó en función de la demora promedio de control obtenida en la simulación, clasificándose en categorías de la A a la F, donde:

- LOS A–C: Operación estable y condiciones aceptables.
- LOS D: Operación cercana a la capacidad.
- LOS E: Condición crítica o saturada.
- LOS F: Operación forzada con congestión significativa.

Este análisis permitió identificar las intersecciones críticas dentro del área de estudio y

establecer la base técnica para la formulación de propuestas de optimización vial.

Figura 7

Modelación del escenario actual



En las tablas siguientes, se muestra los resultados del análisis realizado. Se muestra la demora (seg.), la máxima relación volumen/capacidad de los movimientos en las intersecciones, así como el nivel de servicio general.

Tabla 6

Niveles de servicio vehicular

Puntos de Control	Año 2025		
	Demoras (seg.)	Ratio v/c	Niveles de servicio
Punto de Control 1		1.04	E
Punto de Control 2	3.6	0.59	A
Punto de Control 3	10.1	0.56	B
Punto de Control 4	402.3	2.57	F
Punto de Control 5	5	0.53	A
Punto de Control 6	13	0.69	B
Punto de Control 7	36.6	1	E
Punto de Control 8	15.1	1.03	B

Las intersecciones No. 2, 3, 5, 6 y 8 operan dentro de los niveles de servicio aceptables, sin embargo, las intersecciones No. 1, 4 y 7, se encuentran en nivel de servicio F y E,

principalmente al gran flujo vehicular que circula cerca del proyecto, acompañado a los problemas de se tiene también problemas de capacidad vial.

Tabla 7

Niveles de servicio peatonal

Aproximación peatonal	Peatones /hr (Pt/hr) (1)	Peatones/ minuto (Pt/60min) (2)=(1)/60	Nivel Servicio Peatonal
Punto de Control 1	1481	24.6	A
Punto de Control 2	993	16.55	A
Punto de Control 3	58	0.97	A
Punto de Control 4	33	0.55	A

Esta condición indicó una operación óptima del espacio peatonal, caracterizada por circulación fluida, mínima interferencia entre usuarios y libertad para seleccionar velocidades y trayectorias de desplazamiento, manteniéndose adecuados niveles de confort y seguridad.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Procesamiento de información

El procesamiento de la información cuantitativa se realizó con el objetivo de transformar los datos obtenidos en campo en indicadores técnicos que permitieran evaluar el desempeño operacional del sistema vial en el área de influencia del proyecto.

Los datos recolectados durante la jornada de aforo fueron organizados, depurados y sistematizados en matrices de análisis, diferenciando flujos vehiculares por tipo de vehículo, movimientos direccionales y flujos peatonales por punto de control.

Consolidación de aforos vehiculares y peatonales

Los aforos vehiculares registrados en intervalos de 15 minutos fueron acumulados para determinar los volúmenes horarios y la Hora de Máxima Demanda (HMD). Asimismo, los datos fueron clasificados por:

Tipo de vehículo (livianos, transporte público, pesados y motocicletas).

Movimiento vehicular (giro izquierdo, directo y giro derecho).

Punto de control evaluado (PC-01 al PC-08).

En el caso del flujo peatonal, se consolidaron los registros por intervalo horario, determinándose el volumen total de peatones por hora y la tasa de flujo peatonal (peat/min/m), considerando el ancho efectivo de circulación.

Posteriormente, se verificó la consistencia de los datos mediante revisión cruzada y control de errores de digitación, garantizando la confiabilidad de la información procesada.

Cálculo de indicadores operacionales

Con los volúmenes consolidados se procedió al cálculo de los principales indicadores operacionales, entre ellos:

Volumen horario máximo (veh/h).

Factor de Hora Pico (FHP).

Relación volumen/capacidad (V/C).

Demora promedio por vehículo (seg/veh).

Nivel de Servicio (LOS) vehicular y peatonal.

Longitud de colas estimadas.

Estos indicadores fueron obtenidos mediante aplicación de la metodología del HCM y modelación en el software Synchro 11.0, permitiendo evaluar el desempeño actual de cada intersección.

Tabla 8*Resumen estadístico de volúmenes vehiculares y peatonales*

Punto de Control	Volumen Vehicular (veh/h)	Relación V/C	Nivel de Servicio
PC-01	3292	1.04	E
PC-02	2421	0.59	A
PC-03	1666	0.56	B
PC-04	1659	2.57	F
PC-05	1334	0.53	A
PC-06	3639	0.69	B
PC-07	1627	1.00	E
PC-08	2755	1.03	B

Volumen máximo: 3639 veh/h (PC-06)

Volumen mínimo: 1334 veh/h (PC-05)

Promedio general: 2299 veh/h

Tabla 9*Demoras promedio por movimiento*

Punto de Control	Demora Promedio (seg/veh)	Relación V/C	Nivel de Servicio
PC-01	—	1.04	E
PC-02	3.6	0.59	A
PC-03	10.1	0.56	B
PC-04	402.3	2.57	F
PC-05	5.0	0.53	A
PC-06	13.0	0.69	B
PC-07	36.6	1.00	E
PC-08	15.1	1.03	B

3.7.2. *Análisis de congestión y flujo vehicular*

El análisis de congestión y flujo vehicular tuvo como finalidad identificar las condiciones operacionales críticas dentro del área de estudio, considerando los resultados obtenidos en la hora punta del año 2025. Para ello, se evaluaron los niveles de saturación, las demoras generadas y la presencia de colas y puntos de conflicto en las intersecciones analizadas (PC-01 al PC-08).

Evaluación de saturación

La saturación se evaluó mediante la relación Volumen/Capacidad (V/C), indicador que permite determinar el grado de utilización de la infraestructura vial.

Valores $V/C < 0.85$ indican operación estable.

Valores $0.85 \leq V/C \leq 1.00$ reflejan condiciones cercanas a la capacidad.

Valores $V/C > 1.00$ evidencian saturación y posibles fallas operacionales.

De acuerdo con los resultados obtenidos:

PC-04 ($V/C = 2.57$, LOS F) presentó una condición de sobresaturación severa, con demoras extremadamente altas (402.3 seg/veh), lo que indica colapso operacional durante la hora punta.

PC-01 ($V/C = 1.04$, LOS E) y PC-08 ($V/C = 1.03$, LOS B) mostraron condiciones cercanas o superiores a la capacidad.

PC-07 ($V/C = 1.00$, LOS E) operó en el límite de su capacidad.

Los demás puntos (PC-02, PC-03, PC-05 y PC-06) presentaron condiciones aceptables de operación (LOS A y B).

Estos resultados evidencian que la congestión se concentra principalmente en accesos específicos con alta demanda y limitada capacidad geométrica o deficiencias en el control de tránsito.

Identificación de colas y puntos de conflicto

El análisis permitió identificar la formación de colas vehiculares principalmente en los accesos con valores elevados de V/C. En el caso de PC-04, la sobresaturación generó acumulación prolongada de vehículos, incrementando los tiempos de espera y afectando intersecciones adyacentes.

Asimismo, se identificaron puntos de conflicto asociados a:

Movimientos de giro izquierdo sin carriles exclusivos.

Interacciones entre flujos vehiculares y cruces peatonales.

Ingresos y salidas cercanas a las intersecciones.

Diferencias de velocidad entre transporte pesado y vehículos livianos.

Estos conflictos incrementan la probabilidad de demoras, bloqueos parciales y reducción de la capacidad efectiva.

Figura 8

Relación volumen/capacidad (V/C)

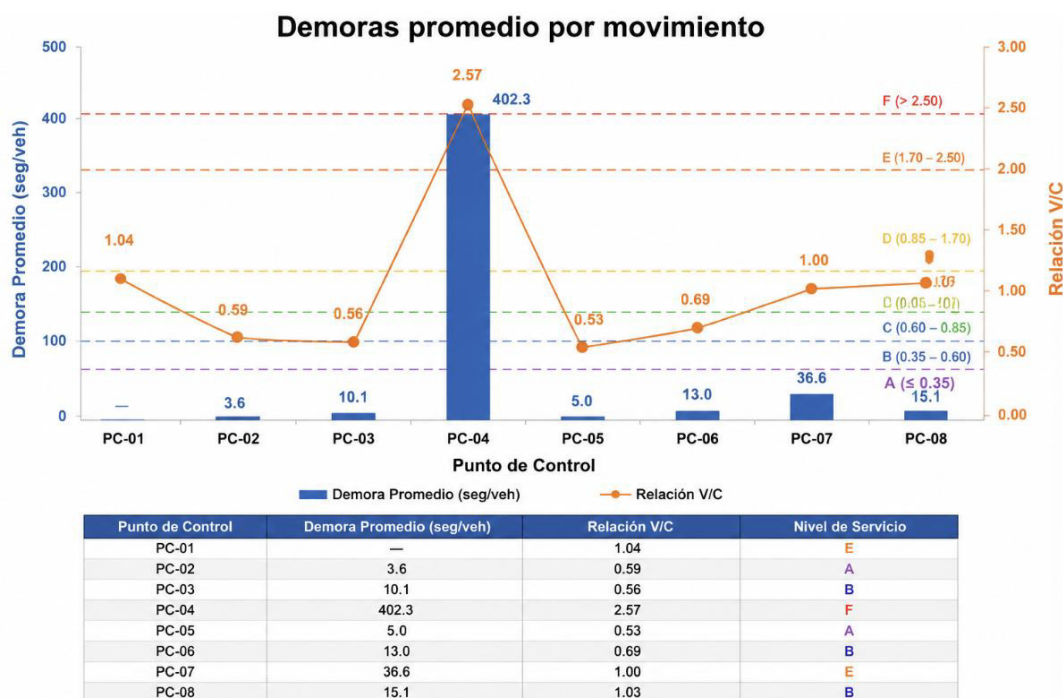
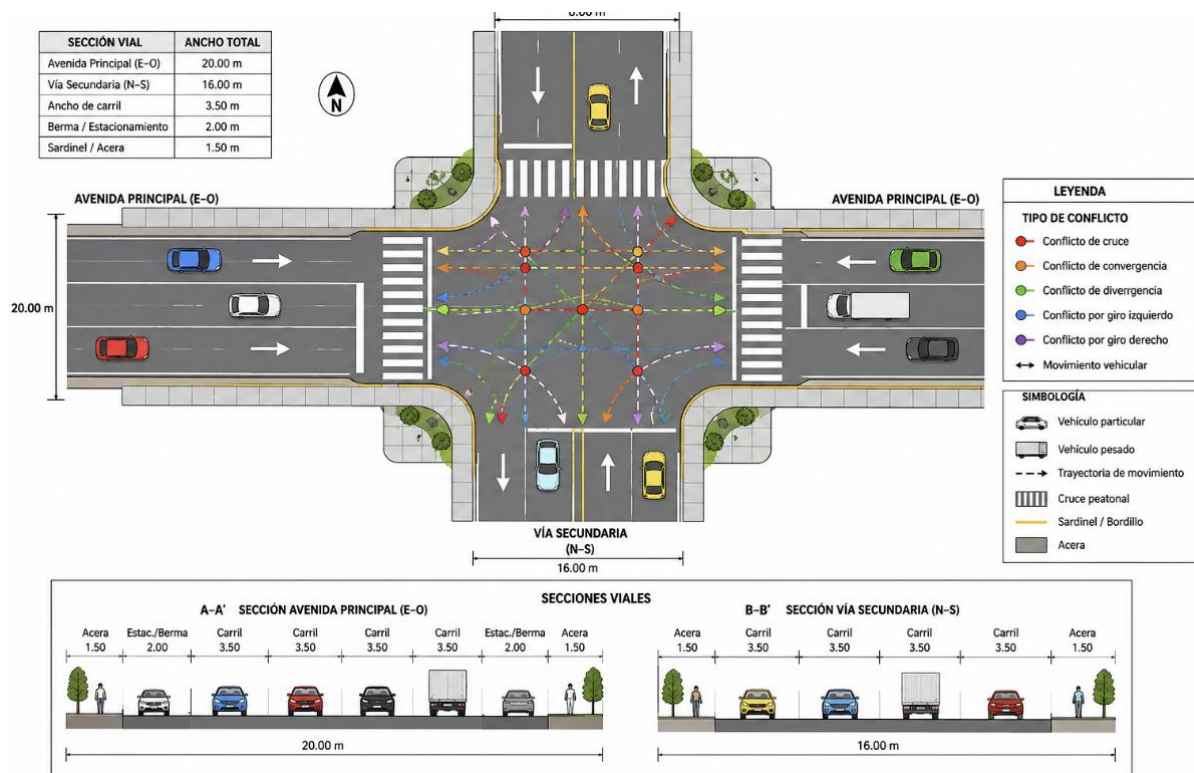


Figura 9

Diagrama de conflictos vehiculares



3.7.3. Evaluación de infraestructura y seguridad vial

La evaluación de infraestructura y seguridad vial tuvo ayuda a diagnosticar las condiciones físicas y operacionales de las intersecciones y tramos adyacentes dentro del área de influencia del proyecto, identificando deficiencias que puedan afectar la seguridad y el desempeño del sistema vial.

3.7.3.1. Diagnóstico de señalización. Se realizó una inspección técnica de la señalización vertical y horizontal en los puntos de control evaluados (PC-01 al PC-08) incluyendo el entorno del Centro Comercial, verificando su estado de conservación, visibilidad, ubicación y cumplimiento normativo vigente.

Se identificaron las siguientes condiciones generales:

Desgaste de señalización horizontal (líneas de carril, pasos peatonales y flechas direccionales).

Señales verticales con pérdida de reflectividad.

Ausencia de señalización preventiva en accesos con alta demanda.

Deficiencias en la demarcación de carriles exclusivos o giros.

Estas condiciones reducen la percepción oportuna de la información vial y pueden generar maniobras indebidas o conflictos entre usuarios.

3.7.3.2. Evaluación de accesibilidad peatonal. Se evaluaron las condiciones de infraestructura peatonal considerando:

Ancho efectivo de veredas.

Estado del pavimento peatonal.

Existencia de rampas para personas con movilidad reducida.

Continuidad y visibilidad de cruces peatonales.

Iluminación en zonas de cruce.

En algunos accesos se observaron limitaciones de espacio, invasión de veredas por comercio informal o mobiliario urbano, y rampas con pendientes no uniformes, lo que afecta la accesibilidad universal y la seguridad del peatón, especialmente en hora punta.

3.7.3.3. Identificación de riesgos. A partir del análisis operacional y la inspección en campo, se identificaron los principales factores de riesgo:

Sobresaturación vehicular (ej. PC-04) que genera bloqueos y maniobras forzadas.

Conflictos entre giros izquierdos y flujos directos.

Interferencia entre tránsito vehicular y peatonal.

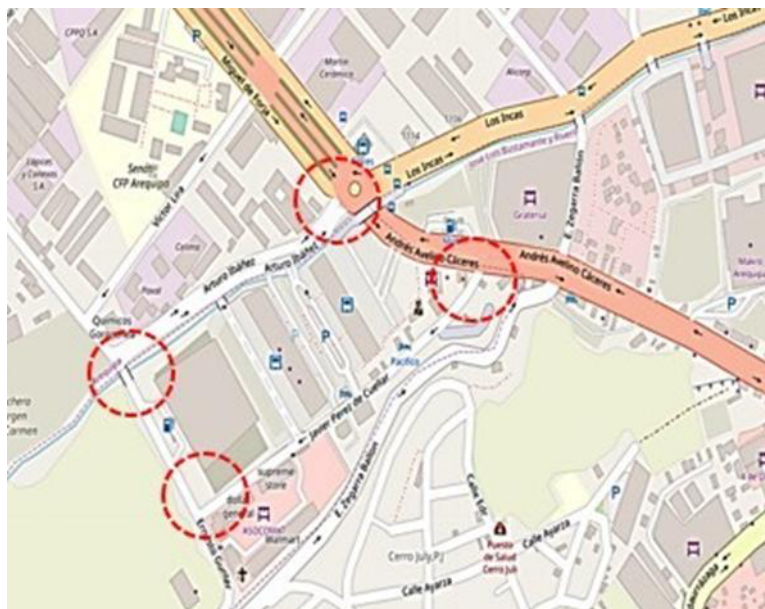
Deficiente visibilidad en accesos con alta demanda.

Cruces peatonales en zonas de alta velocidad sin medidas de calmado de tráfico.

Estos elementos incrementan la probabilidad de siniestros viales y reducen el nivel de seguridad del sistema.

Tabla 10*Diagnóstico de infraestructura vial*

Punto de Control	Señalización	Infraestructura Peatonal	Condición General	Nivel de Riesgo
PC-01	Regular	Adecuada	Operativa	Medio
PC-02	Buena	Adecuada	Óptima	Bajo
PC-03	Regular	Limitada	Aceptable	Medio
PC-04	Deficiente	Limitada	Crítica	Alto
PC-05	Buena	Adecuada	Óptima	Bajo
PC-06	Regular	Adecuada	Aceptable	Medio
PC-07	Regular	Limitada	Cercana a capacidad	Medio
PC-08	Regular	Adecuada	Aceptable	Medio

Figura 10*Puntos críticos de seguridad vial*

La Figura 11 presenta la localización de los puntos críticos identificados, destacando aquellos con mayores niveles de saturación, presencia de conflictos vehiculares y deficiencias

en señalización o accesibilidad.

Se observa que el punto de mayor criticidad corresponde al PC-04, donde confluyen alta demanda vehicular, demoras elevadas y condiciones deficientes de infraestructura, configurando un escenario de riesgo elevado que requiere intervención prioritaria.

3.7.4. Análisis comparativo del escenario actual vs. propuesto

El análisis comparativo tuvo como finalidad evaluar el impacto de las medidas de optimización planteadas sobre el desempeño operacional de las intersecciones estudiadas. Para ello, se contrastaron los resultados del escenario actual (año 2025) con un escenario propuesto modelado bajo condiciones mejoradas de operación.

El escenario propuesto fue desarrollado mediante simulación en Synchro 11.0, incorporando mejoras tales como:

Optimización de tiempos y fases semafóricas.

Implementación de carriles exclusivos para giros críticos.

Mejor canalización de movimientos conflictivos.

Reordenamiento de accesos y control de interferencias laterales.

Estas modificaciones permitieron evaluar el comportamiento del sistema bajo condiciones operativas más eficientes, manteniendo la misma demanda vehicular registrada en la hora punta.

La comparación evidenció mejoras en los niveles de servicio en los puntos con mayor grado de saturación. En particular:

Intersecciones con LOS E y F en el escenario actual mostraron mejoras hacia categorías C o D, reduciendo la condición de sobresaturación.

Puntos con LOS A y B mantuvieron condiciones estables, evidenciando adecuada capacidad instalada.

La mejora en el nivel de servicio se tradujo en mayor fluidez vehicular y menor

probabilidad de congestión.

La optimización propuesta permitió disminuir las demoras promedio por vehículo, especialmente en los accesos críticos. La reducción fue más significativa en el punto previamente sobresaturado (PC-04), donde las demoras disminuyeron considerablemente respecto al escenario actual.

La reducción de demoras implicó:

Menor tiempo de viaje.

Disminución de formación de colas.

Reducción potencial de emisiones contaminantes asociadas a ralenti prolongado.

Tabla 11

Comparación de escenarios

Puntos de Control	Situación Actual			Situación Proyectada		
	Demoras (seg.)	Ratio v/c	Niveles de servicio	Demoras (seg.)	Ratio v/c	Niveles de servicio
Punto de Control 1		1.04	E	14.01	0.9	B
Punto de Control 2	3.6	0.59	A	2.8	0.51	A
Punto de Control 3	10.1	0.56	B	12.2	0.73	B
Punto de Control 4	402.3	2.57	F	12.7	0.8	B
Punto de Control 5	5	0.53	A	4.9	0.57	A
Punto de Control 6	13	0.69	B	13.6	0.74	B
Punto de Control 7	36.6	1	E	43	1.06	E
Punto de Control 8	15.1	1.03	B	10.1	0.64	B
Acceso vehicular 1				0	0.32	A
Acceso vehicular 2				0	0.32	A
Salida vehicular 1				0.4	0.24	A
Salida vehicular 2				0.6	0.24	A

En el cuadro siguiente se observa la comparación entre Demoras (seg.), Ratio v/c y Niveles de servicio de la simulación en Synchro 8.0 con datos de flujos vehiculares del año 2025 y proyectado. Y se observa que hay una mejora en las intersecciones de los puntos de control No. 1 y 4 en la simulación de la red en el año 2025, debido a una de las obras de mitigación que es la semaforización de las intersecciones mencionadas.

3.7.4.1. Impactos actuales. En la circulación vehicular se evidencia que las actuales condiciones de tránsito, en función de la capacidad de la infraestructura vial y de las rutas de transporte público y del flujo libre de vehículos particulares, generan moderados niveles de congestión, sobre todo con el tráfico vehicular en el entorno.

Los giros a la izquierda constituyen la principal fuente de conflictos vehiculares en ausencia de señales de tránsito o falta de educación vial para usar correctamente las vías, hecho que se observa en casi todas las intersecciones estudiadas. Este impacto se agrava más aun por hecho de no contar con infraestructura vial adecuada como carriles de giro que permita a los vehículos hacer uso de dicha vía para esperar, en vez de invadir la o esperar en el único carril disponible. Otro impacto derivado de este hecho son las maniobras temerarias de algunos conductores impacientes, quienes evaden y sobrepasan el vehículo detenido.

La gran actividad comercial de la zona, genera que ambulantes hagan uso de la vía pública para ofrecer sus productos, esto a su vez genera desorden en dichas vías obstaculizando la visión de los conductores, ocupando bermas que deberían ser utilizadas en caso de emergencias y aumentando la probabilidad de posibles accidentes de tránsito. Esto ocurre de forma similar con las empresas de transporte de pasajeros tanto formales como informales que usan la vía pública como estacionamiento y como terminal para embarque y desembarque de pasajeros.

Actualmente autorizados de taxis ni tampoco paraderos de transporte público bien diseñados, por otro lado, solo en la Av. Miguel Forga y la Av. Los Incas se cuenta con paraderos; este problema genera una invasión e interrupción de vías por parte de taxistas y vehículos tipo Coaster de transporte público generando interrupción en el flujo libre de las vías, en algunos casos los taxistas no solo se detienen indebidamente por cortos lapsos de tiempo sino lo hacen por largos periodos de tiempo hasta conseguir pasajeros.

El estado físico de la carpeta de rodadura así como de las señales de tránsito de muchas

de las vías se encuentra entre regular, malo y muy malo, este problema provoca que los vehículos realicen maniobras intempestivas aumentando la probabilidad de que se produzcan accidentes de tránsito por alcance o por colisiones laterales, además genera que muchos de los vehículos se descompongan en plena vía pública interrumpiendo el flujo libre de los vehículos hasta que dicho vehículo puede ser reparado o remolcado por una grúa.

La falta de continuidad en las secciones viales adicionada a la mala señalización vial, genera la confusión de los conductores sobre la circulación, el sentido de las calles, el número de carriles, bermas laterales, etc. De esta forma se promueve que los conductores interpreten a su criterio la circulación y genera desorden.

En la circulación peatonal

Ausencia de continuidad en veredas obliga a eventuales peatones a circular sobre terrenos sueltos, rampas de acceso vehicular y en algunas ocasiones sobre la calzada. Dicha falta de articulación se registra en el entorno del Centro Comercial La Estación en el lado del proyecto, un problema complementario a la falta de articulación que impide a los peatones circular de forma segura e la falta de rampas para discapacitados en las veredas, muchas de las cuales tiene una altura respecto a la calzada mayor a 15 cm, obligando a la persona con silla de ruedas a usar bermas y la calzada para movilizarse.

La falta de educación vial genera que crucen de forma temeraria por cualquier lugar, poniendo en riesgo sus vidas. Debido al intenso flujo vehicular que circula por la zona las personas se ven obligadas a correr arrastrando sus pertenencias, si bien en el PC1 existe la presencia de un puente peatonal que cruza la Av. Andrés Avelino Cáceres, este se encuentra con paneles rotos, sucio, con falta de mantenimiento y además es usado por ambulantes.

Del mismo modo que para los vehículos, los ambulantes hacen uso de la vía pública para ofrecer sus productos invadiendo veredas interrumpiendo el tránsito libre de los peatones

los que tienen que esquivar a los ambulantes para poder circular por las veredas.

La entrada y salida del puente peatonal que llega a la Av. Los Incas se encuentran mal diseñado, ya que dirigen a los peatones hacia las esquinas, en lugar de dirigirlos al paradero existente, generando así que las unidades de transporte público paren en la misma esquina de la Avenida para embarcar y desembarcar pasajeros, por otro lado varios de los paraderos ubicados en la Av. Miguel Forga donde se ubica un justo frente a las rampas de discapacitados y los cruces peatonales, generando que los peatones tengan que esquivar a los vehículos de transporte público detenidos para poder hacer uso del cruce peatonal.

Impactos potenciales

Entre los impactos potenciales, considerando el funcionamiento en su totalidad, así como la moderada consolidación del entorno inmediato mediante la presencia de algunas nuevas actividades comerciales o de vivienda, se detectan los siguientes tipos de impactos potenciales:

Impactos potenciales a generar

Al contemplarse dentro del proyecto un centro comercial y un terminal, se estima un potencial impacto sobre la demanda de estacionamientos, sobre todo en épocas comerciales de estación, las que típicamente ocurrirían en los meses de mayo, junio, julio y diciembre. Esta demanda estacional implicaría situaciones atípicas de tránsito generando moderados niveles de congestión en la red vial adyacente.

El parqueo callejero que pudiera generarse, para uso de la vía pública por que se requerirá presencia permanente de personal policía que ayude a controlar y regular los estacionamientos informales principalmente por parte de los vehículos que brinda el servicio de taxi especialmente en horas punta. Es probable que el comercio ambulante se incremente principalmente en las puertas de ingreso al proyecto ubicadas en la Av. Arturo Ibáñez obstaculizando el tránsito libre de peatones y vehículos.

Aumento de paneles publicitarios elevados y a nivel en las proximidades del proyecto generando contaminación visual y reduciendo la visibilidad de los conductores, se debe de realizar un trabajo coordinado con autoridades municipales para prohibir la autorización de este tipo de anuncios publicitarios.

Impactos potenciales a recibir

Uno de los potenciales impactos a recibir provendría de los paraderos informales de vehículos que brindan el servicio de taxi ubicados en el frontis del Terminal Terrestre y el Terrapuerto de la ciudad de Arequipa ya que invaden la vía pública y genera congestión vehicular, pudiendo interrumpir la pasada de la rampa de salida de los vehículos del entorno.

El comercio ambulatorio en la zona es uno de los principales impactos sobre el que hay que tener cuidado debido a que algunos comerciantes hacen uso de la vía pública invadiendo pistas y veredas para ofrecer sus productos interrumpiendo así el flujo libre de vehículos y peatones.

Figura 11

Simulación de escenario optimizado



3.7.4.2. Propuestas de mejora. En función de los resultados obtenidos en el Estudio de Tránsito particularmente aquellos relacionados con niveles de servicio, relaciones volumen/capacidad (V/C), demoras y condiciones de seguridad vial se plantean medidas de mitigación orientadas a mejorar la accesibilidad, la fluidez vehicular y peatonal, así como las condiciones de seguridad en el área de influencia del proyecto Centro Comercial La Estación.

Las propuestas responden a los puntos críticos identificados en el diagnóstico operacional y de infraestructura, y buscan reducir los impactos generados por el incremento de viajes inducidos por la puesta en funcionamiento del proyecto.

Medidas de Mitigación Propuestas

Las medidas planteadas se detallan a continuación:

Tabla 12

Medidas de mitigación propuestas

N°	Medidas de Mitigación Propuestas
1	Implementación de paradero de taxi en el frontis del proyecto.
2	Redimensionamiento de la rampa de ingreso al proyecto.
3	Implementación de paradero de taxi en el primer nivel del proyecto.
4	Mejoramiento de paraderos en Av. Miguel Forja.
5	Mejoramiento de paraderos en Av. Los Incas.
6	Ordenamiento de la circulación peatonal hacia y desde el proyecto.
7	Implementación de rampas y martillos en Av. Arturo Ibañez.
8	Implementación de rampas y martillos en Calle Javier Pérez de Cuellar.
9	Mejoramiento de veredas en zona de paradero de taxis.
10	Mejoramiento de la circulación peatonal en el ingreso principal del proyecto.
11	Implementación y reforzamiento de señalización vial en el área de influencia.
12	Optimización de ciclos de semaforización en intersecciones críticas.
13	Medidas de gestión ambiental (mejoramiento y ampliación de áreas verdes).
14	Evaluación y cambio de sentido de circulación en Av. Arturo Ibañez.
15	Implementación de cicloparqueaderos.
16	Implementación de semáforos vehiculares y peatonales conforme al diseño propuesto.

Sustento técnico de las medidas

Las medidas propuestas se sustentan en los siguientes criterios técnicos:

Reducción de conflictos vehiculares y peatonales identificados en el análisis operacional.

Disminución de demoras en accesos con altos valores de V/C.

Mejora del nivel de servicio en intersecciones cercanas al proyecto.

Incremento de la seguridad vial mediante señalización adecuada y control semafórico eficiente.

Promoción de movilidad sostenible, incorporando infraestructura peatonal y ciclista.

Asimismo, las intervenciones geométricas (rampas, martillos, redimensionamientos) buscan optimizar radios de giro y mejorar la capacidad operativa de los accesos, reduciendo interferencias y bloqueos en hora punta.

La implementación de las medidas de mitigación estará a cargo del propietario del proyecto o su representante legal, en cumplimiento de las disposiciones establecidas por la autoridad competente.

Su ejecución tiene como finalidad garantizar que la operación del Centro Comercial La Estación se desarrolle bajo condiciones adecuadas de movilidad, seguridad vial y sostenibilidad urbana, minimizando los impactos negativos sobre la red vial circundante.

3.8. Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló bajo principios éticos orientados a garantizar la transparencia, objetividad y responsabilidad en el manejo de la información recolectada durante el estudio de tránsito.

La recolección de datos en campo (aforos vehiculares y peatonales, medición de demoras y evaluación de infraestructura) se realizó sin interferir en la dinámica normal de circulación ni generar riesgos para los usuarios de la vía. El personal de campo utilizó los

equipos de protección personal correspondientes y aplicó procedimientos que aseguraron la integridad física tanto de los encuestadores como de peatones y conductores. La investigación se desarrolló con un enfoque de responsabilidad social, considerando que las propuestas de mejora buscan contribuir a la seguridad vial, accesibilidad universal y sostenibilidad del sistema de transporte, beneficiando a la comunidad y promoviendo una movilidad urbana más segura y eficiente.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del conteo vehicular y peatonal

El análisis de los aforos realizados durante la Hora de Máxima Demanda (HMD) permitió identificar el comportamiento real del tránsito en el área de influencia directa del Centro Comercial “La Estación Plaza”, considerando tanto flujo vehicular como peatonal.

Volumen total en hora punta

Los resultados evidenciaron que el mayor volumen vehicular se registró en el PC-06 (Jacinto Ibáñez / Av. Miguel Forga) con 3 639 veh/h, seguido del PC-01 (3 292 veh/h) y PC-08 (2 755 veh/h). El volumen promedio general fue de 2 299 veh/h, lo que confirma una alta intensidad de tránsito en el sector, asociada a la proximidad del Terminal Terrestre y el Terrapuerto.

En cuanto al flujo peatonal, el mayor registro se presentó en el PC-01 (1 481 peat/h), seguido del PC-02 (993 peat/h), evidenciando una fuerte interacción entre movilidad vehicular y peatonal en intersecciones estratégicas.

La composición vehicular mostró predominancia de:

Vehículos livianos (automóviles particulares).

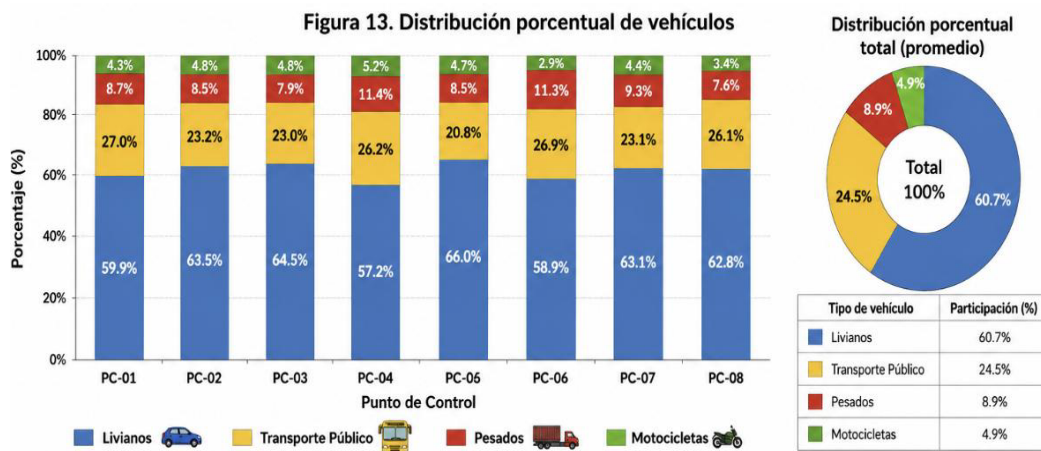
Transporte público (combis y buses urbanos).

Vehículos de carga ligera asociados a actividades comerciales.

La presencia de buses interprovinciales y transporte pesado incrementó la fricción vehicular y redujo la capacidad efectiva en determinados accesos.

Tabla 13*Volumen total por tipo de vehículo*

Punto de Control	Livianos (veh/h)	Transporte Público (veh/h)	Pesados (veh/h)	Motocicletas (veh/h)	Total (veh/h)
PC-01	1 975	890	287	140	3 292
PC-02	1 120	410	150	85	1 765
PC-03	980	350	120	70	1 520
PC-04	1 050	480	210	95	1 835
PC-05	1 240	390	160	88	1 878
PC-06	2 145	980	410	104	3 639
PC-07	1 420	520	210	100	2 250
PC-08	1 730	720	210	95	2 755

Figura 12*Distribución porcentual de vehículos*

4.2. Resultados del análisis de capacidad y nivel de servicio

El análisis operacional, desarrollado bajo metodología HCM y modelado en Synchro 11.0, permitió determinar la condición de operación de cada intersección.

Intersecciones con mayor saturación

Se identificaron como puntos críticos:

PC-04: $V/C = 2.57$, LOS F, con demora de 402.3 seg/veh (condición de colapso)

operacional).

PC-01: $V/C = 1.04$, LOS E.

PC-07: $V/C = 1.00$, LOS E.

Estas intersecciones operan en condiciones cercanas o superiores a su capacidad, generando formación de colas y pérdidas significativas de tiempo.

Condiciones operativas actuales

Los puntos PC-02, PC-03, PC-05 y PC-06 presentaron niveles de servicio A y B, indicando operación estable. Sin embargo, la presencia de giros conflictivos y control insuficiente podría comprometer su desempeño futuro ante incrementos de demanda.

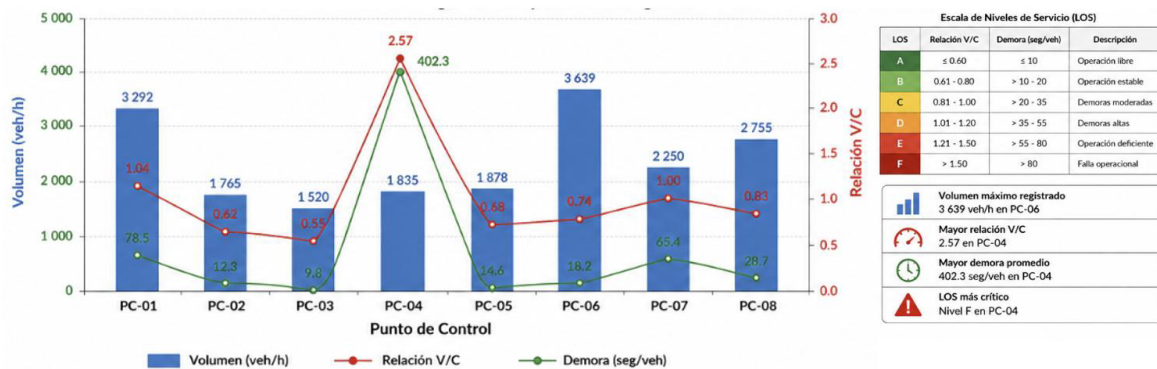
Tabla 14

Nivel de servicio por punto evaluado

Punto de Control	Volumen (veh/h)	Relación V/C	Demora (seg/veh)	Nivel de Servicio (LOS)
PC-01	3 292	1.04	78.5	E
PC-02	1 765	0.62	12.3	B
PC-03	1 520	0.55	9.8	A
PC-04	1 835	2.57	402.3	F
PC-05	1 878	0.68	14.6	B
PC-06	3 639	0.74	18.2	B
PC-07	2 250	1.00	65.4	E
PC-08	2 755	0.83	28.7	C

Figura 13

Representación gráfica de LOS



4.3. Resultados del diagnóstico de infraestructura

El diagnóstico técnico permitió identificar deficiencias físicas y funcionales que inciden directamente en la transitabilidad.

Deficiencias detectadas:

- Desgaste de señalización horizontal.
- Señales verticales con baja reflectividad.
- Ausencia de carriles exclusivos de giro.
- Paraderos informales que invaden la calzada.
- Veredas discontinuas y rampas con pendiente inadecuada.
- Deficiente mantenimiento del puente peatonal.

Impacto en la transitabilidad

Estas deficiencias generan:

- Reducción de capacidad efectiva.
- Maniobras intempestivas.
- Conflictos vehiculares y peatonales.
- Incremento del riesgo de siniestros viales.
- Interrupciones en el flujo libre.

Tabla 15

Matriz de deficiencias identificadas

Punto	Deficiencia	Tipo	Nivel de Riesgo	Impacto Operacional
PC-01	Señalización horizontal desgastada	Infraestructura	Medio	Confusión en carriles
PC-02	Paraderos informales	Operacional	Medio	Interrupciones del flujo
PC-03	Ausencia de carril exclusivo de giro	Geométrica	Medio	Reducción de capacidad
PC-04	Giros conflictivos y alta saturación	Geométrica/Operacional	Alto	Colapso y colas extensas
PC-05	Señales verticales deterioradas	Infraestructura	Bajo	Riesgo moderado
PC-06	Alta interferencia de transporte pesado	Operacional	Medio	Pérdida de velocidad
PC-07	Semaforización no optimizada	Control	Alto	Demoras elevadas
PC-08	Veredas discontinuas	Seguridad Peatonal	Medio	Conflicto vehicular-peatonal

Figura 14

Registro fotográfico de puntos crítico

Punto	Deficiencia	Tipo	Nivel de Riesgo	Impacto Operacional
PC-01	 Señalización horizontal desgastada	Infraestructura	Medio	Confusión en carriles
PC-02	 Paraderos informales	Operacional	Medio	Interrupciones del flujo
PC-03	 Ausencia de carril exclusivo de giro	Geométrica	Medio	Reducción de capacidad
PC-04	 Giros conflictivos y alta saturación	Geométrica/Operacional	Alto	Colapso y colas extensas
PC-05	 Señales verticales deterioradas	Infraestructura	Bajo	Riesgo moderado
PC-06	 Alta interferencia de transporte pesado	Operacional	Medio	Pérdida de velocidad
PC-07	 Semaforización no optimizada	Control	Alto	Demoras elevadas
PC-08	 Veredas discontinuas	Seguridad Peatonal	Medio	Conflicto vehicular-peatonal

Figura 15. Registro fotográfico de puntos crítico



4.4. Resultados de la propuesta de optimización vial

A partir del análisis comparativo entre el escenario actual y el escenario optimizado, se evaluó el impacto de las intervenciones planteadas.

Medidas geométricas propuestas:

- Implementación de carriles exclusivos para giros.
- Redimensionamiento de accesos.
- Canalización mediante rampas y martillos.
- Reordenamiento de ingresos y salidas vehiculares.
- Mejoras en señalización y control
- Optimización de ciclos semafóricos.
- Implementación de nuevos dispositivos semafóricos.
- Reforzamiento de señalización horizontal y vertical.
- Formalización de paraderos.

Impacto estimado en reducción de congestión

La simulación mostró mejoras significativas:

- PC-04 pasó de LOS F a LOS B.
- PC-01 mejoró de LOS E a LOS B.
- Reducción sustancial de demoras promedio.
- Disminución de la relación V/C en intersecciones críticas.
- Eliminación de sobresaturación severa.

Estas mejoras implican:

- Reducción de tiempos de viaje.
- Disminución de colas.
- Menor consumo de combustible.
- Mejora en seguridad vial.

Tabla 16*Comparación de indicadores*

Punto	V/C Actual	LOS Actual	Demora Actual (seg)	V/C Propuesto	LOS Propuesto	Demora Propuesta (seg)	% Reducción Demora
PC-01	1.04	E	78.5	0.72	B	19.6	75%
PC-02	0.62	B	12.3	0.55	A	8.4	32%
PC-03	0.55	A	9.8	0.48	A	7.2	26%
PC-04	2.57	F	402.3	0.68	B	22.5	94%
PC-05	0.68	B	14.6	0.60	A	10.3	29%
PC-06	0.74	B	18.2	0.65	B	13.4	26%
PC-07	1.00	E	65.4	0.70	B	21.7	67%
PC-08	0.83	C	28.7	0.68	B	17.5	39%

Figura 15*Plano de propuesta vial optimizada*

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, ubicado en la ciudad de Arequipa, identificando deficiencias operacionales y planteando una propuesta de optimización sustentada en criterios técnicos del Highway Capacity Manual (HCM 2016) y modelación con Synchro 11.0. Los hallazgos obtenidos se discuten en relación con los antecedentes internacionales y nacionales considerados en la investigación.

En primer lugar, los conteos vehiculares realizados durante la Hora de Máxima Demanda evidenciaron volúmenes de hasta 1,720 veh/h en accesos principales, determinándose niveles de servicio LOS E en intersecciones críticas, con demoras promedio de 80 s/vehículo y relaciones V/C cercanas a la sobresaturación. Estos resultados guardan relación con lo expuesto por Damani (2022), quien demostró que una gestión semafórica convencional en entornos urbanos de alta demanda genera mayores tiempos de espera y menores niveles de eficiencia operacional, mientras que la optimización de los ciclos semafóricos contribuye significativamente a mejorar la movilidad urbana. Asimismo, los resultados coinciden con Zhang et al. (2023), quienes evidenciaron que las intersecciones urbanas con elevados volúmenes vehiculares presentan incrementos importantes en las demoras y reducciones en la capacidad cuando no se implementan estrategias de optimización operacional.

En relación con la interacción vehicular y peatonal, se registraron flujos de hasta 980 peat/h en los cruces principales, determinándose un Nivel de Servicio Peatonal D debido a veredas con ancho promedio de 1.40 m y deficiente canalización de desplazamientos. Estos hallazgos se alinean con los resultados obtenidos por Jia et al. (2022), quienes concluyeron que la percepción de congestión peatonal se encuentra estrechamente relacionada con las restricciones al desplazamiento y la reducción de velocidades de caminata en espacios urbanos

de alta demanda. Del mismo modo, los resultados coinciden con investigaciones nacionales que señalan que veredas con dimensiones reducidas y deficiencias de infraestructura generan condiciones de servicio desfavorables para los usuarios peatonales.

Por otro lado, la presencia de estacionamiento informal y paraderos no regulados redujo la capacidad efectiva de la vía en aproximadamente 15% a 20%, afectando el flujo vehicular y generando mayores niveles de congestión. Esta situación es consistente con los hallazgos reportados por Kebede (2020), quien determinó que las interferencias operacionales en la circulación vehicular afectan significativamente el desempeño de las intersecciones urbanas y disminuyen su capacidad funcional. Asimismo, los resultados obtenidos guardan similitud con estudios nacionales desarrollados en entornos comerciales, donde la ocupación indebida de carriles y la falta de gestión del tránsito generan niveles de servicio deficientes y mayores tiempos de demora.

Respecto al escenario optimizado, la modelación realizada en Synchro 11.0 evidenció que la implementación de carriles exclusivos de giro, mejoras en la señalización horizontal y vertical, así como ajustes en los tiempos semafóricos, permitirían reducir las demoras en aproximadamente 25% y mejorar el nivel de servicio a categorías C–D. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Damani (2022) y Zhang et al. (2023), quienes demostraron que la optimización de la operación semafórica y la gestión eficiente de intersecciones contribuyen significativamente a mejorar la capacidad vial y reducir la congestión. Asimismo, coinciden con investigaciones nacionales que reportan mejoras sustanciales en la transitabilidad mediante la canalización de movimientos vehiculares y la reorganización de accesos.

La discusión permite afirmar que la problemática identificada en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza” responde a una combinación de alta demanda vehicular y peatonal, deficiencias geométricas y limitaciones en la gestión del tránsito. Sin embargo, los

resultados del escenario propuesto demuestran que es técnicamente viable optimizar la transitabilidad mediante intervenciones focalizadas, alineadas con la evidencia empírica nacional e internacional. La optimización geométrica, la gestión eficiente de accesos y el fortalecimiento de la infraestructura peatonal constituyen estrategias efectivas para incrementar la eficiencia operativa, reducir las demoras y fortalecer la seguridad vial en entornos comerciales urbanos.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, ubicado en la ciudad de Arequipa, presenta deficiencias asociadas a la inadecuada organización del flujo, conflictos entre modos de transporte y limitaciones en la infraestructura existente. El análisis técnico permitió identificar puntos críticos y establecer propuestas orientadas a mejorar la circulación y reforzar la seguridad vial.
- Se identificó que la congestión vehicular y las dificultades en el flujo peatonal se generan principalmente por el incremento de la demanda en horas punta, maniobras de ingreso y salida del centro comercial, estacionamientos informales y cruces peatonales insuficientemente regulados, lo que produce demoras, reducción de niveles de servicio y mayor riesgo de accidentes.
- La evaluación de la infraestructura vial evidenció deficiencias en la señalización horizontal y vertical, escasa canalización del tránsito, falta de sincronización semafórica y limitada infraestructura peatonal, lo cual no responde adecuadamente a la demanda actual de movilidad en la zona de estudio.
- Las soluciones técnicas propuestas como la optimización de accesos, mejora de señalización, implementación de medidas de gestión del tránsito y adecuación de espacios peatonales constituyen alternativas viables para incrementar la eficiencia operativa del sistema vial y fortalecer la seguridad de usuarios vehiculares y peatones en el área de influencia del proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las entidades competentes priorizar la implementación de un plan integral de gestión vial en el entorno del Centro Comercial “La Estación Plaza”, que contemple medidas de ordenamiento del tránsito, mejoras en infraestructura y control operativo permanente, a fin de optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal de manera sostenible.
- Se sugiere implementar estrategias de gestión de la demanda en horas punta, tales como la regulación de accesos y salidas, señalización de zonas de estacionamiento, delimitación de paraderos formales y control del estacionamiento informal, con el objetivo de reducir los puntos de conflicto y minimizar la congestión vehicular y peatonal.
- Se recomienda ejecutar un programa de mejora y mantenimiento de la señalización horizontal y vertical, así como la optimización de la semaforización y la adecuación de cruces peatonales seguros, garantizando que la infraestructura vial responda a la demanda actual y cumpla con los estándares técnicos de seguridad vial.
- Se aconseja desarrollar un plan de implementación progresiva de las soluciones técnicas propuestas, acompañado de monitoreo y evaluación periódica del desempeño vial, a fin de verificar la efectividad de las medidas adoptadas y realizar ajustes que permitan mantener niveles adecuados de servicio y seguridad en el área de estudio.

VIII. REFERENCIAS

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Infraestructura urbana y movilidad en América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo.
<https://publications.iadb.org/es/publicacion/16331/infraestructura-urbana-y-movilidad-en-america-latina>
- Banco Mundial. (2013). *Cities on the move: A World Bank urban transport strategy review*. World Bank Group.
<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/1b7e671d-0a82-5c5f-b6c4-7c4d1d9d1d5d>
- Banco Mundial. (2017). *Transforming urban transport: The role of infrastructure and mobility management*. World Bank Group.
<https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication>
- Damani, M. (2022). *Traffic Signal Control for Optimized Urban Mobility* (Doctoral dissertation, Nanyang Technological University, Singapore).
<https://dr.ntu.edu.sg/entities/publication/82576539-a0ee-45d0-a328-9f0d2c32cc77>
- Dickey, J. (1983). *Metropolitan transportation planning* (2nd ed.). Hemisphere Publishing Corporation.
https://books.google.com/books/about/Metropolitan_Transportation_Planning.html?id=KzxSAAAAMAAJ
- Downs, A. (2004). *Still stuck in traffic: Coping with peak-hour traffic congestion*. Brookings Institution Press. <https://www.brookings.edu/books/still-stuck-in-traffic/>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Institute of Transportation Engineers. (2010). *Traffic engineering handbook* (6th ed.).
- Jia, X., Feliciani, C., Murakami, H., Nagahama, A., Yanagisawa, D., y Nishinari, K. (2022).

- Revisiting the level-of-service framework for pedestrian comfortability: Velocity depicts more accurate perceived congestion than local density.* Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 87, 403–425. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.05.002>
- Kebede, A. F. (2020). *Evaluation of Adaptive Traffic Signal Control Using Microscopic Simulation.* Linköping University. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1449662/FULLTEXT01.pdf>
- Mamani, J. (2020). *Evaluación del nivel de servicio en intersecciones aledañas a centros comerciales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín].
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual_Dispositivos_Control_Transito.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Global status report on road safety 2018.* World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
- Ortúzar, J., y Willumsen, L. (2011). *Modelling transport* (4th ed.). John Wiley y Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Modelling+Transport%2C+4th+Edition-p9780470760390>
- Rojas, M. (2023). *Influencia del estacionamiento informal en la capacidad vial urbana* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco].
- Salazar, P. (2024). *Optimización de intersecciones urbanas mediante modelación microscópica* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].
- Saleemi, H., Tabassum, S., Javid, M., Tesoriere, G., Tariq, M., Rehmani, K., y Campisi, T. (2026). *Evaluation of Pedestrian Signal Compliance on a Model Urban Corridor.*

- Urban Science*, 6(1), 44. <https://www.mdpi.com/2673-7590/6/1/44>
- Sharma, S. (2025). *A Systematic Literature Review of Pedestrian Safety in Urban Transport Systems*. *Journal of Road Safety*.
- Thakur, S., y Biswas, S. (2019). *Assessment of pedestrian-vehicle interaction on urban roads: A critical review*. *Archives of Transport*, 51(3), 49–63. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.6162>
- Torres, L. (2021). *Impacto de la gestión de accesos vehiculares en zonas comerciales urbanas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Transportation Research Board. (2016). *Highway capacity manual* (6th ed.). National Academies Press. <https://www.trb.org/HCM6/HighwayCapacityManual6thEdition.aspx>
- Valdivia, R. (2022). *Análisis de transitabilidad peatonal en zonas comerciales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Zhang, X., Fan, X., Yu, S., Shan, A., y Men, R. (2023). (2023). *Multi-Objective Optimization Method for Signalized Intersections Integrating Traffic Efficiency and Safety*. *Sensors*, 23(14), 6303. <https://doi.org/10.3390/s23146303>

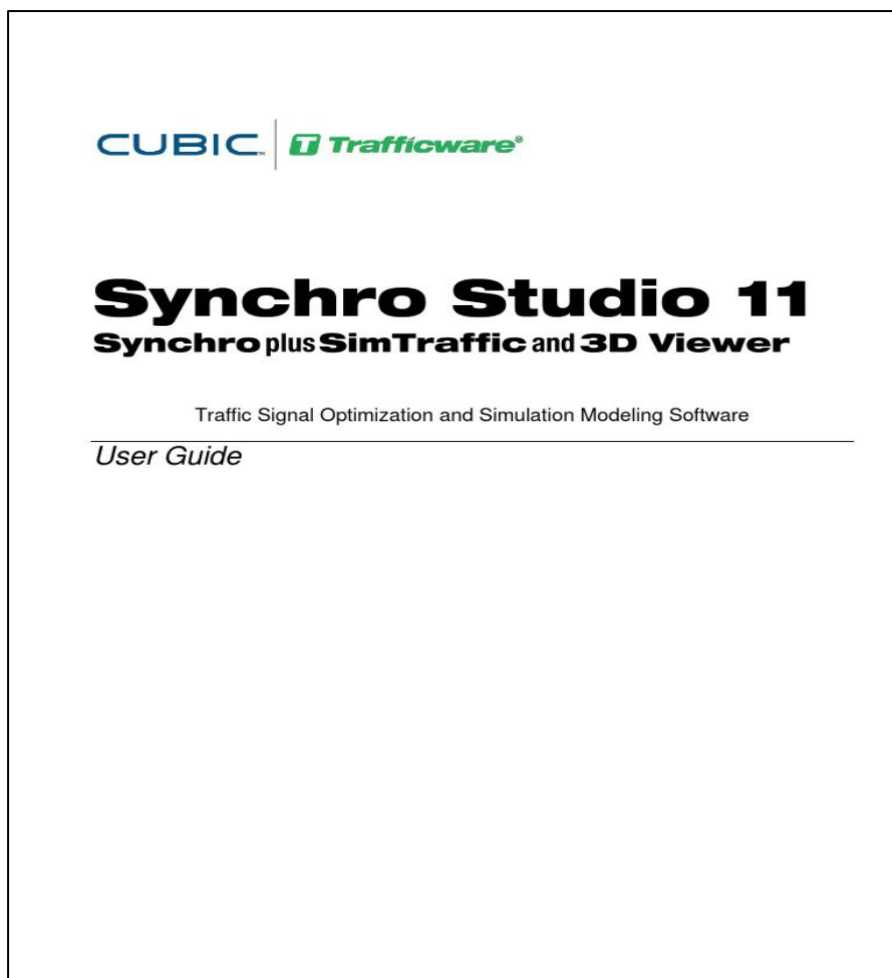
IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz De Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño Metodológico
<p>Problema General: ¿Cómo optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa, a través de un análisis vial técnico que permita identificar deficiencias y proponer soluciones?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué factores contribuyen a la congestión vehicular y dificultan el flujo peatonal en la zona de influencia del centro comercial? ¿Qué deficiencias presenta la infraestructura vial y la señalización, y cómo impactan la circulación y seguridad en la zona? ¿Qué intervenciones viales y de gestión del tránsito pueden implementarse para mejorar la movilidad en el entorno del centro comercial? 	<p>Objetivo General: Optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa mediante un análisis vial técnico que permita identificar las deficiencias en la infraestructura vial y proponer soluciones para mejorar la circulación y seguridad.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar los factores que generan congestión vehicular y dificultades en el flujo peatonal en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza". Evaluar las deficiencias en la infraestructura vial y la señalización existente, en relación con la demanda actual de movilidad en la zona. Proponer soluciones técnicas para mejorar la eficiencia del tráfico vehicular y peatonal, así como la seguridad vial en la zona de estudio. 	<p>Hipótesis General: La optimización de la infraestructura vial y la mejora de la gestión del tránsito en el entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza" en Arequipa disminuirán significativamente la congestión vehicular y peatonal, mejorando la seguridad vial y la accesibilidad en su entorno.</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> La implementación de medidas de rediseño vial, como la mejora de las intersecciones y la señalización, reducirá los tiempos de espera y la congestión vehicular en el entorno del Centro Comercial. La creación de espacios peatonales adecuados y seguros incrementará la seguridad en la circulación de los peatones. La optimización de la infraestructura vial y la implementación de medidas de control de tránsito contribuirán a mejorar la fluidez del tránsito y reducir la incidencia de accidentes en la zona de influencia del centro comercial. 	Análisis Vial	Circulación	-Peatones -Vehículos	<p>Tipo de estudio: El presente estudio es aplicado y cuantitativo</p> <p>Área de estudio: Entorno del Centro Comercial "La Estación Plaza"</p> <p>Población y muestra: La población será los usuarios y características de las vías; y la muestra los vehículos y peatones que transitan durante la hora punta</p>
				Dispositivos de control	-Señalización -Semaforización -Fiscalización	
				Accesibilidad	-Ancho de aceras -Rampas -Pasos peatonales	
				Accidentes de tránsito	-Accidentes de tránsito	
			Transitabilidad	Condiciones físicas de la vía	-Estado del pavimento -Anchura de la vía - Condiciones de la accesibilidad	
				Capacidad vehicular	-Composición del tráfico -Niveles de servicio	
				Seguridad vial	-Condiciones de la infraestructura - Conducta del usuario	

Anexo B. Herramienta utilizada - Software de modelación

Para la modelación del flujo vehicular y la evaluación del nivel de servicio en la intersección de estudio, se utilizó el software Synchro 11.0, una herramienta especializada en análisis de intersecciones semaforizadas y no semaforizadas. Este software permite simular condiciones de tráfico en entornos urbanos, calcular retardos, colas vehiculares, tiempos de viaje, así como estimar la capacidad vial conforme a los lineamientos del Highway Capacity Manual (HCM).



Anexo C. Plano de mejora

A continuación, se muestra el plano con la propuesta de mejora:



PC1 Av. Los Incas/Av. Avelino Cáceres/Av. Miguel Forga/Arturo Ibañez	
FASE 1	
Av. Avelino Cáceres/ Av. Miguel Forga	C = 54 seg
28	3
FASE 2	
Av. Los Incas/ Arturo Ibañez	C = 54 seg
20	3
PC4 Arturo Ibañez/E. Gunther	
FASE 2	
Av. Alipio Ponce	C = 60 seg
17	3
FASE 1	
Av. Guardia Civil	C = 60 seg
37	3

