



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

PROPUESTA DE SEMAFORIZACIÓN PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD
EN LA INTERSECCIÓN AVENIDA TOMÁS VALLE Y AVENIDA MARCO POLO,
DISTRITO DE INDEPENDENCIA, AÑO 2025

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

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autora

Lazo Rios, Mirella Merly

Asesor

Paredes Paredes, Pervis

ORCID: 0000-0002-2651-7310

Jurado

Geldres Benites, Zonia Gudelia

Ccasani Allende, Julián

Torres Sánchez, Doris Concesa

Lima - Perú

2025



PROPUESTA DE SEMAFORIZACIÓN PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA INTERSECCIÓN AVENIDA TOMÁS VALLE Y AVENIDA MARCO POLO, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, AÑO 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	vsip.info Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dadospdf.com Fuente de Internet	<1%
7	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1%
8	ASILORZA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "DIA del Proyecto S.E.T. José Granda y Líneas Asociadas-IGA0017819", R.D. N° 0027-2022-MINEM/DGAAE, 2022 Publicación	<1%
9	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

PROPUESTA DE SEMAFORIZACIÓN PARA MEJORAR LA
TRANSITABILIDAD EN LA INTERSECCIÓN AVENIDA
TOMÁS VALLE Y AVENIDA MARCO POLO, DISTRITO DE
INDEPENDENCIA, AÑO 2025

Línea de Investigación:
Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autora

Lazo Rios, Mirella Merly

Asesor

Paredes Paredes, Pervis
ORCID: 0000-0002-2651-7310

Jurado

Geldres Benites, Zonia Gudelia
Ccasani Allende, Julián
Torres Sánchez, Doris Concesa

Lima – Perú
2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo amor, paciencia y apoyo incondicional han sido mi mayor motivación para seguir adelante; a mis profesores, por compartir su conocimiento y enseñanzas que han guiado mi formación académica; y a mi asesor, por su orientación, dedicación y valiosos consejos que hicieron posible la culminación de esta tesis. A todos ellos, gracias por ser parte fundamental de este logro.

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su constante apoyo y por brindarme la fortaleza para superar cada desafío; a mis profesores, por compartir su sabiduría y fomentar en mí el deseo de aprender y mejorar; y a mi asesor, por su paciencia, guía y apoyo constante durante la realización de esta tesis. Gracias a cada uno de ustedes y mi más sincero reconocimiento por haber sido parte de este proceso y por contribuir a la culminación de esta tesis.

INDICE

Resumen.....	ix
Abstrac	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1.Descripción y formulación del problema	12
1.1.1. <i>Problema general</i>	14
1.1.2. <i>Problemas específicos</i>	14
1.2. Antecedentes	14
1.2.1. <i>Antecedentes internacionales</i>	14
1.2.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	16
1.3. Objetivos	19
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	19
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	20
1.4. Objetivos	20
1.5. Hipótesis	21
1.5.1. <i>Hipótesis general</i>	21
1.5.2. <i>Hipótesis específicas</i>	21
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1. Bases teóricas	22
III. MÉTODO	31
3.1. Tipo de investigación	31
3.2. Ámbito temporal y espacial	31
3.3. Variables	32
3.4. Población y muestra	32
3.5. Instrumentos	33

3.6. Procedimientos	33
3.7. Análisis de datos	40
IV. RESULTADOS	74
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
VI. CONCLUSIONES	80
VII. RECOMENDACIONES	81
VIII. REFERENCIAS	82
IX. ANEXOS.....	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Aforos vehiculares realizados en el área de estudio	41
Tabla 2 Aforos peatonales realizados en el área de estudio	41
Tabla 3 Resultados de los volúmenes vehiculares en 16 horas del día.....	42
Tabla 4 Principales horas punta registradas dentro de la intersección de análisis.....	44
Tabla 5 Resultados de los volúmenes peatonales en las 16 horas de censo	45
Tabla 6 Principales hora puntas peatonales analizadas en la zona de estudio	48
Tabla 7 Comparativo entre las horas punta vehicular y peatonal – Día Viernes.....	48
Tabla 8 Tipos y modos de transporte registrados en la zona de estudio.....	53
Tabla 9 Resumen de Parámetros de Diseño Geométrico.....	57
Tabla 10 Total, de Postes, Semáforos y Cajas	64
Tabla 11 Niveles de Servicio (LOS) Vehiculares propuesta	68
Tabla 12 Comparación Niveles de Servicio Actual Vs. Propuesto	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización del área de estudio	31
Figura 2 Ubicación del área de estudio.....	32
Figura 3 Descripción de la metodología empleada.....	33
Figura 4 Ubicación del área de estudio.....	34
Figura 5 Zonificación y uso de suelos de la zona de estudio.....	35
Figura 6 Sección vial actual de la Av. Tomas Valle.....	36
Figura 7 Sección vial actual de la Av. Marco Polo.....	37
Figura 8 Condiciones físicas y geométricas de la intersección.....	37
Figura 9 Condiciones de la señalización horizontal y vertical	38
Figura 10 Condiciones de la señalización horizontal y vertical - lado Tomas Valle.....	38
Figura 11 Condiciones de la señalización horizontal y vertical - lado Av. Marco Polo.....	39
Figura 12 Intersecciones semaforizadas próximas al área de estudio.....	40
Figura 13 Distribución horaria del flujo vehicular – día jueves	42
Figura 14 Distribución horaria del flujo vehicular – día viernes	43
Figura 15 Distribución horaria del flujo vehicular – día sábado	43
Figura 16 Distribución horaria del flujo peatonal – día jueves.....	46
Figura 17 Distribución horaria del flujo peatonal – día viernes	46
Figura 18 Distribución horaria del flujo peatonal – día sábado.....	47
Figura 19 Riesgos de los peatones – cruce inseguro Av. Tomas Valle.....	49
Figura 20 Riesgos de los peatones – señalización el mal estado de conservación	50
Figura 21 Riesgos de los peatones – martillo en mal estado	50
Figura 22 Riesgos de los peatones – cruce inseguro Av. Tomas Valle.....	51
Figura 23 Riesgos de los peatones – rampas inadecuadas.....	51
Figura 24 Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas.....	56

Figura 25 Mejora de berma central y diseño geométrico	59
Figura 26 Mejora del paso peatonal e implementación de rampas	59
Figura 27 Mejora del paso peatonal e implementación de rampas	60
Figura 28 Implementación de bolardos de seguridad en la Av. Tomas Valle	60
Figura 29 Mejoramiento de martillos, veredas en la Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo ...	61
Figura 30 Mantenimiento e implementación de pavimento	61
Figura 31 Implementación de señalización horizontal	62
Figura 32 Implementación de señales verticales	63
Figura 33 Propuesta de semaforización	66
Figura 34 Optimización del tiempo de ciclo.....	67
Figura 35 Comparativo del diseño actual y propuesto de la intersección.....	70
Figura 36 Software de micro simulación Synchro 11.0.....	86
Figura 37 Ficha de observación de tránsito vehicular	87
Figura 38 Ficha de observación de tránsito peatonal.....	87

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio consistió en determinar una semaforización que permita mejorar la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, en el año 2025, mediante una evaluación técnica del tránsito vehicular y peatonal. El diseño de la investigación corresponde a una investigación de tipo aplicada, utilizando una metodología cuantitativa con enfoque descriptivo. La población estuvo compuesta por todos los vehículos y peatones que transitan por la intersección, clasificados por tipo, así como por los elementos y características viales existentes. Entre los principales resultados se identificó que la intersección presenta una alta demanda vehicular en horas punta, con flujos vehiculares superiores a los 4,000 vehículos por hora, generando congestión y bajos niveles de servicio. El análisis del nivel de servicio (NDS) evidenció condiciones de operación tipo “F” en las horas de máxima demanda, lo cual refleja un desempeño deficiente de la intersección. A través del diseño de un sistema de semaforización adecuado, que incluye fases semafóricas específicas y un ciclo optimizado, se logró proyectar una mejora significativa en los niveles de servicio, estimando una transición a niveles “E” y “D” en función de las simulaciones realizadas. Cabe señalar que el diseño propuesto cumple con las especificaciones del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor del MTC y se sustenta en criterios de eficiencia operativa y seguridad vial, promoviendo así una circulación vehicular más fluida y segura en la zona de estudio.

Palabras clave: Transitabilidad, semaforización, intersección vial y nivel de servicio

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine a traffic signalization system that improves transitability at the intersection of Av. Tomás Valle and Av. Marco Polo in the year 2025, through a technical evaluation of both vehicular and pedestrian traffic. The research design is of an applied type, using a quantitative methodology with a descriptive approach. The population consisted of all vehicles and pedestrians passing through the intersection, classified by type, as well as the existing roadway elements and characteristics. Among the main results, it was identified that the intersection experiences high vehicular demand during peak hours, with traffic flows exceeding 4,000 vehicles per hour, causing congestion and low levels of service. The level of service (LOS) analysis showed "F" operating conditions during peak demand hours, reflecting poor intersection performance. Through the design of an appropriate traffic signal system, which includes specific signal phases and an optimized cycle, a significant improvement in service levels was projected, estimating a transition to "E" and "D" levels based on the simulations conducted. It is worth noting that the proposed design complies with the specifications of the Ministry of Transport and Communications' (MTC) Manual of Traffic Control Devices and is based on criteria of operational efficiency and road safety, thus promoting smoother and safer vehicular and pedestrian circulation in the study area.

Keywords: Transitability, Traffic Signalization, Road Intersection, Level of Service

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el Perú enfrenta un gran problema de seguridad vial con frecuentes accidentes e incidentes de tránsito en sus principales ciudades. Uno de los principales problemas es el mal comportamiento de los usuarios al circular por las vías, asimismo, el diseño de las vías no cumple con los requisitos de seguridad y accesibilidad necesaria. La ciudad de Lima está categorizada como la ciudad más caótica de nuestro país, presentando altos índices de accidentes de tránsito y tráfico.

De acuerdo con los datos proporcionados por la División de Prevención e Investigación de Accidentes de Tránsito (Divpiat) de la Policía Nacional del Perú, correspondientes al mes de agosto del año dos mil veintitrés, se identificó que los distritos con mayor cantidad de fallecimientos por accidentes de tránsito son los siguientes: Lurín con veintiséis decesos, Comas con veintitrés, Carabaylo con veinte, Ate Vitarte con dieciocho, Villa El Salvador con diecisiete, Surco con dieciséis, Los Olivos y San Juan de Lurigancho con catorce cada uno, Cercado de Lima con trece, San Martín de Porres con doce, Independencia y El Agustino con once cada uno, y finalmente, Chorrillos y Puente Piedra con diez muertes en cada caso.

El sistema de transporte urbano e infraestructura vial actual no brinda seguridad a los usuarios de las vías, además no abastece la demanda y oferta existente, debido a factores inadecuados de desarrollo urbano, Estos factores han influido directamente en la capacidad de diseño vial, la cual se ha visto forzada a un rediseño para atender la creciente demanda de usuarios que actualmente utilizan la infraestructura.

Esta situación ha modificado significativamente los tiempos de espera y las horas punta previamente establecidos, generando episodios de congestión vehicular. Ante ello, se hace necesario realizar una evaluación integral de variables que permitan mitigar la congestión del tránsito urbano, a fin de optimizar la transitabilidad en el área de estudio. Esta intervención

requerirá la aplicación de todas las variables propias de la ingeniería de tránsito, con el objetivo de resolver los conflictos existentes, originados por la alta demanda de transporte en contraste con la limitada capacidad de diseño de los elementos geométricos y el mobiliario vial disponible.

El presente estudio comprende el mejoramiento de la transitabilidad en la intersección de la Avenida Tomás Valle y Avenida Marco Polo, distrito de Independencia; el área de estudio presenta congestión vehicular y una escasa accesibilidad para los usuarios, asimismo, presenta alto tránsito peatonal debido a que existe un ingreso peatonal al Centro Comercial Plaza Norte en la Av. Tomás Valle, por lo cual se realizarán los trabajos técnicos en campo que permitan recopilar la data requerida para clasificar y cuantificar los volúmenes vehiculares y peatonales que transitan dentro del área de estudio, además se identificará las condiciones de infraestructura vial, nivel de accesibilidad peatonal, velocidades de circulación, elementos de seguridad, estado de la señalización horizontal y vertical. Asimismo, la presente investigación podrá ser considerada como un modelo de referencia aplicable a otras intersecciones viales de la ciudad o del país, siempre que se contemplen las particularidades y condiciones propias de cada caso.

1.1. Descripción y formulación del problema

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2018), diversas capitales del mundo enfrentan actualmente una elevada carga vehicular como consecuencia de la circulación de más de un billón de vehículos motorizados, lo que ha generado la saturación de sus vías. Esta situación ha ocasionado severos problemas de congestión durante las horas punta, así como un incremento en los niveles de contaminación ambiental, la presencia de smog y la aparición de enfermedades respiratorias, repercutiendo negativamente en la calidad de vida de la población urbana. Asimismo, esta problemática se ve agravada por el crecimiento continuo del parque automotor, en gran medida asociado a la

falta de una regulación efectiva en la comercialización de vehículos usados, muchos de los cuales superan los veinte años de antigüedad y continúan en circulación.

Por su parte, el problema de la transitabilidad en la ciudad de Lima se caracteriza por una elevada congestión vehicular, la cual afecta significativamente la calidad de vida de los ciudadanos y el desarrollo económico de la ciudad. Según García y Martínez (2021), la carencia de una infraestructura vial adecuada, sumada a una gestión deficiente del transporte y del tránsito, así como al crecimiento acelerado del parque automotor, ha provocado el colapso de las vías principales y secundarias. Esta situación genera un incremento en los tiempos de desplazamiento de los usuarios y una mayor exposición a siniestros viales, afectando tanto a conductores como a peatones. En este contexto, la problemática actual exige una intervención integral que contemple estrategias orientadas a la optimización de los sistemas de semaforización, el fortalecimiento del transporte público y la implementación de espacios seguros destinados al tránsito peatonal.

En la actualidad, el distrito de Independencia, está situado en la zona norte de Lima, la cual experimenta un elevado flujo de tránsito urbano, el cual se caracteriza por su capacidad vehicular y la velocidad de desplazamiento, resultado de la interacción constante entre los diferentes usuarios de su red vial. Entre los principales factores que originan esta problemática se encuentran la alta demanda tanto vehicular como peatonal, así como la congestión de sus vías arteriales, lo que afecta negativamente la continuidad vial y da lugar a focos de tráfico localizado. Existe un alto flujo de tránsito en el área de estudio, lo cual causa que los vehículos circulen a velocidades lentas y no a los límites de velocidades asignadas por el tipo de vía, falta de semaforización y otras condicionantes; no obstante, a mayores volúmenes, cada vehículo adicional limita el correcto desplazamiento de los demás; ocasionando la congestión vehicular. Asimismo, se puede deducir que la existencia de congestión vehicular dificulta el tránsito y a la vez reduce las velocidades de circulación. Por ello, tomando como referencia el

estudio la movilidad urbana y sus deficiencias, se plantea la propuesta de semaforización para mejorar la transitabilidad mediante la propuesta de medidas de mejoras relacionadas a la ingeniería de tránsito.

1.1.1. Problema general

¿Cómo puede la semaforización mejorar la transitabilidad de la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, en el año 2025?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la demanda y niveles de servicio del tránsito permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo?
- ¿De qué manera el diseño de semaforización permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo?
- ¿De qué manera las fases y el ciclo semafórico permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

A nivel internacional, se consideró trabajos de investigación con similitudes, que guarden relación y aportan información y/o metodologías para poder analizar y realizar propuestas de mejoramiento de la transitabilidad para intersecciones o zonas de estudio, tenemos análisis de la capacidad vehicular en intersecciones, congestión, seguridad vial y operativas, sistema integral de movilidad los cuales guardan relación con el presente trabajo de investigación.

Ubillús (2019), en su tesis titulada *Análisis de la capacidad vehicular en la intersección Eloy Alfaro y Granados en la ciudad de Quito*, estudia la congestión vehicular en esta intersección crítica, donde el incremento en tiempos de desplazamiento afecta la movilidad. Su objetivo principal es proponer estrategias para disminuir los tiempos de

movilización y mejorar el flujo de tránsito en dicha área. La metodología empleada incluyó herramientas de ingeniería de tránsito como el análisis de la capacidad vehicular, el estudio de volúmenes de control y aforos, así como el cálculo del factor de hora pico, todos aplicados en condiciones reales y ajustados a las necesidades de la intersección específica. Se recopilaron datos en tiempo real a través de observaciones de campo, lo que permitió modelar los patrones de tráfico y optimizar el diseño semafórico. Los resultados evidenciaron los niveles óptimos de capacidad vehicular y los patrones de flujo durante las horas pico, lo cual sirvió para recomendar ajustes en los ciclos de semáforos y mejorar la sincronización. Las conclusiones de Ubillús subrayan que la implementación de semáforos ajustados al volumen de tráfico en las horas de máxima demanda puede reducir significativamente los tiempos de espera y mejorar la fluidez en intersecciones urbanas congestionadas.

Smith y Jones (2019) estudiaron la congestión vehicular en intersecciones de alta demanda en Nueva York, que incrementaba los tiempos de espera y afectaba la fluidez del tráfico. Tuvo como objetivo de reducir la congestión en horas pico, implementaron un sistema de semaforización adaptativa que ajustaba los tiempos en tiempo real según los datos de tráfico captados por sensores. Este sistema redujo los tiempos de espera en un 25 %, mejorando significativamente el flujo vehicular. Los autores concluyeron que la semaforización adaptativa es eficaz para mejorar la transitabilidad en áreas congestionadas, al permitir un ajuste en tiempo real del ciclo semafórico.

García y Torres (2020) analizaron el problema de la congestión en intersecciones clave de Barcelona, que afectaba la movilidad vehicular y la seguridad peatonal. Con el objetivo de mejorar estos aspectos, implementaron un sistema de semaforización inteligente que ajustaba los ciclos según datos de tráfico en tiempo real. Los resultados mostraron una reducción de la congestión vehicular y un aumento de la seguridad peatonal en un 15 %. Concluyeron que la

semaforización inteligente basada en datos en tiempo real es una estrategia efectiva para mejorar la transitabilidad y la seguridad en intersecciones urbanas de alta demanda.

Liu y Zhang (2018) abordaron el problema de la falta de sincronización semafórica en Beijing, que generaba congestión en intersecciones y ralentizaba el flujo vehicular. Su objetivo fue analizar el impacto de la sincronización de ciclos semafóricos en la movilidad urbana. Implementaron un sistema sincronizado en intersecciones de alto tráfico y evaluaron su efecto en los tiempos de desplazamiento. La sincronización redujo los tiempos de viaje en un 20 % y disminuyó los incidentes de cruce peatonal inseguro. Concluyeron que esta sincronización es una medida efectiva para mejorar la transitabilidad en ciudades densamente pobladas.

Kumar y Sharma (2021) estudiaron la congestión en intersecciones de alta densidad en Nueva Delhi, la cual dificultaba la movilidad vehicular y peatonal. Para mitigar este problema, implementaron un sistema de semaforización con sensores de demanda en tiempo real que ajustaba automáticamente los ciclos semafóricos. Esto permitió un aumento de la velocidad promedio en un 30 % y una reducción significativa de la congestión. Concluyeron que los sensores de tráfico en los semáforos son una estrategia eficaz para mejorar la transitabilidad en zonas de alta densidad vehicular.

1.2.2. Antecedentes nacionales

A nivel nacional, se consideró los trabajos de investigación con similitudes, que guarden relación y aportan información y/o metodologías para poder analizar y realizar propuestas de mejoramiento de la transitabilidad para intersecciones o zonas de estudio, tenemos la simulación del tránsito y la propuesta de solución vial para una intersección, congestión del tránsito, incidencia de actos y condiciones que aportan a la generación de accidentes de tránsito, y la congestión del tránsito y satisfacción de los usuarios, los cuales guardan relación con el presente trabajo de investigación.

Ríos (2018), en su investigación *Modelación del Tránsito y propuesta de solución Vial en la Av. Cáceres*, analiza la problemática del tráfico en esta vía. Su objetivo principal es diagnosticar la situación actual mediante la modelación del tránsito y un análisis técnico-económico. Utilizando softwares de simulación como INFRAWORKS y SYNCHRO 11, junto con la metodología HCM 2010 y la normativa MTC DG-2018, el estudio determina los volúmenes de tráfico durante las horas punta. Se realizaron visitas a campo para medir variables geométricas y evaluar los ciclos semafóricos en las intersecciones. A partir de este análisis, se proponen soluciones para la gestión del tráfico, incluyendo semaforización, señalización y ajustes geométricos menores, buscando una red vial coordinada. También se consideran intersecciones innovadoras, como las CFI (Continuos-Flow Intersection), como alternativas más eficientes que los pasos a desnivel. Finalmente, Ríos sugiere la implementación de transporte masivo en la Av. Cáceres como una solución definitiva para mejorar la movilidad y optimizar el sistema vial en su conjunto.

Colchado y Díaz (2018), abordan la problemática de la transitabilidad de la ruta Simbrón-Farrat-Colpa-Sacha Grande, situada en el distrito de Sayapullo, provincia de Gran Chim y departamento de La Libertad, resaltando la importancia de que las carreteras y caminos rurales operen correctamente a lo largo de su vida útil. Su objetivo principal es evaluar la condición actual de la carretera para determinar si requiere rehabilitación. Para ello, los autores consultan los manuales de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y realizan un análisis de la región, que incluye un estudio de tráfico, un inventario de carreteras y un diagnóstico de los daños sufridos por la carretera nacional. A través de este análisis, se identifican las razones que contribuyen a la degradación de la infraestructura, siendo el mantenimiento deficiente la causa principal. Los resultados muestran la situación crítica de la transitabilidad en la ruta, lo que refuerza la necesidad de intervención. En sus conclusiones, Colchado & Díaz proponen un presupuesto para la rehabilitación de la

carretera y sugieren un plan de mantenimiento que asegure que la infraestructura cumpla con la duración prevista y mejore la transitabilidad en la región, destacando la necesidad de una atención urgente para garantizar la movilidad y la conectividad de los pueblos y ciudades circundantes.

Astrada et al. (2017), en su investigación titulada *La congestión del tránsito en Lima Metropolitana (2016)*, analizan el transporte en el centro de Lima, evidenciando que este se desarrolla en condiciones peligrosas y precarias, lo cual genera un impacto significativo en la contaminación ambiental y afecta la salud y tranquilidad de los ciudadanos. El estudio tuvo como propósito identificar los factores que contribuyen al congestionamiento vehicular en Lima Metropolitana. La investigación se enfocó en el análisis de las principales vías utilizadas por vehículos y peatones en la ciudad, contando con la participación de ocho especialistas en la materia. Para la recopilación de información se emplearon diversas técnicas, entre ellas entrevistas, revisión documental y observación directa. Los hallazgos revelaron que las causas más relevantes del congestionamiento son la conducta imprudente de los peatones, la carencia de rutas alternas, la ineficiencia en la movilidad urbana, los siniestros viales, las deficiencias en la infraestructura vial, el incremento del parque automotor y la paralización de obras. En síntesis, los autores enfatizan la urgencia de atender estas problemáticas con el fin de mejorar la fluidez del tránsito y disminuir los niveles de contaminación ambiental en la capital.

Huamán (2017), en su tesis titulada *Incidencia de actos y condiciones sub estándares en la generación de accidentes de tránsito en la Av. Circunvalación del Golf – calle Orión*, aborda el problema de cómo los actos y condiciones sub estándares inciden en los accidentes de tránsito en dicha intersección del distrito de Surco, Lima, durante el año 2016. El objetivo general de la investigación es evaluar esta incidencia. El estudio se clasifica como aplicada y utiliza un enfoque descriptivo, experimental y correlacional. Para la recolección de datos, se registraron 65 casos de accidentes, analizando factores como el exceso de velocidad, la

imprudencia del conductor, la ebriedad y la señalización defectuosa. Los resultados muestran que estos actos y condiciones sub estándares tienen un impacto directo en la generación de accidentes de tránsito en la zona. Como conclusión, Huamán afirma que la incidencia de estas variables contribuye significativamente al aumento de accidentes en la Av. Circunvalación del Golf – calle Orión, sugiriendo la necesidad de implementar medidas correctivas para mejorar la seguridad vial.

Anderson et al. (2016), en su trabajo *El Caos Vehicular y los Estudiantes de Lima, Perú*, abordan el problema de cómo el desarreglo en el tránsito y el caos del transporte afectan la salud mental de los habitantes, generando un estado de inestabilidad que dificulta la convivencia diaria. El objetivo de la investigación es evaluar cómo los problemas de tránsito, incluidos los retrasos y los accidentes, impactan la salubridad y el bienestar emocional de las personas. Los autores analizan cómo la salud es fundamental para el desenvolvimiento familiar y social, argumentando que la falta de control emocional en medio del caos vehicular puede conducir a conflictos. La metodología incluye un análisis de las consecuencias del caos en el tránsito, como la contaminación ambiental y sonora, así como el aumento de accidentes y la delincuencia. Los resultados indican que estas problemáticas generan insatisfacción y vulneran la tranquilidad de los ciudadanos. En conclusión, Anderson et al. resaltan la necesidad de abordar el caos vehicular para mejorar la calidad de vida de los habitantes y fomentar un ambiente más saludable y seguro.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cómo la semaforización puede mejorar la transitabilidad de la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, en el año 2025.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Determinar de qué manera la demanda y niveles de servicio del tránsito permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.
- Determinar de qué manera el diseño de semaforización permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.
- Determinar de qué manera las fases y el ciclo semafórico permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.

1.4. *Objetivos*

Actualmente, en el distrito de Independencia, ubicado en Lima Norte, se vienen identificando conflictos de accesibilidad causado por la falta de orden en el tránsito y la inadecuada infraestructura existente, es necesario mencionar la falta de seguridad vial para salvaguardar la integridad física de las personas que transitan por la vía pública aumentando los factores de riesgo.

El distrito de independencia se encuentra entre los distritos con mayor congestión vehicular, accidentes de tránsito y deficiencia de infraestructura vial. La intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, es una de las principales intersecciones del distrito que presenta alta congestión vehicular y una escasa accesibilidad para los usuarios, asimismo presenta alto tránsito peatonal debido a que existe un ingreso peatonal al Centro Comercial Plaza Norte en la Av. Tomás Valle y el entorno al área de estudio presenta alta actividad de comercio.

El presente trabajo de investigación, tiene como fin contribuir y proporcionar una semaforización para mejorar la transitabilidad y proporcionar accesibilidad, seguridad y un mejor diseño vial en el área de estudio mediante dicho plan; además ayudará a mitigar los accidentes de tránsito y promover la educación vial para mejorar la calidad de vida de los usuarios de la vía.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La implementación de una semaforización mejorará la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo en el año 2025.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Determinar la demanda y los niveles de servicio del tránsito permitirá mejorar la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.
- Determinar un diseño de semaforización permitirá mejorar la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.
- Determinar las fases y el ciclo semafórico permitirá mejorar la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. *Diseño vial urbano*

Según Montoya (2005), un sistema vial urbano plenamente funcional debe facilitar una variedad de movimientos que forman parte de un mismo desplazamiento. En la mayoría de los trayectos, pueden distinguirse seis etapas fundamentales: movimiento principal, transición, distribución, recolección, acceso y término. Aunque es posible establecer una jerarquía de estos movimientos dentro de las áreas urbanas, la clasificación de las vías en estos entornos resulta compleja debido a la alta densidad poblacional y a la diversidad de usos del suelo. Además, la identificación precisa de los centros generadores de viajes se torna difícil. Por ello, es necesario considerar elementos adicionales como la continuidad de las vías, la distancia entre intersecciones y el nivel de accesibilidad, con el objetivo de estructurar una red vial coherente y eficiente.

2.1.2. *Seguridad vial*

El Manual de Seguridad Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2016) define a la seguridad vial como un conjunto de medidas integrales que garantizan la reducción del riesgo de lesiones y muertes causadas por los accidentes de tránsito, con la mejora de las condiciones de la circulación creando un ambiente más seguro, accesible y sostenible para los modos de transporte.

2.1.3. *Accesibilidad*

La accesibilidad se entiende como la condición que deben cumplir los entornos físicos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los instrumentos, herramientas y dispositivos, para que sean comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas en condiciones de seguridad, comodidad y autonomía. Este concepto se sustenta en el principio de “diseño universal” o “diseño para todos”, sin perjuicio de los ajustes razonables que

resulten necesarios para garantizar su implementación efectiva. En el contexto normativo peruano, la Ley N.º 29973, Ley General de la Persona con Discapacidad, establece que la accesibilidad es un derecho fundamental que debe ser garantizado en todos los espacios y servicios públicos o privados de uso público. Asimismo, la Norma Técnica A.120 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece los criterios técnicos y parámetros mínimos para el diseño de espacios accesibles, orientados a promover la inclusión y la movilidad segura y autónoma de todas las personas, en especial de aquellas con discapacidad.

2.1.4. Dispositivos de control de tránsito

De acuerdo con el *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras* (MTC, 2016), los dispositivos de control del tránsito comprenden una variedad de elementos físicos utilizados para regular, advertir o guiar a los usuarios de las vías. Entre estos se incluyen los reductores de velocidad, señales portátiles de pare, bolardos, conos, barreras plásticas (maletines), cintas de señalización, linternas, dispositivos luminosos, paletas, entre otros. La utilización de estos elementos debe respetar estrictamente las especificaciones relativas al color, forma, leyenda, simbología y dimensiones establecidas en el mencionado manual. Asimismo, se permite el uso de luces destellantes en vehículos oficiales como parte del sistema de señalización temporal o de emergencia.

2.1.5. Sistema operacional de la semaforización

Los dispositivos semafóricos tienen diversas formas de actuar, no solo de forma aislada, la cual no depende de otro sistema para su funcionamiento, coordinación y su operación es con el mismo ciclo o múltiplo de este en intersecciones próximas. La coordinación y/o sincronización de una red semafórica se puede realizar mediante conexiones físicas aéreas (cables telefónicos) o mediante fibra óptica (subterráneas) con un sistema centralizados el cual operan con indicaciones desde un centro de control, pero existen algunas

anomalías en el medio ambiente que implican que la red semafórica no opere eficientemente, para lo cual se debe tener un constante monitoreo y mantenimiento de la red.

Las condiciones operacionales de la semaforización para el control del tránsito se clasifican de dos tipos básicos: (i) semaforización con control a tiempo fijo o predeterminado, (ii) accionados por el tránsito.

Semáforos de tiempos fijos o predeterminados (Dependientes del tiempo)

Los semáforos de tiempo fijo, también conocidos como semáforos de programación predeterminada, son dispositivos de control de tránsito que regulan la circulación vehicular y peatonal mediante ciclos de tiempo establecidos previamente. Este tipo de semáforos funciona siguiendo una programación específica que determina la duración del ciclo, la secuencia de luces, los tiempos de desfase, entre otros parámetros operativos. Estos pueden ser modificados conforme a necesidades identificadas dentro de un cronograma de programación definido.

Este sistema resulta especialmente adecuado para intersecciones donde los patrones de tránsito se mantienen constantes a lo largo del tiempo o presentan variaciones predecibles que pueden ser abordadas mediante sincronizaciones previamente definidas. Además, este tipo de control es ideal para situaciones en las que se requiere coordinar semáforos ubicados en intersecciones cercanas, ya sea sobre la misma vía o en calles adyacentes, o en zonas donde la infraestructura vial opera al límite de su capacidad.

Por otro lado, los semáforos accionados por el tránsito son sistemas de control que adaptan su funcionamiento en tiempo real en función de la demanda vehicular o peatonal registrada a través de detectores. Estos dispositivos envían señales a una unidad central o local de control, lo que permite una gestión más dinámica del flujo vehicular.

Este tipo de control es especialmente útil en intersecciones donde los volúmenes de tránsito presentan alta variabilidad a lo largo del día, permitiendo minimizar las interrupciones

en la vía principal. Las intersecciones con semáforos accionados por el tránsito se clasifican en tres tipos:

Totalmente accionados: cuentan con detectores en todos los accesos de la intersección, permitiendo un control completo en función de la demanda.

Parcialmente accionados: disponen de sensores en uno o más accesos, pero no en todos.

Ajustados al tránsito: operan con señales que se adaptan continuamente en función de la información recolectada por sensores ubicados en puntos clave del flujo vehicular, los cuales envían datos a una unidad centralizada o computador maestro para su análisis y control en tiempo real.

2.1.6. Software de micro modelación del tránsito

Actualmente, es el mejor software para propuestas de semaforización y optimización de tiempos de ciclos semafóricos es el software denominado Synchro 11.0 + Sim Traffic 11, ambos conforman una herramienta integrada, comúnmente conocida como Synchro, ampliamente utilizada en el ámbito de la ingeniería de tránsito. Este software ha sido desarrollado para modelar y simular las condiciones de circulación en redes viales, permitiendo representar de manera detallada el comportamiento del flujo vehicular.

Synchro facilita la evaluación de parámetros técnicos clave recomendados por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), tales como la velocidad de recorrido, los tiempos de demora, la longitud de colas y la relación volumen/capacidad (V/C), empleando como base metodológica el Highway Capacity Manual (HCM). Su aplicación resulta fundamental para el diseño de soluciones viales eficientes y técnicamente sustentadas.

El software de micro simulación Synchro 11, el cual permitirá el cálculo y optimización de los ciclos semafóricos de intersecciones nuevas. Estos softwares nos permiten obtener resultados para cada intersección con relación a los siguientes indicadores:

Relación de volumen/capacidad (V/C) Tiempo de demoras (seg.)

Nivel de servicios por demoras (LOS) Longitud de colas

Velocidades y Tiempos de viaje.

Los niveles de servicio por demoras (LOS) son medidas cuantitativas y cualitativas que describen las condiciones operativas del tránsito, generalmente se caracterizan por los factores tales como la velocidad, demoras, el tiempo de viaje, la libertad de maniobras, interrupciones a la circulación, el confort, la comodidad y seguridad clasificándose de la siguiente:

Nivel de Servicio A: Se caracteriza por las operaciones con demoras muy bajas, la circulación de los vehículos es muy fluida y la mayoría de ellos llega a la fase de verde del semáforo. Los ciclos semafóricos de corta duración también contribuyen a demoras bajas que son menores a los 10 segundos por vehículo.

Nivel de Servicio B: Se caracteriza por las demoras entre 10 a 20 segundos por vehículos. Algunos de los vehículos comienzan a detenerse.

Nivel de Servicio C: Se caracteriza por ser un nivel intermedio, con demoras entre los 20 y 35 segundos, estas demoras son más prolongadas que pueden deberse a una progresión de mediana calidad, ciclos más prolongados. Es posible que se empiece a producir una falta de capacidad en algunos ciclos. En este nivel la cantidad de los vehículos que se detienen son significativos pese a que mucho logran atravesar la intersección.

Nivel de Servicio D: En este nivel se hace más notable la influencia de la congestión. Se pueden tener demoras más prolongadas que oscilan entre 35 a 55 segundos por vehículo debido a alguna combinación de progresión desfavorable, duraciones de ciclos prolongados o altos grados de saturación de la vía.

Nivel de Servicio E: Se caracteriza por las demoras superiores a los 55 segundos y menores a 80 segundos por vehículos. Por lo general se considera como el nivel limite

aceptable de las demoras. Estos elevados de demoras indican una circulación lenta, largas duraciones de ciclo y altos grados de saturación de la vía.

Nivel de Servicio F: Es el nivel más bajo, considerado por muchos usuarios de la vía como inaceptable, se produce cuando los volúmenes vehiculares de llegada superan la capacidad de la intersección. Causan una circulación deficiente y duración de ciclos prolongados. Las demoras están por encima de los 80 segundos por vehículo.

En intersecciones semaforizadas puede que existan demoras que impliquen un nivel de servicio F mientras que el grado de saturación es menor a 1.00. Esto se produce cuando el ciclo semafórico es muy largo (mayor a los 90 segundos), el tiempo de rojo es alto o la progresión semafórica es deficiente. Caso contrario, las vías saturadas (v/c próximo o mayor a 1.00) pueden tener demoras cortas si los ciclos son cortos o la progresión semafórica es favorable.

2.1.7. Clasificación de la red vial

De acuerdo a lo establecido en la Ordenanza 341-MML (06.12.2001): Sistema Vial Metropolitano de Lima, la red vial que conforma el área de estudio está conformada por los siguientes tipos de vías:

Vías expresas:

Las vías expresas son infraestructuras viales diseñadas para soportar altos volúmenes de tránsito vehicular, caracterizándose por permitir desplazamientos a velocidades elevadas bajo condiciones de flujo continuo, sin la presencia de intersecciones al mismo nivel. Este tipo de vía está destinado principalmente al tránsito rápido y eficiente, por lo que se restringe el acceso del transporte público de pasajeros, así como la circulación de vehículos menores motorizados o no motorizados de dos o tres ruedas, sean estos de uso privado o público. Esta restricción también puede extenderse a vías arteriales y colectoras, siempre que exista una justificación técnica que lo respalde.

En el contexto metropolitano, las Vías Expresas Nacionales o Regionales forman parte de la Red Metropolitana de Lima y permiten la conexión con el resto del territorio nacional, facilitando tanto el transporte interprovincial de pasajeros como el de carga. Además, cumplen una función estratégica en la articulación del tejido urbano, al vincular amplias zonas residenciales con áreas de alta concentración comercial e industrial. Estas vías también prestan servicio a los predios colindantes mediante el uso de rampas y vías auxiliares especialmente diseñadas.

Por su parte, las Vías Expresas Subregionales constituyen elementos fundamentales del Sistema Vial que enlazan la Red Vial Metropolitana con subregiones del país. Conforme al Decreto Supremo N.º 016-2009-MTC, se establece que el límite máximo de velocidad permitido en este tipo de vía es de 80 kilómetros por hora.

Vías Arteriales

Las vías arteriales están destinadas a canalizar volúmenes significativos de tránsito entre zonas urbanas de alta generación de viajes, permitiendo desplazamientos a velocidades medias. En trayectos de larga distancia, es recomendable la implementación de pasos a desnivel o intercambios viales para garantizar una mayor fluidez en la circulación.

Estas vías pueden conectarse mediante intersecciones a nivel tanto con otras arteriales como con vías colectoras. El diseño de tales intersecciones debe incluir carriles adicionales para giros, con el fin de optimizar la capacidad de la vía. Asimismo, se sugiere que las vías arteriales dispongan de calzadas de servicio laterales para facilitar el acceso a las propiedades colindantes. Según el Decreto Supremo N.º 016-2009-MTC, el límite máximo de velocidad establecido para una circulación segura en este tipo de vías es de 60 km/h.

Vías Colectoras

Las vías colectoras también están diseñadas para soportar volúmenes considerables de tránsito, cumpliendo una función de enlace entre sectores urbanos y las vías arteriales o expresas. En este sentido, permiten no solo el desplazamiento interno dentro de una zona urbana, sino también el tránsito de paso en proporción significativa. Además, brindan acceso directo a las propiedades que se encuentran a lo largo de su trazado.

En los casos en que se autorice el tránsito de transporte público de pasajeros, es obligatorio diseñar e implementar paraderos específicos que cumplan criterios técnicos de seguridad y funcionalidad. Para este tipo de vía, el D.S. N.º 016-2009-MTC establece un rango de velocidad segura entre 45 y 60 km/h. Cabe resaltar que en el área de estudio no se han identificado vías clasificadas como colectoras.

Vías Locales

Las vías locales cumplen principalmente la función de proporcionar acceso directo a los predios o lotes adyacentes. Su definición y aprobación dependen del tipo de habilitación urbana: en el caso de desarrollos residenciales, la competencia recae en las municipalidades distritales; mientras que, en habilitaciones de carácter industrial, comercial u otros usos, esta responsabilidad corresponde a la Municipalidad Metropolitana de Lima. Según lo dispuesto en el D.S. N.º 016-2009-MTC, la velocidad máxima permitida en este tipo de vía para garantizar una circulación segura oscila entre 30 y 40 km/h.

2.1.8. Intersecciones semaforizadas

Las intersecciones semaforizadas son puntos clave dentro de la red vial donde confluyen múltiples flujos vehiculares, regulados mediante un sistema de control por fases que asigna el derecho de paso a cada movimiento de manera alternada. Este tipo de intersección busca mejorar la seguridad vial, reducir conflictos entre usuarios y optimizar la eficiencia del tránsito. Según el *Highway Capacity Manual* (HCM, 2010), el análisis de intersecciones semaforizadas se basa principalmente en la evaluación de la capacidad, la

demora promedio y el nivel de servicio (LOS) que experimentan los vehículos al atravesar la intersección. Estos parámetros permiten diagnosticar el desempeño operativo de la intersección bajo distintas condiciones de flujo y configuración semafórica (Transportation Research Board, 2010).

El HCM considera diversos factores para estimar el rendimiento de una intersección semaforizada, tales como:

Duración del ciclo semafórico y su distribución en fases.

Tiempos efectivos de verde, ámbar y rojo por movimiento.

Tasa de saturación y flujo vehicular por carril.

Factores de ajuste por condiciones locales (pendiente, giros, mezcla de vehículos, etc.).

Una variable clave es la demora promedio por vehículo, que se define como el tiempo adicional que un conductor experimenta debido al control semafórico, en comparación con una situación sin control. Esta demora se clasifica en:

Demora por deceleración y parada.

Demora durante el tiempo de espera.

Demora de arranque por el retardo acumulado del flujo.

El nivel de servicio (LOS) se expresa en seis categorías (A a F), siendo "A" el nivel con menor congestión y "F" el más crítico. Este se determina a partir de los valores de demora promedio, permitiendo evaluar la calidad operativa de la intersección.

El HCM proporciona procedimientos detallados para el diseño, evaluación y optimización de intersecciones semaforizadas, los cuales pueden aplicarse para proponer soluciones técnicas que mejoren la transitabilidad en puntos críticos de la ciudad, como en el caso de la intersección de la avenida Tomás Valle con la avenida Marco Polo.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Aplicada, nivel de investigación que se abordara son: descriptivo y explicativo. La aplicada se caracteriza por ser "una investigación científica que tiene como propósito abordar desafíos prácticos y encontrar soluciones efectivas mediante la producción de conocimientos concretos y aplicables al entorno real" (p. 62). Los niveles de investigación que se abordarán son: descriptivo y explicativo. En el ámbito de la investigación descriptiva, se detallan las particularidades o fenómenos que se están investigando, sin buscar una explicación de los mismos (Hernández et al., 2014). La investigación explicativa busca explicar las relaciones entre las variables y entender los procesos que llevan a la ocurrencia de un fenómeno (Hernández et al., 2014).

3.2. Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo de investigación se basa en el mejoramiento de la transitabilidad para los usuarios de la vía en la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, incorporando las vías aledañas del área de estudio.

Figura 1

Localización del área de estudio



Figura 2

Ubicación del área de estudio



3.3. Variables

3.5.1. Variable independiente

Variable independiente: Propuesta de semaforización

3.5.2. Variable dependiente

Variable dependiente: Transitabilidad en la intersección de Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.

3.4. Población y muestra

La población estará conformada por los usuarios de la vía en la intersección de las avenidas Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, asimismo, los elementos y características de las vías.

La muestra estará conformada por los vehículos y peatones que transitan durante la hora punta en la intersección de las avenidas Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, la cual será definida en el desarrollo del presente plan.

3.5. Instrumentos

Instrumento: Ficha de observación de tránsito vehicular y peatonal

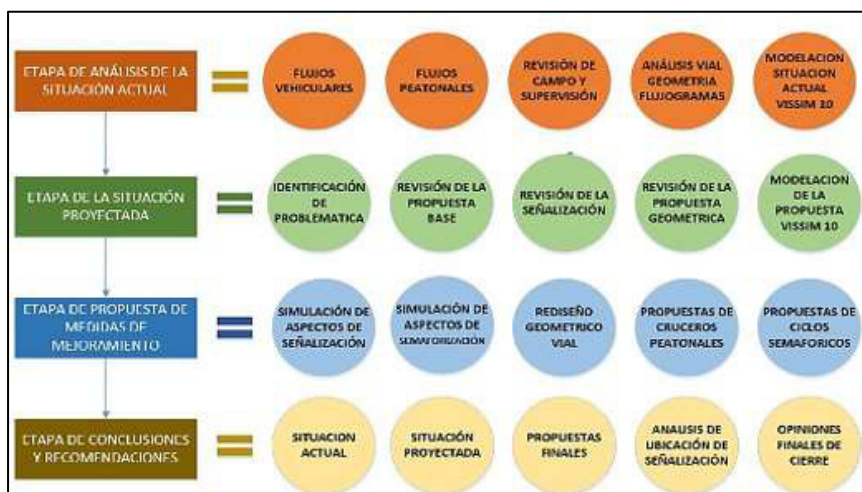
La técnica de observación directa estructurada permitirá recolectar datos precisos sobre el comportamiento del flujo vehicular y peatonal en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, durante la hora de máxima demanda. Para ello, se empleará una ficha de observación diseñada específicamente para registrar la cantidad y tipo de vehículos, tiempos de espera, frecuencia de paso, flujos peatonales, y posibles conflictos viales en cada fase del semáforo o cruce.

3.6. Procedimientos

A continuación, se muestra una gráfica detallando la metodología:

Figura 3

Descripción de la metodología empleada



3.6.1 Situación Actual

En esta etapa, se realizó la recopilación de información necesaria para caracterizar el comportamiento del flujo vehicular y peatonal en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, con el fin de comprender las condiciones actuales de transitabilidad. Los datos básicos recabados incluyeron aforos vehiculares y peatonales, las características geométricas

de la calzada, el estado y funcionamiento urbano, así como el uso del suelo circundante, los estacionamientos, y las rutas y paraderos del transporte público.

Área de Estudio

El presente estudio se ubica en la intersección de la Avenida Tomás Valle con la Avenida Marco Polo, en el distrito de Independencia, provincia de Lima. Esta zona presenta una alta carga vehicular y peatonal, siendo un punto estratégico debido a su proximidad con centros comerciales, instituciones educativas y zonas residenciales. La intersección se encuentra dentro de un entorno urbano densamente poblado, lo cual la convierte en una vía clave para la transitabilidad de la zona.

Figura 4

Ubicación del área de estudio



Zonificación y uso de suelos

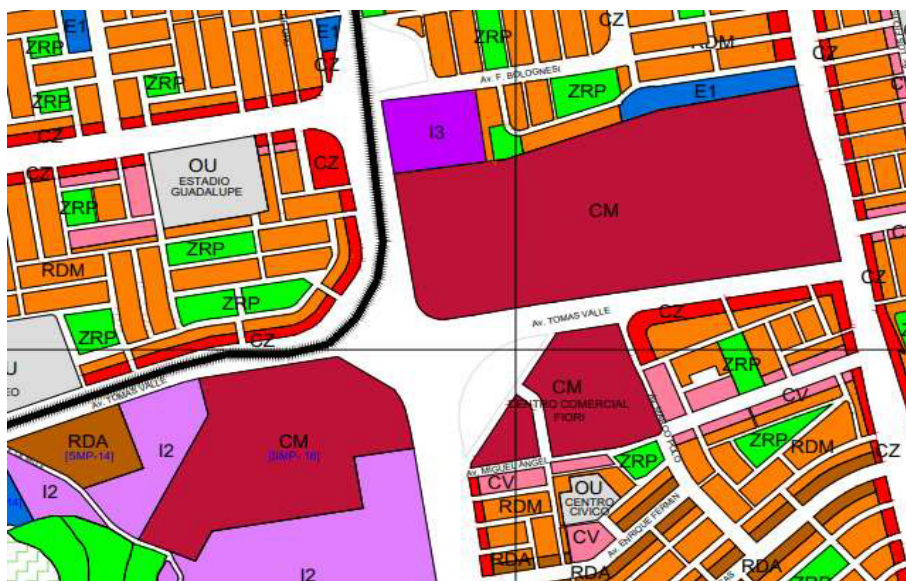
En un radio de aproximadamente 2 kilómetros alrededor de la intersección de estudio, se identifican distintas zonas de uso del suelo. Hacia el lado norte predominan áreas comerciales (Comercio Metropolitano - CM), con presencia de establecimientos como centros comerciales, mercados y pequeños negocios. Por su parte, hacia el sur y oeste de la

intersección, se localizan principalmente zonas de Vivienda Taller y Residencial de Densidad Media (RDM).

Durante las inspecciones en campo, se verificó que la zonificación corresponde a lo establecido por los planos de uso de suelo del distrito de Independencia, según los parámetros definidos en la normativa vigente del Instituto Metropolitano de Planificación – IMP.

Figura 5

Zonificación y uso de suelos de la zona de estudio



Nota. Adaptado de la Ordenanza 620-MML.

Análisis del estado físico y geométrico de la intersección

Durante las labores de inspección en campo se pudo determinar el estado físico y condiciones de las vías en estudio, teniendo las siguientes características:

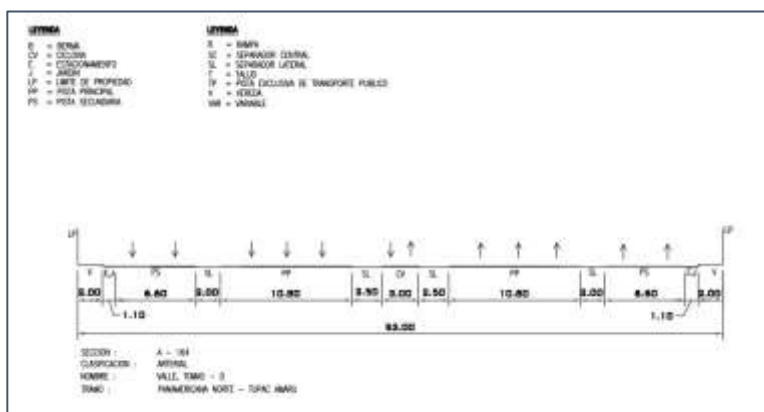
Avenida Tomás Valle

- Clasificada como vía arterial según el Plan Vial Metropolitano.
- Presenta una sección vial aproximada de 50 metros, con dos a tres carriles por sentido.
- La calzada central está separada por un separador físico de 1 metro de ancho.

- El flujo vehicular incluye vehículos livianos, transporte público (buses y cústers), camiones de carga ligera y pesada, así como mototaxis y motocicletas.
- Las veredas son angostas, con tramos en mal estado, dificultando el tránsito peatonal.
- No cuenta con semáforos peatonales funcionales ni cruces seguros para personas con movilidad reducida.
- Se observó congestión vehicular severa en horas punta.

Figura 6

Sección vial actual de la Av. Tomas Valle



Avenida Marco Polo

- Vía de carácter local con doble sentido de circulación.
- Presenta un carril por sentido, conectando zonas residenciales y comerciales con la Avenida Tomás Valle.
- El ancho de calzada varía entre 20 y 30 metros.
- En mal estado de conservación, con veredas deterioradas, radios de giro reducidos y sin demarcación horizontal visible.
- Alta afluencia peatonal, especialmente en horas escolares y comerciales.

velocidades. A continuación, se presenta una vista fotografía que describe el estado de la señalización actual.

Figura 9

Condiciones de la señalización horizontal y vertical



Figura 10

Condiciones de la señalización horizontal y vertical - lado Tomas Valle



Figura 11

Condiciones de la señalización horizontal y vertical - lado Av. Marco Polo



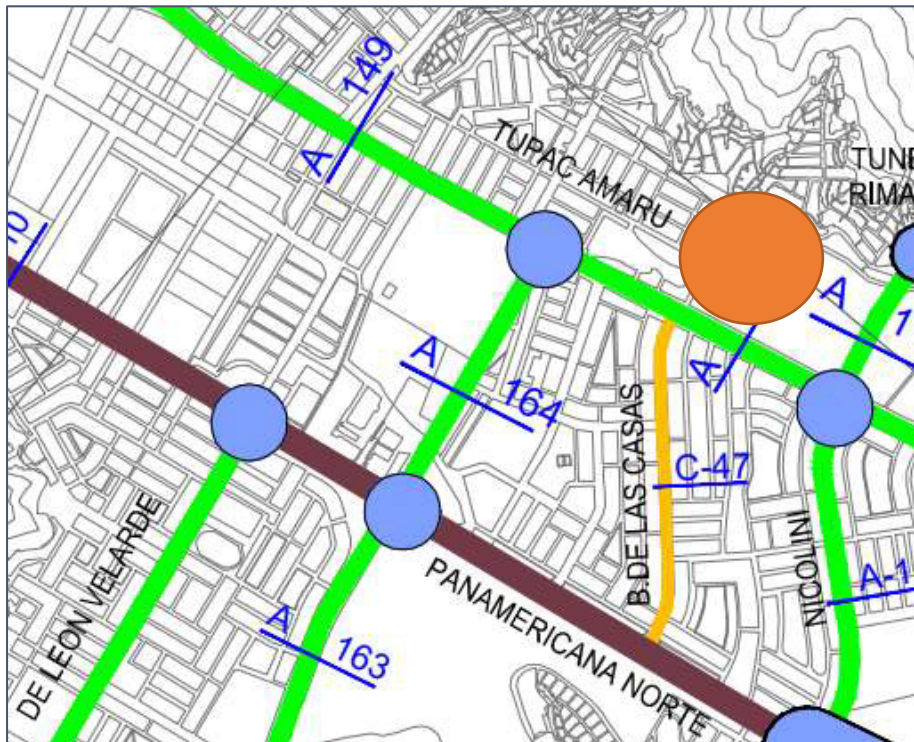
En las inspecciones realizadas, se verificó que no existe una red semafórica operativa en las inmediaciones directas de la intersección entre la Avenida Tomás Valle y la Avenida Marco Polo. Cabe destacar que la intersección con la Avenida Panamericana Norte, a pesar de su alta carga vehicular, no cuenta con un sistema de semaforización, lo cual agrava la congestión y los conflictos de tránsito en horas punta.

La intersección semaforizada más cercana se ubica en el cruce de la Avenida Tomás Valle con la Avenida Túpac Amaru, aproximadamente a 850 metros del área de estudio. Esta intersección cuenta con dispositivos semafóricos de tecnología LED, aunque se identificaron fallas parciales como luces apagadas y falta de mantenimiento.

La ausencia de una red semafórica continua y coordinada en esta zona evidencia la necesidad urgente de implementar un sistema de semaforización en la intersección Tomás Valle – Marco Polo, que contribuya a ordenar el tránsito vehicular, mejorar la seguridad vial y garantizar condiciones adecuadas para el cruce peatonal.

Figura 12

Intersecciones semaforizadas próximas al área de estudio



Nota. Adaptado de la Ordenanza N.º 341-2001-MML.

3.7. Análisis de datos

3.7.1 Situación actual del tránsito

Volúmenes Vehiculares

A fin de identificar las condiciones actuales de la circulación vehicular en la zona de estudio se procedió a realizar los conteos vehiculares direccionales en días de condiciones normales. Para ello se realizaron los conteos vehiculares en dos días típicos (jueves y viernes) y un día atípico (sábado) por 16 horas del día y por periodos de 15 minutos.

Luego de la identificación de la clasificación vehicular dentro de la zona de análisis, se realizó los trabajos de levantamiento de flujos vehiculares en la intersección prevista.

En la tabla 1, se presentan las horas de aforo y/o conteos vehiculares en la intersección en estudio.

Tabla 1*Aforos vehiculares realizados en el área de estudio*

Nº	INTERSECCIÓN	TIPO DE LABOR REALIZADA	DIA	FECHA	HORARIO DE
1	Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo	Aforos Vehiculares Direccionales	Jueves	6.03.2025	06:00 - 22:00 Hrs.
			Viernes	7.03.2025	06:00 - 22:00 Hrs.
			Sábado	8.03.2025	06:00 - 22:00 Hrs.

Volúmenes Peatonales

A fin de identificar las principales características de la circulación peatonal en el área de estudio se procedieron a realizar censos peatonales en la intersección de impacto directo a la zona de estudio, las cuales se proceden a describir:

Tabla 2*Aforos peatonales realizados en el área de estudio*

Nº	INTERSECCIÓN	TIPO DE LABOR REALIZADA	DIA	FECHA	HORARIO
1	Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo	Aforos Peatonales Direccionales	Jueves	6.03.2025	06:00 - 22:00 Hrs.
			Viernes	7.03.2025	06:00 - 22:00 Hrs.
			Sábado	8.03.2025	06:00 - 22:00 Hrs.

Horas punta vehicular

A partir de las evaluaciones realizadas en campo y cuyos resultados se detallan y se presentan en los anexos del presente estudio, se procedió a examinar la distribución horaria de los flujos vehiculares registrados en la intersección materia de estudio, las cuales detallamos.

Tabla 3

Resultados de los volúmenes vehiculares en 16 horas del día

N°	INTERSECCIÓN	DIA	HORARIO	VOLUMEN VEHICULAR (16 Hrs)
1	Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo	Jueves	06:00 - 22:00 Hrs.	32, 506 Veh/día
		Viernes	06:00 - 22:00 Hrs.	33, 325 Veh/día
		Sábado	06:00 - 22:00 Hrs.	32, 257 Veh/día

Como se puede apreciar en la tabla 3, es el día sábado (día atípico) el que presenta la menor cantidad de tráfico con 32, 257 vehículos/día y el día viernes el más cargado con 33, 325 vehículos/día. A continuación, se muestra la distribución horaria de cada uno de los días de aforo:

Figura 13

Distribución horaria del flujo vehicular – día jueves



Como se puede apreciar en el Figura 13, para el día jueves la hora punta de la mañana se registra entre las 07:15 – 08:15 horas con 3834 vehículos/hora; en el medio día se registra entre 13:45 – 14:45 horas con 3182vehículos/hora; y en la tarde se registra entre 17:15 – 18:15 horas con 3301 vehículos/hora, siendo todos estos registros las denominadas horas de máxima demanda en condiciones normales de un día rutinario laborable.

A continuación, se muestra lo registrado en el día viernes:

Figura 14

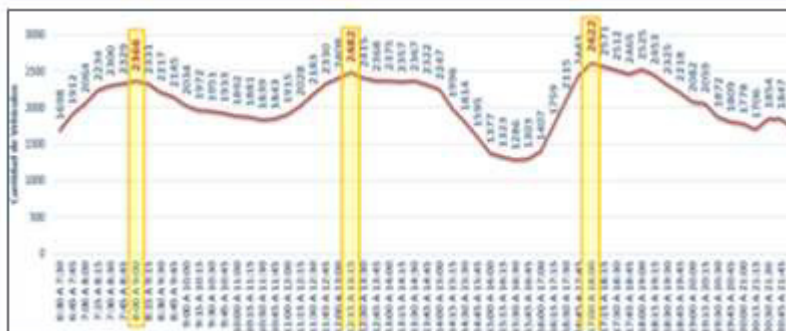
Distribución horaria del flujo vehicular – día viernes



El Figura 14, describe que para el día viernes la hora punta de la mañana se mantiene entre las 07:15 – 08:15 horas con 4916 vehículos/hora; en el medio día se modifica y se registra entre 13:00 – 14:00 horas con 4080 vehículos/hora; y en la tarde de igual modo se reduce y se registra entre 17:00 – 18:00 horas con 4522 vehículos/hora; siendo estos nuevos registros de horas punta en condiciones normales de un día rutinario laborable. A continuación, se muestra lo registrado en el día sábado:

Figura 15

Distribución horaria del flujo vehicular – día sábado



El Figura 15 muestra que para el día sábado la hora punta de la mañana se incrementa entre las 08:00 – 09:00 horas con 4523 vehículos/hora; en el medio día se modifica y se registra entre 12:15 – 13:15 horas con 3794 vehículos/hora; y en la tarde se mantiene como el viernes y se registra entre 17:00 – 18:00 horas con 4160 vehículos/hora; siendo estos nuevos registros en horas punta de condiciones normales de un día rutinario no laborable.

A continuación, se muestra una tabla resumen de las horas punta identificadas:

Tabla 4

Principales horas punta registradas dentro de la intersección de análisis

Nº	INTERSECCIÓN	DIA	HORA PUNTA DE LA MAÑANA	HORA PUNTA DEL MEDIO DIA	HORA PUNTA DE LA TARDE
1	Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo	Jueves	3834 Veh/Hr	3182 Veh/Hr	3301 Veh/Hr
		Viernes	4916 Veh/Hr	4080 Veh/Hr	4522 Veh/Hr
		Sábado	4523 Veh/Hr	3794 Veh/Hr	4160 Veh/Hr

En la tabla 4, se puede demostrar claramente que la hora punta más cargada se presenta en el día viernes en el horario de la mañana, por esa razón, se llevó a cabo el aforo direccional en tres días distintos (jueves, viernes y sábado), considerando las tres franjas horarias representativas: mañana, mediodía y tarde. De acuerdo con los resultados obtenidos, se identificó que el mayor volumen vehicular se presenta durante la hora punta de la mañana del día viernes, registrando un total de 4,916 vehículos por hora, lo cual evidencia una elevada demanda de tránsito en este horario específico.

Este valor supera ampliamente los registros obtenidos en los otros días de evaluación. En comparación con el día jueves (3,834 veh/h), se observa un incremento de 1,082 vehículos por hora, lo que representa un aumento del 28%. Asimismo, en relación con el sábado (4,523 veh/h), se identificó un incremento de 393 vehículos por hora, equivalente a un 8.7% adicional. Estos datos confirman que el flujo vehicular más crítico se produce el viernes por la mañana, asociado probablemente a la confluencia de actividades laborales, escolares y comerciales en el entorno inmediato de la intersección.

Cabe señalar que, actualmente, la intersección no cuenta con un sistema de semaforización que regule el tránsito, lo que agrava la problemática existente. Este nivel de carga vehicular en hora punta, sin regulación alguna, genera condiciones propicias para la ocurrencia de conflictos viales, especialmente entre flujos opuestos y cruzados, así como un mayor riesgo de accidentes de tránsito. Además, la falta de semaforización representa un peligro latente para los peatones, quienes deben atravesar la vía sin mecanismos seguros que prioricen su cruce.

En ese sentido, el elevado volumen vehicular registrado justifica técnicamente la implementación de un sistema de semaforización en dicha intersección, con el fin de ordenar los movimientos vehiculares mediante fases programadas, reducir los conflictos de tránsito, mejorar la fluidez vehicular y garantizar condiciones seguras para los peatones. Esta medida permitirá optimizar la transitabilidad general del área y contribuirá significativamente a mejorar la seguridad vial en el distrito de Independencia.

Horas punta peatonales

Con la finalidad de identificar las principales características de la circulación peatonal en la intersección materia de estudio, se procedieron a realizar censos peatonales en los principales cruces del área de impacto directo al proyecto en estudio, las cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 5

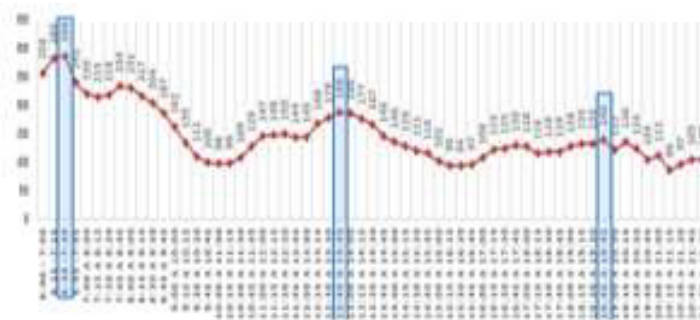
Resultados de los volúmenes peatonales en las 16 horas de censo

N°	INTERSECCIÓN	DIA	HORARIO	VOLUMEN PEATONALES (16 Hrs)
1	Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo	Jueves	06:00 - 22:00 Hrs	9116 Peat/día
		Viernes	06:00 - 22:00 Hrs	11940 Peat/día
		Sábado	06:00 - 22:00 Hrs	10984 Peat/día

Como se identificó en el flujo vehicular, en el flujo peatonal es el día jueves (día típico) el que presenta la menor cantidad de peatones con 9116 peatones/día y el día viernes el más cargado con 11940 peatones/día. A continuación, se muestra la distribución horaria de cada uno de los días:

Figura 16

Distribución horaria del flujo peatonal – día jueves

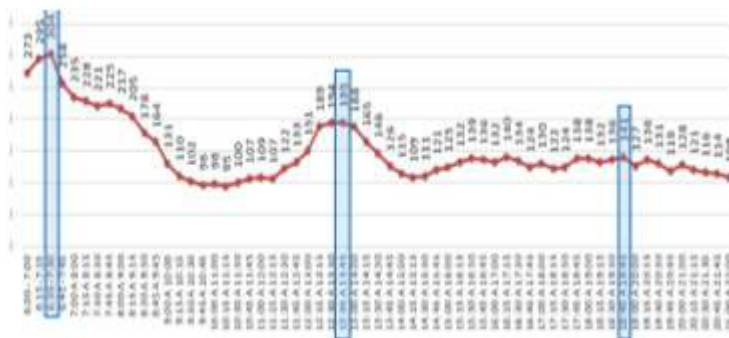


Con se puede apreciar para el día jueves la hora punta de la mañana se registra entre las 06:30 – 07:30 horas con 582 peatones/hora; en el medio día se registra entre 12:45 – 13:45 horas con 544 peatones/hora; y en la tarde se registra entre 18:45 – 19:45 horas con 501peatones/hora, siendo todos estos registros las denominadas horas punta de condiciones normales de un día rutinario laborable dentro de la zona.

A continuación, se muestra lo registrado en el día viernes:

Figura 17

Distribución horaria del flujo peatonal – día viernes

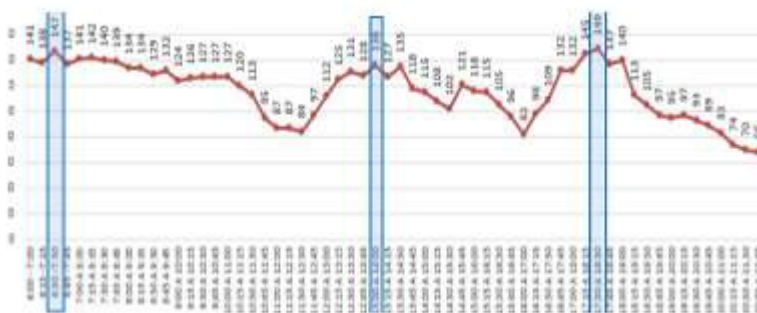


Para el día viernes la hora punta de la mañana se registra entre las 06:30 – 07:30 horas con 746 peatones/hora; en el medio día se registra entre 12:45 – 13:45 horas con 570 peatones/hora; y en la tarde se registra entre 18:45 – 19:45 horas con 687 peatones/hora; siendo estos nuevos registros también horas punta de condiciones normales de un día rutinario laborable.

A continuación, se muestra lo registrado en el día sábado:

Figura 18

Distribución horaria del flujo peatonal – día sábado



Para el día sábado la hora punta de la mañana es entre las 06:30 – 07:30 horas con 687 peatones/hora; en el medio se registra entre 13:00 – 14:00 horas con 530 peatones/hora; y en la tarde se registra entre 17:30 – 18:30 horas con 632 peatones/hora; siendo estos nuevos registros aun horas punta de condiciones normales de un día rutinario no laborable. A continuación, se muestra un cuadro resumen de las horas puntas identificadas.

Tabla 6

Principales hora puntas peatonales analizadas en la zona de estudio

N°	INTERSECCIÓN	DIA	HORA PUNTA DE LA MAÑANA	HORA PUNTA DEL MEDIO DIA	HORA PUNTA DE LATARDE
1	Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo	Jueves	582 Peatón/Hr	544 Peatón/Hr	501 Peatón/Hr
		Viernes	746 Peatón/Hr	570 Peatón/Hr	687 Peatón/Hr
		Sábado	687 Peatón/Hr	530 Peatón/Hr	632 Peatón/Hr

En la tabla 6, se demuestra claramente que la hora punta más cargada se presenta en el día viernes en la hora punta de la mañana, por esa razón los cálculos se realizarán en base al conteo peatonal de este día viernes.

En la tabla 7, se muestra el cuadro comparativo de las horas punta vehicular y peatonal en el día de mayor circulación.

Tabla 7

Comparativo entre las horas punta vehicular y peatonal – Día Viernes

N°	HORA PUNTA	HORA PUNTA VEHICULAR	HORA PUNTA PEATONAL
1	HORA DE LA MAÑANA	07:15 am – 08:15 am	06:30 am – 07:30 am
2	HORA DEL MEDIO DIA	13:00 pm – 14:00 pm	12:45 pm – 13:45 pm
3	HORA DE LA TARDE	17:00 pm – 18:00 pm	18:45 pm – 19:45 pm

Como se puede apreciar las horas punta vehicular y peatonales de todas las horas punta del día viernes difieren relativamente, razón por la cual se utilizará para la modelación dentro del análisis en la micro simulación del flujo de mayor carga en ambos aspectos (vehicular y

peatonal), a fin de analizar las condiciones más críticas dentro del escenario actual de modelación.

Comportamiento Urbano y Niveles de Accidentalidad

Comportamiento de los peatones y conductores

Los registros realizados por las fotografías y videograbaciones durante los días que se llevó a cabo las labores de campo en la intersección en estudio, han puesto en evidencia un comportamiento temerario de conductores y peatones durante su desplazamiento por la intersección en estudio. No solo durante el cruce de esta vía sino también en el desplazamiento en paralelo a la misma.

Siendo un cruce importante de peatones para acceder a sus hogares o centros laborales, a continuación, se detalla lo observado en campo, evidenciando el peligro a que se exponen a diario los peatones y conductores por la falta, entre otras medidas, del dispositivo que priorice el paso de las personas sobre los vehículos; que pondría una orden en la intersección en estudio:

Figura 19

Riesgos de los peatones – cruce inseguro Av. Tomas Valle



Figura 20

Riesgos de los peatones – señalización el mal estado de conservación

**Figura 21**

Riesgos de los peatones – martillo en mal estado



Figura 22

Riesgos de los peatones – cruceo inseguro Av. Tomas Valle

**Figura 23**

Riesgos de los peatones – rampas inadecuadas



Accidentes de tránsito y víctimas mortales en la zona de estudio

La intersección de la avenida Tomás Valle con la avenida Marco Polo, ubicada en el distrito de Independencia, presenta una problemática significativa en términos de seguridad vial. Esta zona experimenta un flujo vehicular intenso y una alta afluencia peatonal, sin contar con una regulación semafórica que ordene adecuadamente los movimientos viales.

Esta carencia incrementa los niveles de riesgo de colisión entre vehículos y entre vehículos y peatones.

Según información recopilada mediante entrevistas a vecinos, comerciantes de la zona, agentes de serenazgo y personal de tránsito, así como registros de reportes municipales y policiales, se ha identificado que en esta intersección se han producido diversos siniestros viales, tanto con consecuencias materiales como personales. En particular, se ha reportado la ocurrencia de atropellos a peatones, especialmente en horarios de alta congestión, como las horas punta de la mañana y la tarde. Estas situaciones de peligro se ven agravadas por la ausencia de pasos peatonales seguros y visibles, la velocidad excesiva de los vehículos y la falta de control semafórico.

A nivel nacional, durante el año 2022, se registraron 5,449 siniestros viales con consecuencias mortales, lo que representa el 12% del total de accidentes reportados. De estos, 930 personas perdieron la vida, evidenciando la gravedad de la situación en las vías del país. En la región de Lima Metropolitana, los distritos del Cono Norte, que incluyen a Independencia, reportaron un número significativo de accidentes, con un total de 326 atropellos, siendo uno de los tipos de accidentes más frecuentes.

La implementación de un sistema semafórico en la intersección de Tomás Valle con Marco Polo permitiría reducir los niveles de siniestralidad, al otorgar tiempos y fases específicas para el paso peatonal y vehicular, disminuyendo los conflictos viales y fomentando un comportamiento ordenado entre los usuarios de la vía. Esta medida contribuirá directamente a salvaguardar la integridad de los peatones y conductores, fortaleciendo así la seguridad vial en esta zona crítica del distrito de Independencia.

Análisis de las rutas de Transporte Público

Dentro del área de influencia directa de la zona en estudio, circula el servicio de transporte público de pasajeros por la vía principal de la Av. Tomas Valle, verificándose que

las vías auxiliares son utilizadas por el servicio de transporte en vehículos menores (mototaxis) que atiende la demanda de los pobladores, quienes realizan transbordos a diario para llegar desde el punto de desembarque de los vehículos de transporte público regulado (paradero) hacia sus hogares ubicados al interior (y en la parte alta) frente a la zona industrial.

Los modos de transporte pueden distinguirse según la posesión y el uso de la red vial. En la tabla 8, se presentan los tipos modos de transporte que circulan por la intersección materia de estudio, específicamente por la Av. Tomas Valle.

Tabla 8

Tipos y modos de transporte registrados en la zona de estudio

Transporte Privado	Transporte Público No Regulado	Transporte Público Regulado	Transporte Pesado	Transporte Menores
Auto	Taxi	Camioneta Rural	Camión Ligero	Moto Lineal
Camioneta Rural	Colectivo	Microbús	Camión Pesado	Moto Taxi
Microbús		Ómnibus	Remolque	
Ómnibus		Buses	Semirremolque	

La intersección de la avenida Tomás Valle con la avenida Marco Polo, ubicada en el distrito de Independencia, se encuentra en un entorno con significativa generación y atracción de viajes, dada su proximidad a zonas de alta demanda de transporte público. En particular, destaca la cercanía a puntos neurálgicos como el Emporio Comercial de Lima Norte (Megaplaza y Plaza Norte), así como instituciones educativas y establecimientos de salud, los cuales motivan una constante afluencia de usuarios del sistema de transporte.

Las rutas de transporte público que transitan por la intersección provienen mayoritariamente de zonas periféricas y de alta densidad poblacional. Desde el norte y noreste, los vehículos provienen de distritos como Comas, Los Olivos y Carabayllo, mientras que desde el sur y el este conectan con zonas como San Martín de Porres y Lima Cercado,

atravesando el óvalo Habich, el Cruce Naranjal y la avenida Panamericana Norte, hasta llegar a la intersección en análisis.

En este tramo, el servicio de transporte público cumple un rol esencial en la movilidad urbana, ya que no solo permite el desplazamiento de residentes, sino también facilita el acceso a centros laborales y comerciales ubicados en el eje de la avenida Tomás Valle. Sin embargo, se ha observado que muchas unidades realizan maniobras de parada y giro en condiciones inseguras, motivadas por la ausencia de semaforización y una adecuada regulación de los flujos, lo que repercute en la congestión vehicular y eleva los niveles de riesgo para los peatones.

3.7.2 Situación propuesta

En esta etapa se identificaron los principales problemas de la intersección, tanto por las condiciones físicas de la vía como por los comportamientos del tránsito vehicular y peatonal. Además, se evaluaron factores como la señalización, la semaforización existente, los cruces peatonales y la ausencia de mobiliario urbano adecuado. Con base en estos problemas, se propusieron soluciones para mejorar la seguridad vial y la fluidez del tránsito.

Se llevaron a cabo simulaciones del tránsito proyectado, priorizando las soluciones que aborden las necesidades de seguridad vial y circulación peatonal. Las soluciones propuestas incluyen la modificación de los planes semafóricos, la incorporación de nuevas fases y ciclos semafóricos, la mejora de la señalización y la implementación de reductores de velocidad y paraderos de transporte público.

Para la implementación, se establecieron tres niveles de intervención:

Intervenciones a corto plazo:

Modificación de planes semafóricos

Nueva semaforización

Nueva señalización

Diseño de reductores de velocidad

Diseño de paraderos de transporte público

Intervenciones a mediano plazo:

Mejoramiento de pavimentos

Redistribución de la sección vial

Diseño de senderos peatonales

Diseño de rutas para ciclovías

Intervenciones a largo plazo:

Diseño de intercambios viales

Cambios de sentido de circulación

Incorporación de nuevos modos de transporte

Las propuestas de mejora para la intersección fueron tanto operacionales como físicas, y se centraron en optimizar la semaforización, el ordenamiento de los carriles y la mejora de los accesos. Entre las soluciones físicas, se propuso la construcción de nuevos carriles exclusivos, la ampliación de calzadas y la modificación de la disposición de los semáforos y sus fases.

Las propuestas se sustentaron en modelos de micro simulación que permitieron evaluar la eficiencia de cada solución. Además, se abordaron medidas para mejorar la seguridad peatonal, como la construcción de rampas para discapacitados y la reubicación de paraderos.

Diseño geométrico de atravesamiento de zonas urbanas

El diseño geométrico de las vías que atraviesan zonas urbanas debe contemplar parámetros técnicos que aseguren condiciones óptimas de seguridad, comodidad y eficiencia para todos los usuarios. En este sentido, el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018), aprobado mediante Resolución Directoral N.º 03-2018-MTC/14, establece criterios

específicos que deben ser aplicados de acuerdo con la velocidad de diseño y las características del entorno urbano (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2018).

En este contexto, se presentan valores de referencia para elementos como el ancho de calzada, radio mínimo de curva, pendiente máxima, distancia de visibilidad de parada, entre otros, con base en las velocidades de diseño típicas para zonas urbanas. Estos lineamientos buscan asegurar la funcionalidad del sistema vial, manteniendo la coherencia entre el diseño geométrico y la operación del tránsito urbano.

Figura 24

Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas

Descripción		Unidad	Velocidad de diseño (km/h)		
			80	60	50
Distancia mínima de visibilidad	De parada	m	130	90	70
	De paso	m			
Pendiente longitudinal	Máxima	%	7,0	7,0	7,0
	Mínima	%	0,5	0,5	0,5
Curvas verticales	k mín. paso=L/A	m/%			50
	K mín. parada=L/A	m/%	15	10	5
	Longitud mínima	m	45	35	25
Peralte máximo		%	7	7	7
Eliminar bombeo no favorable si el radio es menor que		m	1,830	1,220	810
Emplear curva de transición si el radio es menor que		m	600	325	225
Distancia mínima a un obstáculo lateral desde el borde de la calzada		m	0.8	0.8	0.8
Altura mínima de pasos peatonales subterráneos.		m	2.50	2.50	2.50
Entretangencia entre curvas de distinto sentido		m	110	80	80
Entretangencia entre curvas del mismo sentido.		m	220	170	140
Intersecciones no semaforizadas: radio mínimo en las esquinas		m	15	15	5
Intersecciones semaforizadas	Ancho en zona Peatonal	m	3.0 a 5.0 depende del flujo peatonal		
	Ancho en tramos en tangente	m	3.0 mínimo 4.0 máximo		
	Ancho de carril en tramos en curva	m	4.5 mínimo 6.0 máximo		

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018.

RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

A continuación, se muestran todos los parámetros de diseño obtenidos de las normas de aplicación nacional y normas internacionales referenciales:

Tabla 9*Resumen de Parámetros de Diseño Geométrico*

TE M	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
	Clasificación	Vía Arterial y Carretera Nacional
	Tipo de tráfico que soporta	Tráfico urbano y Trafico Nacional
	Uso de suelo	Zona urbana
	Por el relieve y clima	Plano - Seco
	Por el tipo de obra	Nueva construcción
	Por el tipo de Vía	
	Av. Tomás Valle	: Vía Arterial
	Av. Marco Polo	: Vía Local
	Accesos	: Sin Control
	Transporte Publico	: Se autorizan paraderos para buses.
	Estacionamientos	: Se autorizan estacionamientos cerca de las vías
0	Vehículo de Diseño	: Camión T3S3
1	Velocidad de Diseño	
	Paso a desnivel deprimido - Túnel Urbano	: 50 km/hr
	Carriles de entrada y salida	: 40 km/hr
2	Diseño en Planta	
	Tramos en tangente	: Según diseño particular
	Radios de curva	: Según diseño particular
	Sobreancho	: Según diseño particular
3	Diseño en Perfil	
	Pendiente Mínima	: 0 - 2 %
	Pendiente Máxima	: 4 - 6 %
	Carriles adicionales	: 01 carril
	Curvas Verticales	: Según diseño particular
4	Diseño de Sección Transversal	
	Número de carriles	
	Paso a desnivel deprimido - Túnel Urbano	: 0 en ambos sentidos (01 principal + 01 adicional)
	Paso a desnivel deprimido - Rampas	: 02 en ambos sentidos (01 principal + 01 adicional)
	Rotonda	: 03 carriles
	Carriles de entrada y salida	: Según diseño particular
	Ancho de carriles	

	Carriles de entrada y salida	: 3.60 m
	Ancho de bermas	
	Paso a desnivel deprimido - Rampas	: 1.20 m
	Rotonda	: No corresponde
	Carriles de entrada y salida	: Según evaluación urbanística – como mínimo será de 1.20m, hasta 2.40 m
	Bombeo	: 2%
	Peralte máximo	: 4% - 6%
	Galibo	: 5.50 m mínimo
	Carril de aceleración	: Según diseño particular
	Carril de deceleración	: Según diseño particular
	Islas	: Según diseño particular
5	Diseño de casos Especiales	
	Túnel a desnivel Urbano carril + adicional + berma + vereda	: 3.6 m + 3.0 m + 3.0 m + 0.75 m
	Instalaciones - Iluminación	: Se deberá realizar un diseño especial
	Instalaciones - Ventilación	: Natural
	Cruce Ferroviario	
	Elementos geométricos especiales	: No corresponde
	Señalización y Seguridad Vial	: Se deberá realizar un diseño especial
	Paisajismo	: Según Visibilidad

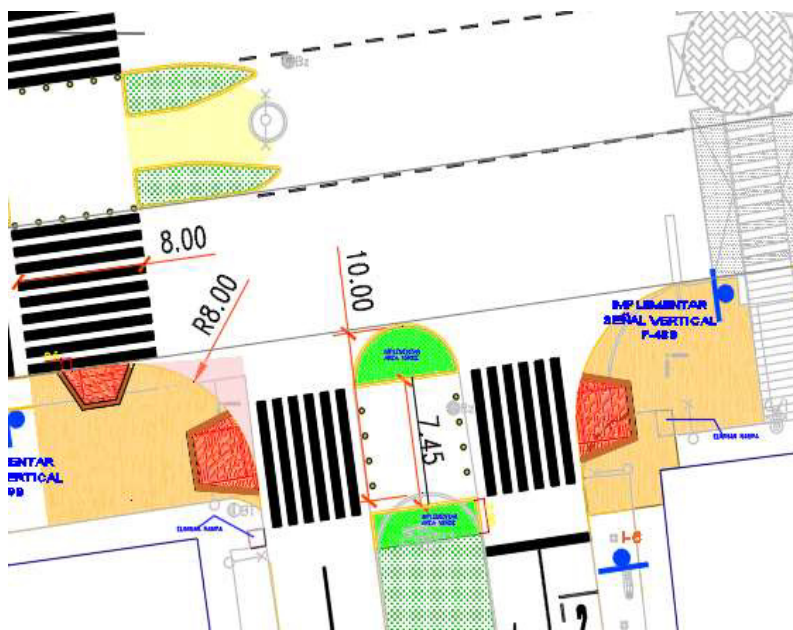
Mejoramiento de la geometría vial e implementación de elementos de seguridad del área de estudio.

A continuación, se detallan las mejoras propuestas en el área de estudio:

Ampliación de berma central y mejora del diseño geométrico en la avenida Marco Polo.

Figura 25

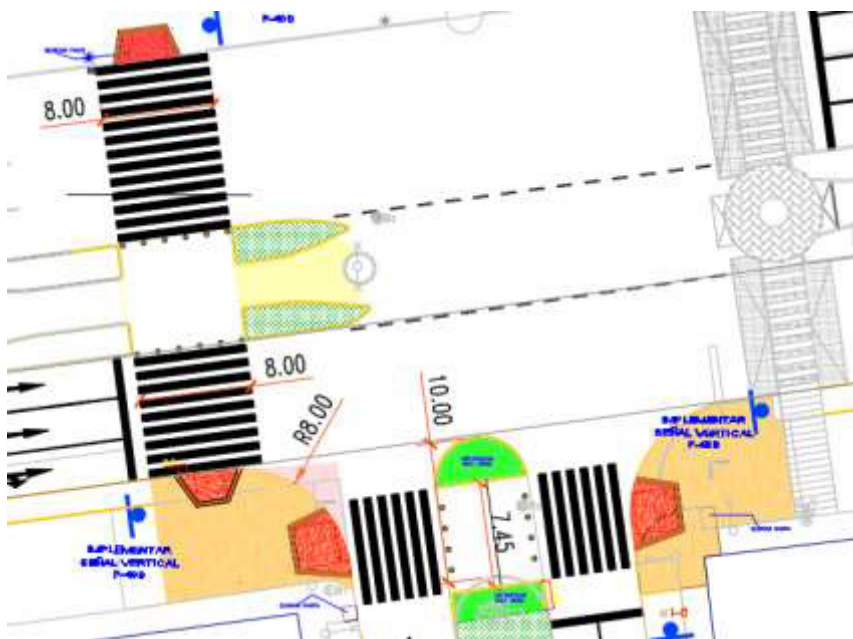
Mejora de berma central y diseño geométrico



Ampliación del paso peatonal a nivel de pista e implementación de rampas peatonales en la avenida Marco Polo.

Figura 26

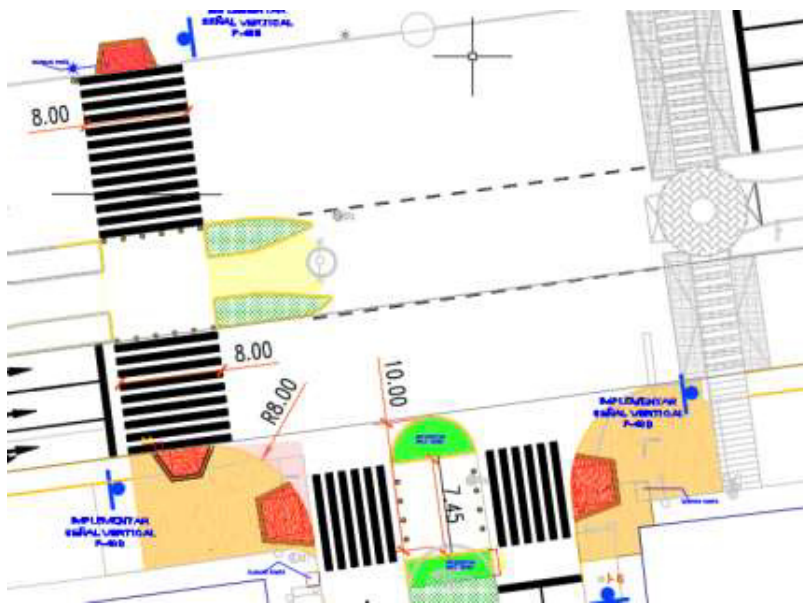
Mejora del paso peatonal e implementación de rampas



Implementación de bolardos de seguridad en la Av. Tomas Valle.

Figura 27

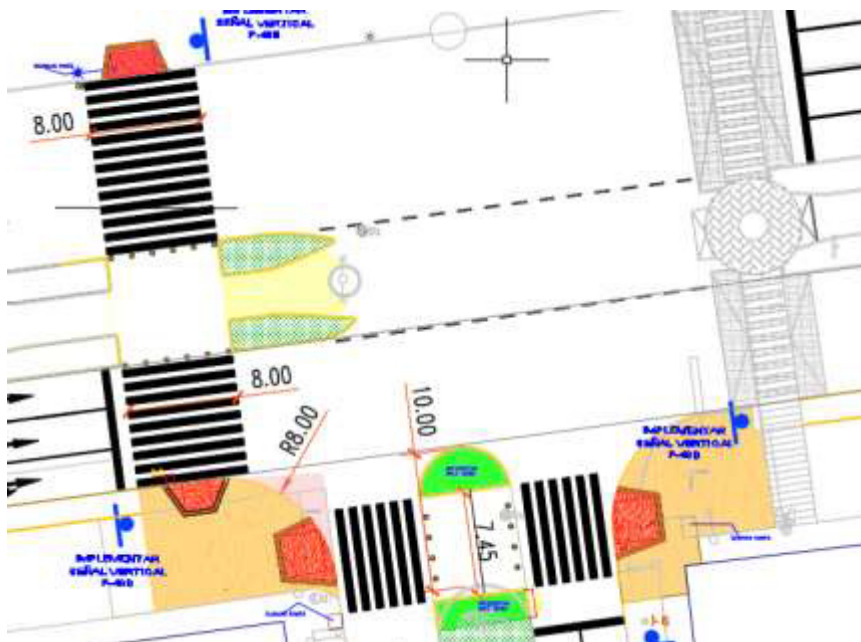
Mejora del paso peatonal e implementación de rampas



Implementación de bolardos de seguridad en la Av. Tomas Valle.

Figura 28

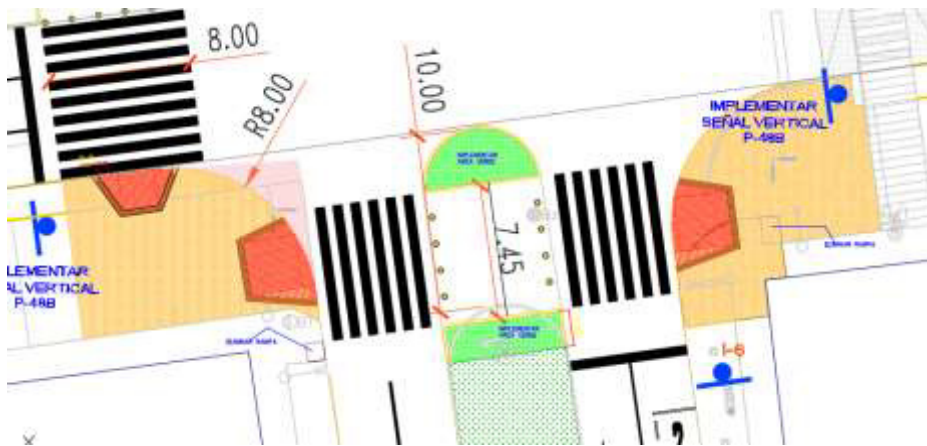
Implementación de bolardos de seguridad en la Av. Tomas Valle



Mejoramiento de Martillo, vereda y radio de giro en la avenida Tomas Valle – Av. Marco Polo.

Figura 29

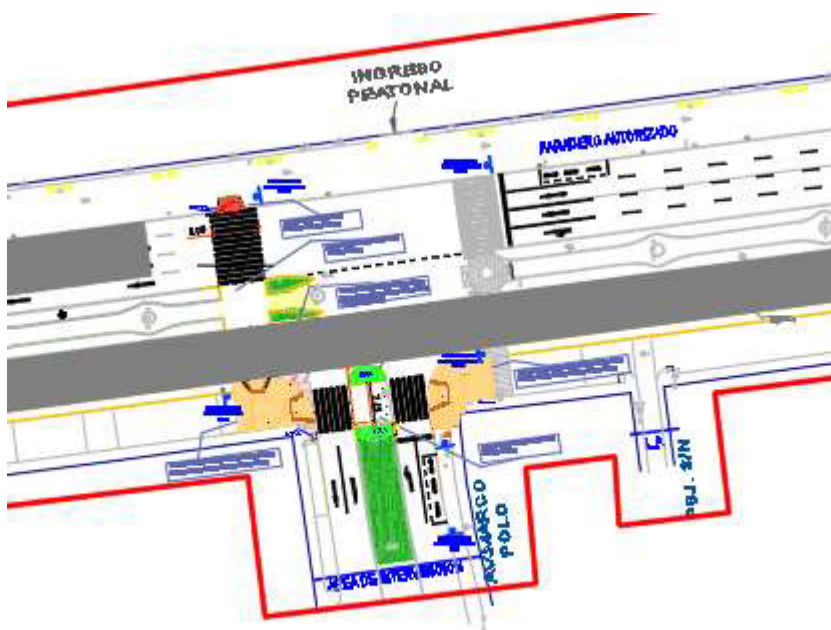
Mejoramiento de martillos, veredas en la Av. Tomas Valle – Av. Marco Polo



Mantenimiento e implementación de pavimento en el área de estudio

Figura 30

Mantenimiento e implementación de pavimento



El mejoramiento e implementación de señalización permitirá regular, informar, advertir y ordenar los desplazamientos vehiculares y peatonales, obteniendo como resultado el uso adecuado de las vías por los conductores y peatones.

La señalización horizontal contempla la implementación de demarcaciones en el pavimento, tales como:

Flechas direccionales.

Líneas de separación de carril.

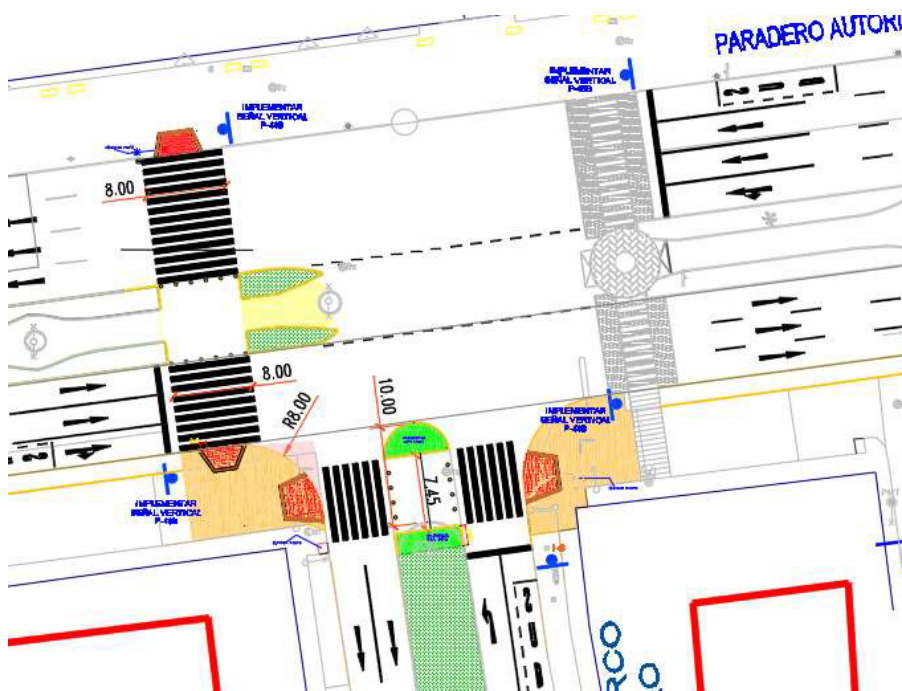
Líneas discontinuas.

Cebras peatonales amplias.

Marcas en el pavimento preventivas y reguladoras (BUS, DESPACIO, PARE, COLEGIO, ZONA ESCOLAR) y cajones para paradas de buses.

Figura 31

Implementación de señalización horizontal



Adicionalmente, se implementará señalización vertical, tales como:

Señales preventivas por características de la superficie de rodadura:

Las señales preventivas asociadas a las características de la superficie de rodadura tienen como finalidad advertir a los conductores sobre la proximidad de irregularidades en el pavimento que podrían comprometer el control vehicular, generar incomodidad en la conducción o causar daños al vehículo. Estas irregularidades pueden estar asociadas a

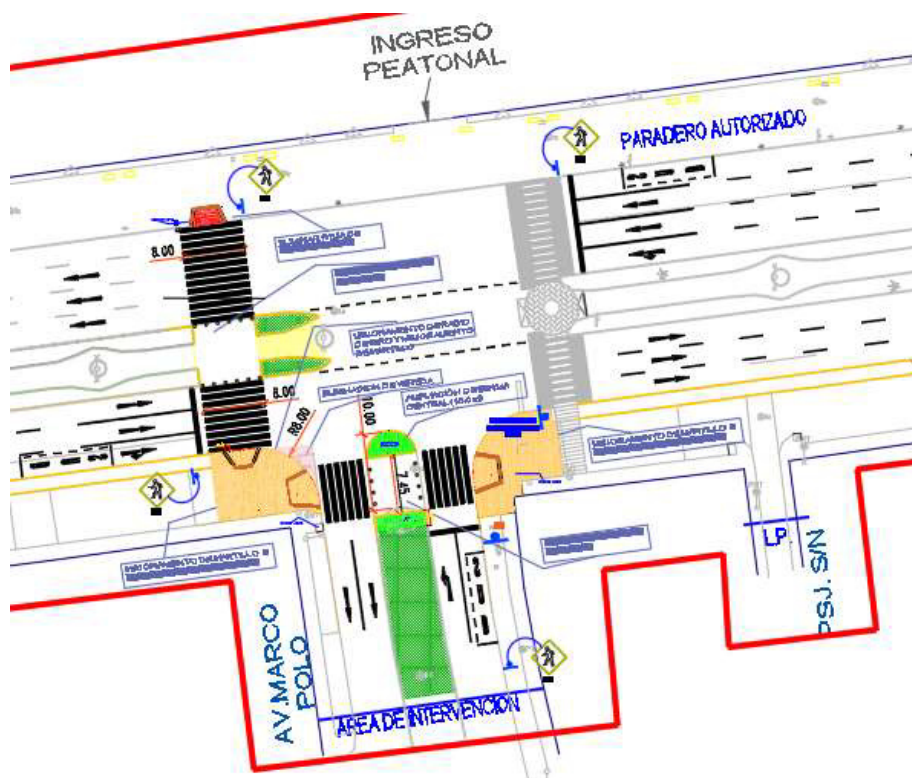
ondulaciones, deterioros temporales por trabajos en la vía o dispositivos físicos de control de velocidad.

Estas señales deben ser retiradas una vez superadas las condiciones que justificaron su instalación, a fin de evitar confusión o pérdida de credibilidad en la señalización. Asimismo, se emplean para advertir sobre la presencia de dispositivos reductores de velocidad tales como sonorizadores, bandas sonoras, resaltos y otros elementos de control físico.

A continuación, se presenta la relación de señales verticales que deberán implementarse para advertir adecuadamente estas condiciones en el área de estudio:

Figura 32

Implementación de señales verticales



Estas señales permitirán canalizar el tránsito, regular los movimientos vehiculares y peatonales, y mejorar la seguridad vial de la intersección.

La señalización propuesta en el área de estudio se realizó siguiendo los lineamientos del *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras* (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Implementación de semaforización

A continuación, se describe la propuesta de la semaforización:

La propuesta consiste en la instalación de postes estructurales tipo pastorales con la implementación de semáforos vehiculares Led's, en cuanto a los semáforos peatonales se están proponiendo de tipo pedestal con contador regresivo, estos se están proponiendo con una buena orientación y visualización de los movimientos y fases semafóricas de la intersección a los usuarios de la vía.

En total en la intersección tendremos lo siguiente:

Tabla 10

Total, de Postes, Semáforos y Cajas

POSTES DE FIERRO	CANTIDADES
Poste Pastoral Con 01 Semaf. Aéreo Veh 1C-4L, 02 semaf. Adosados vehiculares 1C-3L.	(01) unidad
Poste Pastoral Con 01 Semaf. Aéreo Veh 1C-3L, 01 semaf. Adosado vehicular 1C-3L.	(01) unidad
Poste Pedestal con 01 Semaf. Vehicular 1C-3L, con 01 semaf. Adosado Peatonal 1C-2L con repetidos acústico	(01) unidades
Poste Pedestal con 01 semaf. Peatonal con repetidor acústico	(03) unidades
SEMAFOROS LED`S	
Aéreo vehicular de 1C-3L con LED`S.	(01) unidad
Aéreo vehicular de 1C-4L con LED`S.	(01) unidad
Adosado vehicular de 1C-3L con LED`S.	(03) unidades
Pedestal Vehicular de 1C-3L con LED`S.	(01) unidad
Pedestal peatonal de 1C-2L con LED`S	(03) unidades
Adosado peatonal de 1C-2L con LED`S	(01) unidad
Contador Regresivo	(04) unidades
Repetidores acusticos	(04) unidades
CAJA DE PASO	
Caja de paso tipo CE-2	(02) unidades
Caja de paso tipo CE-3	(01) unidad
CONTROLADOR DE TRAFICO	

Control de tráfico	(01) unidad
SUMINISTRO DE EE	
Opción Tarifaria BT-5B	(01) unidad
POZO A TIERRA	
Pozo tierra	(01) unidad

Los conductores eléctricos, circularan sobre postes acondicionados para este servicio, se tendrá cuidado en las conexiones subterráneas con tubos PVC-P de 2”,2.5”,3” y 4” para la canalización en vereda y calzada. Además, contará con demolición y construcción de una nueva caja CE-2, la utilización de otra caja CE-2 existente y la construcción de 01 caja de paso del tipo CE-3, que permitirán su comunicación hasta la ubicación del control de tráfico y suministro respectivo, así como la futura centralización de la misma.

Para el mejoramiento de la semaforización en la intersección de la Avenida Tomás Valle con la Avenida Marco Polo, se propone que los dispositivos semafóricos operen con dos fases, con el fin de ordenar el tránsito vehicular y peatonal, así como minimizar los conflictos viales y optimizar la capacidad y nivel de servicio de la intersección, siguiendo metodologías reconocidas como las del HCM 200.

Primera Fase:

Durante esta fase, se habilita el flujo vehicular en ambos sentidos de la Avenida Tomás Valle (este–oeste y oeste–este), priorizando esta vía principal debido a su alto volumen de tránsito. Simultáneamente, se permite el cruce peatonal longitudinal en el lado norte de la intersección, facilitando el paso seguro en el sentido oeste–este mediante señalización luminosa y tiempos adecuados de espera. El acceso vehicular desde la Avenida Marco Polo permanecerá detenido para evitar conflictos.

Al mismo tiempo, se habilita el cruce peatonal longitudinal por el lado norte de la intersección, permitiendo el paso en el sentido oeste–este, bajo condiciones seguras mediante señalización luminosa y tiempos de espera adecuados.

Durante esta fase, el acceso vehicular desde la Avenida Marco Polo se mantiene detenido para evitar conflictos.

Segunda Fase:

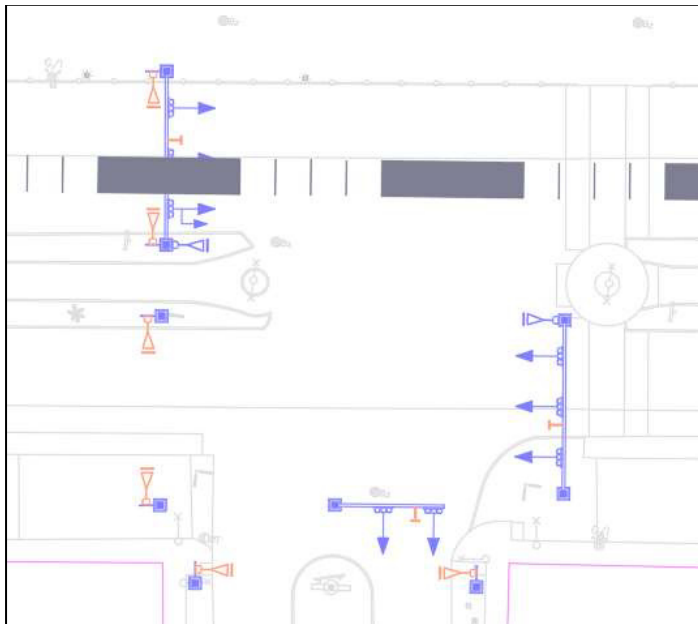
En esta fase, se autoriza el flujo vehicular en ambos sentidos de la Avenida Marco Polo, es decir, norte-sur y sur-norte, lo que facilita el acceso y salida de la zona residencial y comercial colindante. También se permiten los giros hacia la Avenida Tomás Valle, desde la Av. Marco Polo, en ambos sentidos.

Durante esta fase, el tránsito longitudinal de la Av. Tomás Valle se mantiene detenido, permitiendo una operación segura para los vehículos que cruzan o se incorporan.

El cruce peatonal habilitado en esta etapa será el ubicado en el lado este de la intersección, en el sentido norte-sur.

Figura 33

Propuesta de semaforización

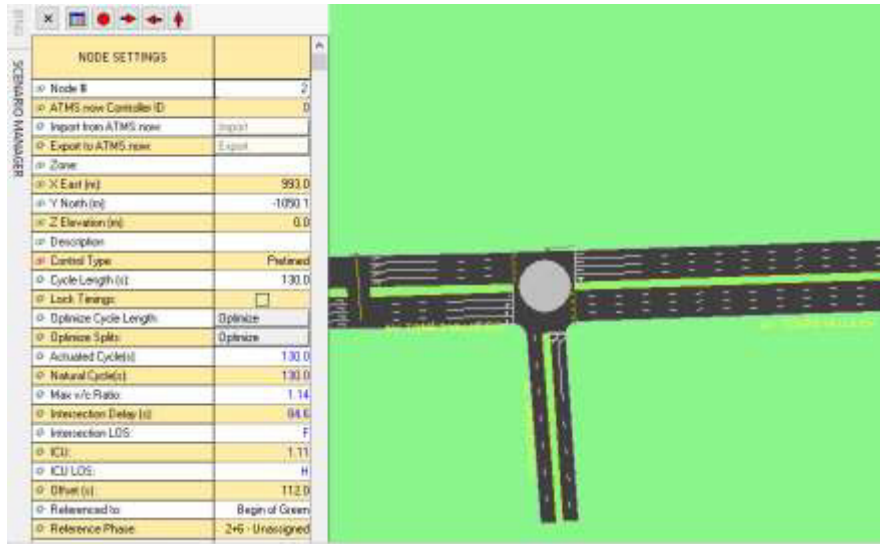


Estas fases tendrán programaciones y/o planes semafóricos en base a los desplazamientos y a la demanda actual del tránsito vehicular y peatonal en el área de estudio

por periodos de horas y días de la semana. Teniendo en cuenta las fases, se propone un tiempo de ciclo semafórico de 130 segundos, mejorando la transitabilidad en el área de estudio:

Figura 34

Optimización del tiempo de ciclo



Se propone implementar dispositivos semafóricos que tengan la función de regular, ordenar y permitir en la intersección de la Av. Tomas Valle con Av. Marco Polo, con tiempos de verde y despeje eficientes que brinden una reducción de la velocidad al llegar a la intersección, los cuales serán los mismos descritos en la optimización de tiempos semafóricos.

Estos dispositivos contarán con los detalles físico-operacionales, de acuerdo con el *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras* (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

3.2.3. Resultados de la modelación propuesta

La demanda de tránsito sobre la red vial a ser analizada en esta etapa del estudio, está determinada por las propuestas de mejoramiento como la optimización e implementación semafórica, mejoramiento del diseño vial, entre otros.

El objetivo principal de estos análisis es identificar y evaluar las implicancias que genera el desarrollo proyectado sobre el sistema de transporte existente, con el propósito de determinar las mejoras viales necesarias que permitan mantener o restablecer condiciones de operación del tránsito aceptables, eficientes y seguras. Este proceso busca garantizar una adecuada funcionalidad del entorno vial, minimizando los impactos negativos sobre la movilidad y la seguridad vial, tanto en la etapa de ejecución como en la operación del proyecto.

Tabla 11

Niveles de Servicio (LOS) Vehiculares propuesta

Intersección	Durante la hora punta de la mañana			
	Delay	Level of Servicio	% ICU	ICU Level of Servicio
Av. Tomas Valle con Av. Marco Polo	56.8	D	49.5	E

A continuación, se muestra el cuadro comparativo de los resultados de nivel de servicio y demoras en cuanto a la situación actual y propuesta, donde se puede observar que los resultados mejoran en las intersecciones con propuestas de optimización e implementación semafórica, señalización, mejoramiento de geometría vial, entre otros; de igual manera se proponen medidas de mitigación adicionales para estas intersecciones a fin de mejorar la circulación peatonal y vehicular.

Según Celis (2022), la evaluación detallada de la capacidad vial y el flujo vehicular es fundamental para identificar las deficiencias operativas y orientar propuestas técnicas efectivas, como la semaforización y reorganización del tránsito en zonas de alta demanda. Este enfoque es pertinente para la presente investigación, donde la implementación de soluciones similares busca optimizar la transitabilidad en la intersección de las avenidas Tomás Valle y Marco Polo.

Tabla 12*Comparación Niveles de Servicio Actual Vs. Propuesto*

Intersección	Durante la hora punta de la mañana			
	Delay	ICU Level of Servicio - Actual	Delay	ICU Level of Servicio -Propuesto
Av. Tomas Valle con Av. Marco Polo	400	F	49.1	D

De la comparación de los resultados obtenidos nos indican que las condiciones de circulación dentro del área de estudio son favorables y mejoran en comparación de la situación existente, disminuyendo el tiempo de demoras y mejorando los Niveles de Servicio.

Las propuestas técnicas desarrolladas en el presente estudio tienen como finalidad mitigar los problemas físicos y operacionales identificados en la intersección Av. Tomas Valle con Av. Marco Polo. Estas propuestas se encuentran agrupadas en tres grandes bloques:

Propuestas de Ingeniería de Tránsito y Vialidad

Propuestas de Fiscalización del Tránsito y Transporte

Propuestas de Sensibilización y Educación Vial

Este bloque de propuestas comprende las medidas técnicas como la implementación de semaforización, mejoramiento y/o implementación de señalización horizontal y vertical, implementos de seguridad y diseño geométrico en el área de estudio, cuya finalidad es mejorar la accesibilidad y la seguridad vial. Mediante la aplicación de estas medidas, se podrá mitigar los siguientes conflictos:

Conflictos entre vehículo – vehículo y vehículo – peatón.

Falta de accesibilidad y movilidad segura para personas vulnerables.

Maniobras peligrosas en la intersección Av. Tomas Valle con Av. Marco Polo.

Propuestas para la Fiscalización eficiente del Tránsito y Transporte

En el análisis de las condiciones operacionales del área de estudio, se identificaron acciones temerarias que incrementan la inseguridad y los riesgos de ocasionar accidentes de tránsito, tales como:

Estacionamientos en cualquier parte de la vía por parte del transporte de carga, vehículos privados y mototaxis obstruyendo un carril en las vías principales y auxiliares, estas acciones dificultan la visibilidad del cruce de peatones por la intersección y además originan cambios de carriles forzados que pueden ocasionar accidentes.

Giros en U por parte de los conductores en vías de doble sentido de circulación y un solo carril por sentido, antes de la intersección.

Circulación de los vehículos en carril contrario, obstruyendo el paso de los vehículos.

Cruces peatonales en cualquier punto del área de estudio, no usando los pasos peatonales establecidos.

Embarque y desembarque de pasajeros del transporte público en zonas no autorizadas.

Complementario a las propuestas técnicas de diseño, se propone implementar planes de fiscalización por parte de los municipios provinciales y distritales con inspectores municipales de transporte acompañados con efectivos policiales del tránsito que realicen labores de fiscalización para el cumplimiento de las normas de tránsito y así poder solucionar los problemas de estacionamientos de las paradas informales, malas maniobras y la falta de respeto a las señales de tránsito, entre otros.

Propuestas de Sensibilización y educación vial

Adicional a las propuestas técnicas de diseño y de fiscalización, se propone implementar acciones de sensibilización y educación vial a través de campañas masivas de sensibilización para los usuarios de la intersección y zonas adyacentes a la misma, tales como: colegios, zonas de comercio, industrias, entre otros. Estas campañas se desarrollarán por parte

de las autoridades locales y provinciales mediante la distribución de volantes informativos y charlas respecto al adecuado uso de la vía, asimismo se usaría los medios de comunicación para lograr un mayor alcance a los usuarios.

Estas campañas se desarrollarán por parte de las autoridades locales mediante la distribución de volantes, orientación y uso adecuado de la vía con personal capacitado y medios de comunicación (radios locales), los cuales se enfocarán en el buen uso de la señalización horizontal y vertical (cruceos peatonales, señal de paso de peatones y de pare), semaforización, las preferencias del paso peatonal ante giro de vehículos, uso eficiente de los paraderos de transporte público.

Escenarios de Evaluación

Para identificar las condiciones actuales y futuras de operación vehicular y peatonal en el área de estudio, se desarrollaron en dos escenarios: (i) Escenario de la situación actual y (ii) Escenario de la situación propuesta, para su análisis se ha usado los volúmenes vehiculares y peatonales de la hora punta de mayor demanda, considerando el comportamiento de los usuarios de la vía.

Para analizar las condiciones físicas y operacionales de la intersección, se determinaron las condiciones y comportamientos actuales con todos los factores analizados en campo, tales como:

Volúmenes vehiculares y peatonales identificados en la hora de máxima demanda.

Circulación de los diversos tipos de transporte (camiones, buses, microbuses, autos, mototaxis, entre otros).

Porcentaje de vehículos pesados para cada movimiento y accesos.

Diseño de la red vial de la intersección con la sección vial, radios de giro, mobiliario existente.

Velocidades de circulación de los vehículos motorizados.

Acciones temerarias de conductores y peatones (giros en U, paradas en lugares no reglamentados, excesos de velocidad, cruce indebido de los peatones, etc.).

En el escenario de la situación propuesta, se incorporan a la situación actual las propuestas de mejoras técnicas planteadas de ingeniería de tránsito, fiscalización, sensibilización y educación vial; a fin de mejorar las condiciones de accesibilidad y seguridad vial en el área de estudio. Los resultados obtenidos en la simulación propuesta, muestra que las condiciones de circulación mejoran.

3.8. Consideraciones éticas

Empatía: Los usuarios de la vía deberán comprender las necesidades de las otras personas, para poder buscar una mejora integral y satisfactoria para todos.

Autonomía: La información brindada por los usuarios de la vía no se modificará, lo cual implica su derecho en aceptar o rechazar ser parte de esta investigación.

Beneficencia: La información obtenida se utilizará para implementar nuevos aportes y/o estrategias en beneficio de los propios usuarios de la vía.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación de la hora de máxima demanda y niveles de servicio del tránsito

Como parte del presente estudio, se realizaron aforos vehiculares manuales en la intersección de la Av. Tomás Valle con la Av. Marco Polo durante tres días hábiles consecutivos. Los registros se efectuaron en los horarios de mayor actividad vehicular, tanto en la mañana como en la tarde, con el fin de capturar el comportamiento del tráfico en los periodos de mayor demanda.

Tras procesar los datos obtenidos, se identificó que el rango horario de mayor demanda corresponde a 07:15 a 08:15 a.m., coincidiendo con el horario de ingreso laboral y escolar. Durante este periodo, se contabilizó un promedio de 4,916 vehículos en la hora de máxima demanda, considerando todos los accesos y movimientos. La mayor carga vehicular se presentó en la Av. Tomás Valle, en el sentido oeste a este, mientras que la Av. Marco Polo experimentó congestión, particularmente en los giros hacia la Av. Tomás Valle.

De acuerdo con los criterios establecidos por el Highway Capacity Manual (HCM, 2010) para intersecciones no semaforizadas, se determinó el siguiente Nivel de Servicio (LOS):

Av. Tomás Valle (eje principal): Nivel de Servicio F. Este nivel de servicio indica una alta congestión, con demoras significativas y pérdida de fluidez vehicular, especialmente en los movimientos directos y giros a la izquierda.

Av. Marco Polo (vía secundaria): Nivel de Servicio F. Este nivel refleja una situación crítica, con tiempos de espera excesivos y una circulación inestable, particularmente para los vehículos que intentan incorporarse a la Av. Tomás Valle.

Los resultados obtenidos muestran que la intersección presenta una operatividad deficiente, caracterizada por un alto grado de conflictividad, lo que impacta negativamente en la transitabilidad y la seguridad vial, afectando tanto a conductores como a peatones.

4.2. Diseño de semaforización propuesto

A partir del análisis de los volúmenes de tránsito y los movimientos vehiculares registrados en la intersección, se desarrolló una propuesta técnica de diseño semafórico con el objetivo de ordenar los flujos vehiculares y mejorar la transitabilidad general de la intersección.

El diseño semafórico propuesto incluye los siguientes aspectos:

- Instalación de semáforos vehiculares en todos los accesos, utilizando tecnología LED, lo que garantiza una mayor visibilidad y durabilidad de los dispositivos.
- Implementación de semáforos peatonales con un sistema de botón pulsador, diseñado para mejorar la seguridad de los cruces peatonales, especialmente durante las horas pico.
- Reconfiguración de los carriles existentes, permitiendo una canalización adecuada de los giros a la izquierda y derecha, a fin de evitar interferencias entre los movimientos simultáneos y optimizar la fluidez vehicular.
- Colocación de señalización vertical y horizontal que acompañe la semaforización propuesta, orientando tanto a conductores como a peatones de manera clara y eficiente.
- Instalación de un controlador semafórico programable, que permita ajustar los tiempos de ciclo de acuerdo con el comportamiento del tránsito, con la posibilidad de conectarse a un sistema de control centralizado en el futuro.

El diseño propuesto fue simulado utilizando el software Synchro 11, el cual permitió visualizar y evaluar su funcionamiento bajo diferentes escenarios de demanda. Los resultados

obtenidos mostraron una mejora significativa en los tiempos de viaje, una reducción de las colas y una mayor fluidez vehicular, lo que contribuiría a optimizar la operatividad de la intersección.

4.3. Determinación de las fases y del ciclo semafórico

Con base en los flujos vehiculares identificados y la geometría de la intersección, se propuso un ciclo semafórico de 130 segundos, dividido en dos fases principales:

Fase 1: Paso para la Av. Tomás Valle en ambos sentidos, permitiendo movimientos directos y giros a la derecha e izquierda.

Fase 2: Paso para la Av. Marco Polo, giros a la derecha e izquierda, permitiendo la incorporación a Tomás Valle.

El Cruce peatonal está protegido en los cuatro frentes de la intersección, permitiendo poder cruzar de manera segura.

El diseño de fases tiene como objetivo evitar los conflictos entre vehículos y peatones, reducir el número de puntos de fricción y optimizar los tiempos de espera.

Al aplicar este ciclo en el modelo de simulación, se obtuvieron los siguientes resultados:

Reducción promedio del 30% en el tiempo de espera por vehículo durante la hora punta.

Disminución del nivel de congestión, pasando de un nivel de servicio F a un nivel de servicio E/D en la mayoría de los movimientos.

Mejora significativa en la seguridad del cruce peatonal, al contar con tiempos exclusivos para el paso de personas sin interferencia vehicular.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman una situación crítica en la intersección de la Av. Tomás Valle con la Av. Marco Polo, evidenciando una operatividad deficiente durante la hora de máxima demanda vehicular (07:15 a 08:15 a.m.), con un volumen promedio de 4,916 vehículos por hora y niveles de servicio tipo F en ambos ejes.

Esta condición de congestión severa, demoras excesivas y pérdida de fluidez coincide con los hallazgos de Astrada et al. (2017), quienes identificaron que la congestión en Lima Metropolitana está fuertemente asociada con el aumento del parque automotor, la falta de infraestructura vial adecuada y la carencia de soluciones coordinadas para el flujo vehicular.

Asimismo, los resultados son consistentes con los hallazgos de Ubillús (2019) en Quito, donde una intersección con características similares mostró elevados tiempos de espera y una necesidad urgente de intervenciones semafóricas ajustadas a los patrones reales de tráfico. En el contexto local, la propuesta de un sistema semafórico con tecnología LED, fases bien definidas y un controlador programable ha demostrado ser una medida eficaz, permitiendo una mejora significativa en la fluidez y seguridad vial.

Este resultado está en línea con lo reportado por Smith y Jones (2019) y García y Torres (2020), quienes, en sus investigaciones sobre semaforización adaptativa e inteligente, evidenciaron beneficios similares.

La propuesta técnica validada mediante simulaciones en Synchro 11 muestra una reducción del tiempo de espera promedio por vehículo en un 30 %, así como una mejora en el nivel de servicio de F a E/D en varios movimientos. Este resultado respalda lo señalado por Liu y Zhang (2018), quienes demostraron que la sincronización semafórica bien planificada puede reducir los tiempos de viaje en hasta un 20 %, además de mejorar la seguridad peatonal, aspecto también observado en este estudio gracias a la incorporación de cruces protegidos en los cuatro frentes de la intersección.

Desde la perspectiva nacional, los hallazgos también se relacionan con el estudio de Ríos (2018), quien aplicó herramientas similares de modelación y simulación para identificar y proponer mejoras en la transitabilidad de una vía urbana con problemas de capacidad y fluidez. Ambos estudios coinciden en la utilidad de las metodologías HCM 2010, Synchro y observaciones de campo para sustentar técnicamente las propuestas de solución. A diferencia de la propuesta de pasos a desnivel o intersecciones tipo CFI sugeridas por Ríos, este estudio se centra en una solución de corto plazo, menos costosa y de implementación inmediata: la semaforización eficiente, acompañada de una reconfiguración geométrica menor.

Si bien este trabajo no aborda directamente la incidencia de accidentes de tránsito, los resultados también tienen implicancias sobre la seguridad vial, considerando que un sistema semafórico ordenado y visible reduce los conflictos entre vehículos y peatones, lo cual está en línea con lo señalado por Huamán (2017), quien encontró una relación directa entre condiciones viales deficientes y el aumento de siniestros.

De igual manera, la percepción de inseguridad y caos mencionada por Anderson et al. (2016), como consecuencia de una transitabilidad inadecuada, se ve mitigada al implementar medidas que restituyen el orden vial.

Finalmente, cabe resaltar que la mejora en los tiempos de desplazamiento y la organización de flujos vehiculares no solo optimizan la eficiencia operativa de la intersección, sino que también contribuyen a reducir la contaminación ambiental y el estrés generado por la congestión. Estos son impactos indirectos del tránsito que también fueron discutidos por Colchado y Díaz (2018) en zonas rurales, y que, en el contexto urbano, tienen implicancias aún mayores debido a la densidad poblacional y vehicular.

En síntesis, los resultados del estudio corroboran la validez de aplicar soluciones tecnológicas como la semaforización programable y los ajustes geométricos menores para mejorar la transitabilidad y seguridad en intersecciones críticas, tal como ha sido demostrado en diversos contextos, tanto nacionales como internacionales. La consistencia entre los hallazgos y los antecedentes analizados refuerza la necesidad de implementar esta propuesta y considerar su replicabilidad en otras zonas de Lima Metropolitana que presentan características similares.

VI. CONCLUSIONES

- ❖ Se identificó que la hora de máxima demanda vehicular en la intersección de la Av. Tomás Valle con la Av. Marco Polo corresponde al rango de 07:15 a 08:15 a.m., coincidiendo con el horario de mayor afluencia laboral y escolar. Durante este periodo se registró un flujo promedio de 4,916 vehículos por hora, evidenciando una sobrecarga significativa en la capacidad vial. Según los criterios del HCM 2010, ambas vías operan actualmente con un Nivel de Servicio F, lo que indica un estado de congestión severa, tiempos de espera excesivos y pérdida de fluidez.
- ❖ El análisis del flujo vehicular permitió proponer un diseño técnico de semaforización que contempla la instalación de semáforos vehiculares y peatonales, con tecnología LED y sistema de botón pulsador para el cruce peatonal. Este diseño incorpora además la reconfiguración geométrica de carriles y señalización complementaria, todo orientado a mejorar la organización del tránsito y la seguridad vial.
- ❖ Se estableció un ciclo semafórico de 130 segundos, distribuido en dos fases principales que permiten la operación ordenada de los movimientos vehiculares desde ambos ejes. Asimismo, se incorporaron fases exclusivas para el cruce peatonal en los cuatro frentes de la intersección. La simulación realizada en el software Synchro 11 demostró una mejora sustancial en la operatividad de la intersección: se redujo en un 30 % el tiempo promedio de espera por vehículo y se logró una transición del Nivel de Servicio F a niveles E y D en la mayoría de movimientos.

VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda a las autoridades locales priorizar la ejecución del diseño semafórico planteado, incluyendo semáforos vehiculares y peatonales, con su respectivo controlador programable. Esta implementación permitirá ordenar los flujos y mejorar la transitabilidad en una intersección que actualmente presenta condiciones operativas críticas.
- ❖ Se sugiere que el sistema de control semafórico sea programable y tenga capacidad de adaptación en tiempo real, con la posibilidad de integrarse a una red de gestión centralizada. Esto facilitará el ajuste dinámico de los ciclos semafóricos de acuerdo con la variabilidad del tránsito diario, permitiendo una operación más eficiente y flexible.
- ❖ Además de la semaforización, se recomienda llevar a cabo intervenciones menores como la reconfiguración de carriles, mejoras en la señalización horizontal y vertical, y el acondicionamiento de rampas para accesibilidad universal, con el fin de reforzar la funcionalidad de la intersección y la seguridad vial.
- ❖ Finalmente, se sugiere establecer un programa de seguimiento que evalúe el desempeño del sistema semafórico una vez implementado, midiendo indicadores como tiempos de viaje, niveles de servicio, incidentes viales y satisfacción de los usuarios, con el fin de realizar ajustes y garantizar la sostenibilidad de la solución adoptada.

VIII. REFERENCIAS

- Anderson, L., Ramírez, A. y Medina, V. (2016). *El caos vehicular y los estudiantes de Lima, Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Astrada, C., Quispe, M. y Fernández, R. (2017). *La congestión del tránsito en Lima Metropolitana (2016)* [Informe técnico]. Instituto de Estudios de Transporte y Ciudad.
- Celis, J. (2022). *Análisis de la capacidad vial y necesidad de flujo en la avenida Participación del distrito de Belén – 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional UCP. <http://hdl.handle.net/20.500.14503/2263>
- Colchado, J., y Díaz, R. (2018). *Evaluación de la transitabilidad de la ruta Simbrón-Farrat-Colpa-Sacha Grande en el distrito de Sayapullo – Gran Chimú – La Libertad* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo].
- García, M., y Torres, P. (2020). Implementación de semáforos inteligentes para mejorar la movilidad y seguridad en intersecciones urbanas de Barcelona. *Revista Iberoamericana de Transporte y Movilidad Urbana*, 8(2), 89–104.
- Huamán, C. (2017). *Incidencia de actos y condiciones subestándares en la generación de accidentes de tránsito en la Av. Circunvalación del Golf–calle Orión* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/259>
- Kumar, R., y Sharma, D. (2021). *Real-time traffic sensor-based signal control for congested intersections in New Delhi*. *Transportation Research Procedia*, 57, 112–119.
- Liu, Y., y Zhang, W. (2018). *Effects of signal synchronization on urban traffic congestion: A case study in Beijing*. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, 6(1), 25–32.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico (DG-2018)*.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Resolución Directoral N° 16-2016-MTC/14. Aprueban la actualización del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. (31 de mayo de 2016). <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/4444240-16-2016-mtc-14>

Ríos, E. (2018). *Modelación del tránsito y propuesta de solución vial en la Av. Cáceres* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

Smith, A., y Jones, B. (2019). *Adaptive traffic signal control to reduce congestion at high-demand intersections in New York*. *Journal of Urban Transportation Planning*, 12(3), 45–58.

Transportation Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual 2010*. National Academy of Sciences.

Ubillús, J. (2019). *Análisis de la capacidad vehicular en la intersección Eloy Alfaro y Granados en la ciudad de Quito* [Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador].

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz De Consistencia

Título: Propuesta de semaforización para mejorar la transitabilidad en la intersección Avenida Tomás Valle y Avenida Marco Polo, distrito de Independencia, año 2025.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño Metodológico
<p>Problema General: ¿Cómo puede la semaforización mejorar la transitabilidad de la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, en el año 2025?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera la hora de máxima de la demanda y niveles de servicio del tránsito permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo? ¿De qué manera el diseño de semaforización permite 	<p>Objetivo General: Determinar una semaforización que permita mejorar la transitabilidad de la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo, en el año 2025.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar de qué manera la hora de máxima de la demanda y niveles de servicio del tránsito permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo. Determinar de qué manera el diseño de semaforización permite 	<p>Hipótesis General: La implementación de una semaforización mejorará la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo en el año 2025.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar de qué manera la hora de máxima de la demanda y niveles de servicio del tránsito permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo. Determinar la demanda y los niveles de servicio 	Propuesta de Semaforización	<p>Diseño del sistema semafórico</p> <p>Funcionamiento operativo</p> <p>Seguridad Vial</p> <p>Impacto en la transitabilidad</p>	<p>- Ubicación y número de cabezales semafóricos propuestos</p> <p>- Tipo de control semafórico</p> <p>- Tiempo de ciclo y fases semafóricas</p> <p>-Circulación vehicular y peatonal</p> <p>-Capacidad de servicio</p> <p>-Nivel de servicio (LOS)</p> <p>-Conflictos vehiculares</p> <p>-Seguridad peatonal</p> <p>-Elementos de accesibilidad</p> <p>-Mejoramiento del tránsito</p>	<p>Tipo de estudio: El presente estudio es de tipo aplicado</p> <p>Diseño: Es un estudio cuantitativo – no experimental - transversal</p> <p>Área de estudio: Intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo</p> <p>Población y muestra: La población será los usuarios y características de las vías; y la muestra los vehículos y peatones</p>

<p>la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo?</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera las fases y el ciclo semafórico permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo? 	<p>la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar de qué manera las fases y el ciclo semafórico permite la mejora de la transitabilidad de la intersección Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo. 	<p>del tránsito permitirá mejorar la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo.</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar un diseño de semaforización permitirá mejorar la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo. Determinar las fases y el ciclo semafórico permitirá mejorar la transitabilidad en la intersección de la Av. Tomás Valle y Av. Marco Polo. 	<p>Transitabilidad en la intersección de la Av. Tomas Valle y Av. Marco Polo.</p>	<p>Condiciones físicas de la vía</p> <p>Flujo peatonal y vehicular</p> <p>Accesibilidad y seguridad vial</p>	<p>-Tiempo de viaje promedio</p> <p>-Estado del pavimento</p> <p>-Ancho de la vía</p> <p>-Señalización horizontal y vehicular</p> <p>-Composición del tráfico en la hora punta</p> <p>-Niveles de servicio</p> <p>- Cruces peatonales señalizados</p> <p>-Rampas y zonas de seguridad</p>	<p>que transitan durante la hora de máxima demanda.</p> <p>Técnica: Observación directa estructurada + simulación</p> <p>Instrumento: Ficha de observación de tránsito vehicular y peatonal</p>
---	---	--	---	--	---	---

Anexo B. Software de modelación

El software denominado Synchro 11.0 + Sim Traffic 11, son dos softwares en uno, conocidos en el mercado simplemente como Synchro, está diseñado para analizar y representar las condiciones de circulación de las vías estudiadas, y determinar los parámetros de evaluación recomendados por el Ministerio de Economía y Finanzas – MEF, de velocidad de recorrido de recorrido, demoras, colas y ratio de volumen/capacidad utilizando el Método del Highway Capacity Manual – HCM.

Figura 36

Software de micro simulación Synchro 11.0



Fuente: *Manual Synchro 11.0*

Anexo C. Ficha de observación de tránsito vehicular y peatonal

Figura 37

Ficha de observación de tránsito vehicular













FLUJO VEHICULAR SELECTIVO DIRECCIONAL FORMATO DE CAMPO FCV-01												
INTERSECCION:.....												
FECHA:..... SENTIDO:.....												
HORA:..... TURNO:.....												
ENCUESTADOR:..... SUPERVISOR:.....												
HORA												
6:00 - 6:15												
6:15 - 6:30												
6:30 - 6:45												
6:45 - 7:00												
OBSERVACIONES:.....												

Figura 38

Ficha de observación de tránsito peatonal

FLUJO PEATONAL SELECTIVO DIRECCIONAL FORMATO DE CAMPO FCP-01								
INTERSECCION:.....								
FECHA:..... SENTIDO:.....								
HORA	HOMBRE			MUJER			MOVILIDAD REDUCIDA	
	NIÑO	ADULTO	ADULTO MAYOR	NIÑO	ADULTO	ADULTO MAYOR	HOMBRE	MUJER
OBSERVACIONES:.....								