



Universidad
Mariana

Evaluación y propuesta de elementos físicos del sistema de control de tránsito en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16, zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto, Nariño

Autor(es):

Andrés Mauricio Enríquez Barragán

Juan David Gaviria Estupiñán

Danilo Alejandro López Botina

Jhonatan Arturo Leon Benavides

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

San Juan de Pasto

2024

Evaluación y propuesta de elementos físicos del sistema de control de tránsito en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16, zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto,
Nariño

Autor(es):

Andrés Mauricio Enríquez Barragán

Juan David Gaviria Estupiñán

Danilo Alejandro López Botina

Jhonatan Arturo Leon Benavides

Informe de investigación para optar al título de: Ingeniero Civil

Asesora:

Esp. Daniela Alexandra Mejía Tobar

Co - asesora:

Mg. Magda Milena Martínez

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Civil
San Juan de Pasto
2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

Tabla de Contenido

1.	Resumen del proyecto.....	11
1.1.	<i>Resumen</i>	11
1.2.	<i>Abstract</i>	12
1.3.	<i>Introducción</i>	13
1.4.	<i>Descripción del problema</i>	14
1.5.	<i>Formulación del problema</i>	14
1.6.	<i>Justificación</i>	14
1.7.	<i>Objetivos</i>	15
1.7.1.	Objetivo general.....	15
1.7.2.	Objetivos específicos	15
1.8.	<i>Antecedentes</i>	16
1.8.1.	Antecedentes Internacionales.	16
1.8.2.	Antecedentes Nacionales	17
1.9.	<i>Metodología</i>	19
1.9.1.	Descripción de los materiales y métodos por objetivo específico, incluyendo el diseño experimental y las variables.....	19
1.9.2.	Examinar la siniestralidad peatonal en la intersección de la Cr. 19 con calles 15 y 16.....	19
1.9.3.	Evaluar el nivel de servicio de las vías de la intersección de la Cr. 19 con calles 15 y 16...19	
1.9.4.	Formular escenarios de un sistema de control de tránsito enfocado en la movilidad de peatones, personas discapacitadas y estudiantes.....	21
2.	Presentación de Resultados.....	22
2.1.	<i>Diagnóstico actual de la señalización vial</i>	22
2.2.	<i>Análisis estadístico de informes de siniestralidad</i>	23

2.3. Modelado transversal de la intersección de la Cra. 19 con calles 15 y 16 utilizando la aplicación Streetmix	27
2.3.1. Vista A-A'	28
2.3.2. Vista B-B'	29
2.3.3. Vista C-C'	29
2.3.4. Vista D-D'	30
2.4. Análisis: Encuesta sobre Seguridad Vial y movilidad en la zona (Cra. 19 con calles 15 y 16) 31	
2.5. Análisis de Conteos de Tráfico Vehicular	37
2.6. Análisis de resultados de velocidades promedio	41
2.6.1. Análisis de resultados de conteos de peatones.....	42
2.7. Nivel de servicio.....	45
2.8. Nivel de servicio peatonal.....	49
2.9. Evaluación de la Cola Vehicular en los Cruces de la Carrera 19 con Calle 16.....	50
2.10. Escenario actual	51
2.10.1. Nivel de servicio.	53
2.10.2. Demora de parada.	54
2.10.3. Longitud de cola.....	54
2.10.4. Emisiones (CO, NOx, VOC).....	54
2.10.5. Consumo de combustible	54
2.11. Propuesta de escenarios	55
2.11.1. Escenario 1: Incluir pompeyano	55
2.11.2. Escenario 2: Restricción de giro a izquierda.....	55
2.11.3. Escenario 3: Implementación de Separador y Cambio de Sentido	56

2.11.4. Escenario 4: SemafORIZACIÓN.....	57
2.12. Comparación de escenarios.....	57
2.13. Productos generados	58
3. Conclusiones	61
4. Recomendaciones	63
Referencias bibliográficas	64
Anexos.....	68

Índice de Figuras

Figura 1 Carril solo bus	23
Figura 2 Diagrama de barras del comparativo de occisos por mes (2013 – 2017)	24
Figura 3 Diagrama de barras del comparativo de occisos por mes (2018 – 2023)	24
Figura 4 Diagrama de barras de comparativos por tipo de víctima del año 2020 hasta el año 2023	25
Figura 5 Diagrama de barras de occisos por edad en el año 2023	26
Figura 6 Plano en Planta con Vistas Transversales	28
Figura 7	28
Figura 8 Vista transversal sección B-B´	29
Figura 9 Vista transversal sección C-C´	30
Figura 10 Vista transversal sección D-D´	30
Figura 11 Modelado en planta.....	31
Figura 12 Gráfico de Distribución por Sexo y Rango de Edad.....	32
Figura 13 Gráfico Medios de Transporte y Participación en la Zona	33
Figura 14 Factores de Riesgo de Siniestros Viales en la Zona	34
Figura 15 Evaluación de Infraestructura Peatonal y Adecuación para Usuarios Vulnerables en la Zona.....	35
Figura 16 Percepciones de Seguridad en Intersecciones sin Semáforos	36
Figura 17 Preferencia de alternativas para mejorar la movilidad peatonal y la seguridad en el sector	37
Figura 20 Velocidades promedio según vehículo en cada vía de la intersección	41
Figura 21 Número de peatones por trayecto en diferentes días	43
Figura 22 Estación G.....	44
Figura 23 Número de peatones por día de la semana.....	45

Figura 24 Cola Vehicular Cruce B.....	51
Figura 25 Interfaz del software VISSIM y área de estudio.....	52
Figura 26 Tramos evaluados	53
Figura 27 Mapas de calor de escenarios propuestos	59
Figura 28 Renders de escenarios propuestos.....	60
Figura 29 Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario pompeyano.....	115
Figura 30 Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario de restricción a izquierda	116
Figura 31 Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario Implementación de Separador y Cambio de Sentido	117
Figura 32 Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario semaforización	118
Figura 33 Señales luminosas	119
Figura 34 Reductor de velocidad	121
Figura 35 Separador y bloqueo de giro a izquierda	122

Índice de tablas

Tabla 1 Occisos y víctimas de siniestros en la carrera 19	26
Tabla 2 Composición vehicular – Nivel de servicio.	47
Tabla 3 Nivel de Servicio en la Intersección de la Carrera 19 con Calle 16.....	48
Tabla 4 Nivel de servicio para peatones en intersección no semaforizada	49
Tabla 5 Nivel de Servicio Peatonal	50
Tabla 6 Resultados generados por el Software Vissim para el escenario actual.....	52
Tabla 7 Clasificación de los Terrenos en función de las pendientes.....	100
Tabla 8 Características geométricas en la intersección de la Carrera 19 con Calles 15 y 16, situada en la zona de la avenida las Américas.....	100
Tabla 9 Escenario pompeyano	114
Tabla 10 Escenario restricción giro a izquierda	115
Tabla 11 Escenario Implementación de Separador y Cambio de Sentido	116
Tabla 12 Escenario semaforización.....	117

Índice de anexos

Anexo A Comparación de Señalización Vial en la Zona de Estudio con los Requisitos del Manual	68
Anexo B Demarcación ciclovía, señales de tránsito preventivas	70
Anexo C Flechas de señalización y la señalización para cruces de cebra.....	71
Anexo D Señal de tránsito que prohíbe girar en U	72
Anexo E Graficas (a, b, c, d, e, f) Conteos vehiculares día miércoles, en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16 de la zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto, Nariño	72
Anexo F Graficas (a, b, c, d, e, f) Conteos vehiculares día sábado, en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16 de la zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto, Nariño.	74
Anexo G Composición vehicular	76
Anexo H Cola Vehicular Cruces (B, C, E)	78
Anexo I Calculo Nivel de Servicio	79
Anexo J Colas vehiculares	103
Anexo K Simulación VISSIM y diagrama de la programación de los tiempos de semáforos. ...	104
Anexo L Calculo Nivel de Servicio Peatonal.....	113
Anexo M Resultados de simulación de escenarios en VISSIM	114
Anexo N Renders de escenarios en REVIT	119
Anexo O Vistas de escenarios en planta	123

1. Resumen del proyecto

1.1. Resumen

Se examina la problemática de seguridad vial y movilidad en Pasto, Nariño, enfocándose en la población general y el aumento de siniestralidad. Se busca abordar estos desafíos mediante estrategias como la propuesta de escenarios de control de tránsito, orientadas a reducir la tasa de accidentes y mejorar la seguridad vial, especialmente en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16.

La investigación justifica la necesidad de atender la movilidad y seguridad, enfocando la atención en peatones que enfrentan obstáculos en entornos urbanos mayormente diseñados para vehículos. Se busca analizar y proponer estrategias específicas para mejorar la seguridad peatonal, adaptando el tráfico a las necesidades de la población general. La propuesta implica una revisión a fondo del estado actual de la intersección, como las señalizaciones verticales y horizontales, observando el cumplimiento de los estándares colombianos de señalización vial.

Este estudio no solo analiza los desafíos de movilidad, sino también busca encontrar soluciones apropiadas. Considera las necesidades particulares de los peatones en Pasto-Nariño, con el objetivo de no solo mejorar la seguridad vial, sino también explorar otras alternativas para una mayor equidad en el acceso a las vías públicas y un entorno urbano adaptado a todos los usuarios.

1.2. Abstract

The issue of road safety and mobility in Pasto, Nariño is examined, focusing on the general population and the increase in accident rates. The goal is to address these challenges through strategies such as the proposal of traffic control scenarios, aimed at reducing accident rates and improving road safety, particularly at the intersection of Carrera 19 with Streets 15 and 16.

The research justifies the need to address mobility and safety, focusing on pedestrians who face obstacles in urban environments largely designed for vehicles. The aim is to analyze and propose specific strategies to improve pedestrian safety, adapting traffic to the needs of the general population. The proposal involves a thorough review of the current state of the intersection, including vertical and horizontal signage, and observing compliance with Colombian road signage standards.

This study not only analyzes mobility challenges but also seeks to find appropriate solutions. It considers the particular needs of pedestrians in Pasto-Nariño, with the goal of not only improving road safety but also exploring other alternatives for greater equity in access to public roads and a more inclusive urban environment for all users.

1.3. Introducción

La seguridad vial y la movilidad están estrechamente vinculadas, pues buscan garantizar desplazamientos seguros y eficientes de personas y bienes a través de normas, infraestructura adecuada, gestión del tránsito, uso de transporte público y modos alternativos, y concientización sobre conductas responsables en las vías públicas, Según estudios previos (Cepeda, G., Bohórquez A, (2019)), a pesar de los esfuerzos realizados por diversas organizaciones para mejorar la seguridad en las vías de tránsito, el problema de la accidentalidad vial ha ido en aumento.

Las causas subyacentes de estos accidentes son múltiples, desde la falta de atención y conocimiento por parte de los conductores y peatones con respecto a las señales de tránsito, hasta la visibilidad reducida en condiciones climáticas desafiantes, todo lo cual contribuye a la problemática. "Colombia presentó una evolución de la mortalidad por AT (accidentes de tránsito) menos favorable que España y Estados Unidos. Los hombres de 15 a 44 años, los motociclistas y los ciclistas fueron los más comprometidos" (Alarcon , y otros, 2018).

Se desea abordar integralmente los problemas como la tasa de siniestralidad, mejorar la seguridad vial y mitigar la congestión del tránsito, lo que contribuirá a la eficiencia del sistema de transporte urbano mediante la búsqueda de estrategias como la propuesta de semáforos inteligentes, que atienden a las necesidades de los peatones, personas con capacidades diferentes y estudiantes en un entorno desafiante.

El propósito de este trabajo de investigación es poder buscar estrategias y plantear propuestas para la mejora de la seguridad vial peatonal en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16 en la Ciudad de Pasto-Nariño. Se plantea que, para lograrlo, se seguirá una metodología de tipo experimental, con ayuda de recolección de información a nivel local y nacional. Está dirigido a un público diverso quienes enfrentan desafíos adicionales en su movilidad y seguridad en áreas urbanas concurridas como lo son los planteles educativos o zonas de mucho tránsito.

1.4. Descripción del problema

La población en general, enfocándose en los peatones a menudo enfrenta obstáculos en su seguridad y movilidad al interactuar con el tráfico en áreas urbanas, ya que las ciudades en este momento se encuentran diseñadas para vehículos dejando de un lado a peatones. Estos desafíos incluyen cruzar calles de manera segura, acceder a información relevante y comunicarse con sistemas de control de tránsito. La expansión urbana y el aumento del tránsito hacen esencial abordar estas limitaciones, por tanto, este proyecto busca analizar estos desafíos y proponer estrategias de mejora en la seguridad vial peatonal que considere las necesidades de los peatones en general, proporcionándoles información accesible y adaptando el tráfico para su seguridad, buscando mejorar la equidad en el acceso a las vías públicas.

Un plan ejecutado por la (Secretaría de planeación - Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2023) se basó en la importancia del peatón en la movilidad usando nuevas tecnologías, manifestó que “Actualmente, es una solución ampliamente utilizada en Bogotá, reflejando la nueva visión de la movilidad y la importancia que las y los peatones tienen en las vías urbanas.”

1.5. Formulación del problema

¿Cómo abordar los desafíos de movilidad y seguridad de peatones, personas con capacidades diferentes y estudiantes en áreas urbanas, especialmente en la intersección de la Cra 19 con calles 15 y 16 de Pasto, Nariño, que corresponde a la zona de la avenida las Américas?

1.6. Justificación

La investigación propuesta busca abordar los desafíos significativos de movilidad y seguridad en Pasto, Nariño, en el contexto del crecimiento urbano y el aumento del tráfico. Específicamente, se centra en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16, donde la compleja geometría y la falta de infraestructura adecuada representan obstáculos importantes para la comunidad en general. La ausencia de señalización y dispositivos de control aumenta el riesgo de accidentes y dificulta el flujo vehicular y peatonal en la zona, especialmente para personas con capacidades diferentes y estudiantes que transitan diariamente por esta área.

La implementación de semáforos inteligentes ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la seguridad vial y la movilidad de los peatones en algunas zonas (Fang et al., 2021). Sin

embargo, la falta de atención a este problema específico en Pasto resalta la necesidad de una investigación enfocada en brindar soluciones prácticas y sostenibles.

Esta investigación se considera importante ya que contribuye a abordar un problema real y urgente en la ciudad. Al mejorar la infraestructura y la seguridad vial de la intersección, tanto la comunidad estudiantil como la sociedad en general incluida la de capacidades diferentes se verá beneficiada. Esta mejora se traducirá en una reducción de los accidentes y una mejor movilidad para todos.

Además de su relevancia social, esta investigación tiene implicaciones prácticas significativas, ya que busca resolver un problema real que afecta a una amplia gama de personas en la ciudad. Los resultados obtenidos no sólo pueden ser aplicables en la ciudad de Pasto, sino también en otras áreas urbanas con los mismos problemas de tráfico y seguridad en las calles.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Proponer escenarios del sistema de control de tránsito que incluyan a peatones en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16, de Pasto, Nariño.

1.7.2. Objetivos específicos

- Examinar la siniestralidad peatonal en la intersección de la Cra. 19 con calles 15 y 16 mediante la revisión de datos proporcionados por la secretaria de tránsito entre los años 2017 a 2022.
- Evaluar el nivel de servicio que prestan actualmente las vías de la intersección de la Cra. 19 con calles 15 y 16, con el fin de la identificación del impedimento que hace que cualquier persona se movilice de manera segura.
- Formular escenarios de un sistema de control de tránsito en la intersección de la Cra. 19 con calles 15 y 16 enfocándose en la movilidad peatonal.

1.8. Antecedentes

1.8.1. Antecedentes Internacionales.

(Mejia, 2021) Titulado "Análisis para la mejora de la seguridad vial urbana en Honduras": Propone una propuesta de Implementación de micro medidas en la infraestructura de una rotonda en la ciudad de Tegucigalpa", comprende los siniestros de tráfico son una amenaza global, con un impacto desproporcionado en peatones, ciclistas y motociclistas. En el informe de la ONU en 2019, se reveló que estos grupos representan el 54% de las víctimas mortales en siniestros viales, principalmente en países de ingresos bajos y medianos. Un estudio realizado en Tegucigalpa, Honduras, se enfocó en analizar los factores que afectan la seguridad vial urbana. Para ello, se empleó una metodología que incluye la recopilación de datos de la Dirección Nacional de Transporte y Vialidad (DNTV) de Honduras, comparaciones con la situación en Barcelona, España, y finalmente, la propuesta de medidas de mejora en la infraestructura de una rotonda en Tegucigalpa con el fin de mejorar la seguridad vial urbana en esa área.

(Eom & In Kim, 2020) titulado "The traffic signal control problem for intersections: a review)", analiza el problema de control de señales de tráfico en intersecciones (Intersection Traffic Signal Control Problem - ITSCP), planteado por Myungeun Eom and Byung-In Kim en 2020, el cual se ha vuelto crucial en medio de la creciente congestión del tráfico. El ITSCP busca maximizar el flujo de tráfico mediante la eficiente programación de señales, considerando factores como estrategias en tiempo real, restricciones de temporización y avances en sistemas de tráfico. Debido a las complejas interacciones estocásticas en juego, se requiere identificar estos factores para proponer soluciones prácticas. Para abordar este desafío, implementaron una metodología específica que permitirá analizar y resolver el ITSCP, con un enfoque en la mejora de la seguridad peatonal y la eficiencia del tráfico urbano.

(Ghena, Beyer, Hillaker, Pevarnek, & Halderman, 2014) titulado "Green Lights Forever: Analyzing the Security of Traffic Infrastructure", en el contexto de la seguridad peatonal y la eficiencia del tráfico urbano, se destaca un proyecto propuesto por Osorio Unda en 2018 que busca automatizar el control de semáforos en la intersección de la Avenida 17 de Julio y General José María Córdova en Ibarra, Imbabura. Este proyecto se centra en mejorar la fluidez del tráfico vehicular, reduciendo los tiempos de espera y permitiendo la adaptación de las luces según las necesidades viales, particularmente en horas pico. La metodología se basó en la detección de

vehículos en la vía secundaria mediante detectores de bucle de inducción y su control a través de Arduino para programar los tiempos de cambio de luces. El análisis final evalúa los beneficios que esta iniciativa aportaría a la Empresa Pública de Movilidad del Norte (MOVILDELNOR) y su potencial para mejorar la gestión del tráfico urbano en la ciudad. Este enfoque práctico destaca la relevancia de soluciones tecnológicas y la automatización en la mejora de la seguridad peatonal y la eficiencia del tráfico en áreas urbanas.

(García, 2020) se centra en la implementación de un sistema de semáforos inteligentes en el Boulevard Luis Donaldo Colosio, una de las principales avenidas de Nogales, Sonora. A partir de una investigación de campo, se identificó que el sistema actual de semáforos es obsoleto y que el crecimiento desordenado de la ciudad, junto con el aumento del tráfico vehicular, ha provocado congestionamientos frecuentes. (Secretaría de planeación - Alcaldía Mayor de Bogota D.C, 2023) Para abordar este problema, se realizaron estudios de aforo vehicular y peatonal, cuyos resultados indicaron altos niveles de congestión en varios cruces importantes de la zona de estudio. La solución propuesta es la instalación de semáforos inteligentes que optimicen el flujo vehicular, reduzcan los tiempos de espera y mejoren la seguridad tanto para conductores como para peatones.

(Sammoud, 2015) titulado "Contribution à la modélisation et à la commande des feux de signalisation par réseaux de Petri hybrides", El tráfico urbano representa una preocupación creciente debido a sus efectos adversos, incluida la contaminación del aire, la inseguridad vial y la congestión. En este contexto, la mayoría de los enfoques para regular el tráfico en intersecciones se centran en minimizar los tiempos de espera y la longitud de las colas. Un artículo reciente propone un método que emplea Redes de Petri Híbridas (RdPH) para modelar tanto la evolución continua de las colas como la discreta evolución de los semáforos, con el objetivo de evitar la congestión y mejorar los tiempos de evacuación de vehículos. Este enfoque innovador abre nuevas oportunidades para optimizar la gestión del tráfico urbano, particularmente en entornos complejos de intersecciones.

1.8.2. Antecedentes Nacionales

El estudio de Rodríguez et al. (2017) titulado "Seguridad vial en Colombia en la década de la seguridad vial: resultados parciales 2010-2015", se enfoca en presentar los resultados iniciales del plan mundial para la década de acción en seguridad vial en Colombia. La metodología utilizada se basa en un análisis descriptivo de lesiones y muertes relacionadas con el tráfico en el período 2010-

2015. La información sobre las defunciones se obtuvo del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y los informes anuales del Instituto Nacional de Medicina Legal. Para evaluar el progreso hacia las metas del plan mundial, se aplicó una metodología que se propuso en 2011, en la cual los resultados se expresan como una diferencia (Δ) entre el número de casos esperados y reportados para cada año.

(Gómez & Pabón, 2018) en su estudio titulado “Señalización vial para peatones”, proponen la introducción de una combinación de enfoques exitosos en señalización vial para peatones en el país, comenzando por las principales ciudades como Bogotá. Esto involucra la implementación de pasos peatonales con “durmientes,” cruces peatonales creativos y, en áreas con recursos disponibles, pasos peatonales inteligentes. Estos últimos incluirían sensores, sistemas de comunicación óptica, semáforos, software de análisis, módulos de control y comunicaciones. El enfoque metodológico se basa en estudios que se centran en los componentes ya implementados en casos exitosos y nuevas propuestas diseñadas para ciudades con suficiente presupuesto, ajustando las soluciones según la cantidad de peatones en cada área.

(Jolonch Palau, 2013) Este artículo llamado “Análisis del transporte masivo y la movilidad en Bogotá” propone un análisis prospectivo del sector del transporte masivo y la movilidad en Bogotá hasta el año 2025. Se consideran factores como la evolución urbana de la ciudad, la situación actual de la región de Cundinamarca y el contexto socio-político tanto nacional como internacional. El estudio expone los resultados del análisis, plantea un escenario optimista y ofrece recomendaciones para lograr dicho escenario y mejorar la movilidad en Bogotá.

(Yepes & Gomez, 2014) titulado “Estudio de seguridad vial en intersecciones críticas y sus tramos incidentes en la calle 12 entre carrera 1 hasta carrera 23 de la ciudad de San Juan de Pasto” dicen que la seguridad vial ha sido un tema que ya ha sido abordado en el ámbito local, es decir en el departamento de Nariño. Para su trabajo necesitaron recolectar información, inicialmente identificaron las intersecciones críticas de un tramo de calle o carrera en común con base en estadísticas de accidentes de la ciudad de San Juan de Pasto. Luego realizaron un reconocimiento preliminar con el fin de identificar posibles obstáculos para su estudio. Posterior a ello hicieron un levantamiento topográfico priorizando elementos de la vía para graficar un mapa de cada intersección crítica y sus tramos incidentes. Hecho todo esto procedieron a identificar cuantitativamente los riesgos, obteniendo resultados a manera de zonas identificadas por colores

con su propio significado respecto a tolerancia del peligro, prioridades de tratamiento y asociación con probabilidad de accidentes (Alcaldía de Pasto, 2023).

(Martinez & Calvache, 2015) También desarrollaron otro trabajo alusivo al tema desde una perspectiva geográfica, en el punto de que los accidentes de tránsito aportan los procesos de planificación de transporte, diseño vial y medidas de reducción de accidentes. Se basaron en el análisis de la distribución espacial de los accidentes de tránsito en las comunas 1 y 9 de San Juan de Pasto con el uso del sistema de información geográfica (SIG). Su proceso metodológico incluyó toda la información proporcionada por este sistema en el periodo 2010-2013. El resultado final fue el de establecer patrones de susceptibilidad a presentar accidentes de tránsito, establecer puntos críticos y proponer soluciones desde la geografía reduciendo accidentes de tránsito.

1.9. Metodología

1.9.1. Descripción de los materiales y métodos por objetivo específico, incluyendo el diseño experimental y las variables.

1.9.2. Examinar la siniestralidad peatonal en la intersección de la Cr. 19 con calles 15 y 16.

Diseño Experimental: Inicialmente se realiza la solicitud de informes de datos de siniestralidad entre los años 2017 a 2022 ante la secretaria de tránsito y transporte, esta petición se hace mediante comunicación vía correo electrónico cuando transcurre el segundo semestre de 2023 y la recepción de la información también se hace por dicho medio a finales de ese año. Posteriormente, se evalúa los datos de casos de siniestralidad por dirección de modo que se recopile exactamente los que sucedieron en la zona de estudio o zonas aledañas para tener una mayor información de análisis.

Variables: Se identifica variables en un periodo de años considerable como histórico de occisos de víctimas según actor vial, día de la semana, mes, clase de accidente, tipo de víctima, comuna, corregimiento, jurisdicción, hora del día, género, edad y accidentes con datos específicos de víctima y victimario.

1.9.3. Evaluar el nivel de servicio de las vías de la intersección de la Cr. 19 con calles 15 y 16.

Diseño Experimental: Se hace una inspección física del estado actual de la señalización vertical y horizontal existente y cercana a la zona de la intersección de estudio, dicha inspección enfocada a la visibilidad de las señales. Luego se diseña la encuesta la cual tiene en cuenta los objetivos del

estudio y la información de deseo de recopilación, estas abordan temas como la participación frecuente en la intersección, la percepción de seguridad vial, los medios de transporte utilizados, las causas de riesgo de siniestros viales y algunas propuestas de mejora. Se realiza la encuesta a 40 personas recurrentes en la zona de estudio. Se lleva a cabo con el uso de los dispositivos móviles de los encuestadores, los cuales explican el propósito de la encuesta. Luego se formula pregunta por pregunta de modo que se permita la respuesta de los encuestados en tiempo real a través de la plataforma virtual “Jotform”. Una vez finalizada la recopilación de datos, se procede a realizar el análisis de los datos obtenidos. Esto implica la revisión y tabulación de las respuestas, calcular porcentajes, extraer conclusiones y aquellos hallazgos importantes.

Se realiza una visita al sitio de estudio, con el fin de familiarizarse con el entorno y comprender las características físicas del lugar. En ello se realizan mediciones precisas de las dimensiones relevantes de la intersección, como longitud y ancho de las calles, aceras y otros elementos viales presentes en el área. Con el software AutoCAD, se procede a crear una vista en planta del sitio del estudio, donde se toman en cuenta las medidas recopiladas durante la visita y se dibuja los elementos de la vía detallados previamente. Del mismo modo, con la aplicación “Streetmix” se generan las vistas transversales de la intersección.

Además de las actividades previamente mencionadas se hace unos conteos vehiculares de forma manual con el apoyo de un grupo de estudiantes. Los conteos contemplan días ordinarios o laborales y días de fin de semana. Estos se hacen en horas de alta demanda vehicular y peatonal para considerar un entorno más crítico de la intersección y garantizar mejores resultados. Se hace un consolidado de las cifras de los conteos para los respectivos análisis y ser tenida en cuenta para el ingreso de información en el programa de simulación.

Variables: Se evaluará el grado de visibilidad y el estado de limpieza de las señales de manera cualitativa, así como la percepción de los actores viales en la zona de estudio. Por otro lado, se analizarán cuantitativamente las diferencias en dimensiones con respecto a lo establecido en el manual de señalización vial.

1.9.4. Formular escenarios de un sistema de control de tránsito enfocado en la movilidad de peatones, personas discapacitadas y estudiantes.

Diseño Experimental: El proceso comienza con la recolección de datos en campo, donde se miden las velocidades y se registran en hojas de cálculo para su posterior análisis. Se identifican los movimientos vehiculares permitidos en la intersección, como giros a la izquierda, giros a la derecha y movimientos rectos. Posteriormente, se calculan los intervalos de cambio de fase para cada acceso, utilizando una fórmula que incluye el tiempo de luz amarilla y el tiempo de todo rojo, asegurando una transición segura entre las fases. A continuación, se procede a convertir los volúmenes horarios de máxima demanda a unidades de vehículos equivalentes (ADE), teniendo en cuenta la presencia de automóviles, buses y camiones, aplicando los factores de equivalencia correspondientes. Finalmente, los datos obtenidos se ingresan en el software VISSIM para simular los flujos de tráfico en la intersección. Se formulan 4 escenarios de modo que se busque un entorno más seguro y ordenado para los usuarios de la intersección. El primero consta de incluir un pompeyano en un punto clave de la intersección con el fin de reducir la velocidad de llegada de los vehículos. El segundo escenario se basa en la restricción de un giro a izquierda actualmente permitido, debido al alto volumen vehicular que llega a ese punto y los problemas de circulación que genera. En cuanto al tercer escenario se cambia un sentido vial en un punto localizado en una zona cercana a la intersección mas no dentro de ella. Por último, se propone un escenario enfocado a la activación de semaforización en las vías de la intersección para dar prioridad al peatón.

Variables: Se miden velocidades e intervalos de cambio de fase además de identificar las opciones de movimientos vehiculares, las rutas de movilidad peatonal optadas por los peatones, personas con capacidades diferentes y estudiantes en la intersección, así como también los horarios de tránsito de dicha población por la intersección.

2. Presentación de Resultados

A continuación, se presentan los resultados del primer objetivo del trabajo.

2.1. Diagnóstico actual de la señalización vial

Para evaluar la conformidad de la señalización vial en la zona de estudio, se realizaron algunas comparativas específicas entre las mediciones actuales y los requisitos especificados en el Manual de señalización vial del 2015 de Colombia. Se realizó una tabla que resume los resultados obtenidos. En esta tabla, se describen los diferentes elementos de la señalización vial, las medidas tomadas en campo y los requisitos establecidos en el manual. La tabla presentada en el (Anexo A) realiza una comparación detallada de la señalización vial, basada en 4 elementos clave: carril exclusivo para buses (Ver figura 1), cruce peatonal, cruce escolar y flechas de señalización (Ver anexo B). Para cada elemento, se evaluaron componentes como el color y la visibilidad de la pintura, la forma y ubicación de las marcas viales, así como la presencia de señales y demarcaciones específicas. Los resultados muestran que, aunque en varios aspectos se cumple con los requisitos establecidos en el manual, hay zonas que requieren mejoras, especialmente en la visibilidad de la pintura y la correcta implementación de señalización adicional, como los pictogramas y las restricciones horarias en zonas escolares.

Según el Manual de señalización vial del 2015 de Colombia, las señales preventivas, tales como las ubicadas en cruces peatonales, cruces de ciclistas y proximidad a cruces escolares, deben estar situadas en lugares claramente visibles para los conductores y mantenerse siempre en buen estado. Sin embargo, en su ubicación actual, la visibilidad de estas señales se ve comprometida debido a obstrucciones visuales como postes, árboles y peatones que las ocultan parcialmente desde la perspectiva del conductor. Además, presentan daños como pérdida de pintura, abolladuras, grietas y falta de piezas en su parte inferior, consecuencia del vandalismo y oxidación. (Ver anexo C).

La señalización de cruce con restricción de bloqueo tiene por objeto notificar a los conductores la prohibición de obstruir una intersección, impidiendo u obstruyendo la circulación transversal. Esta demarcación sólo debe aplicarse en intersecciones donde se generen bloqueos producto de la congestión.

Por último, las demarcaciones de prohibido parquear y de ciclorrutas, así como la señal de tránsito que prohíbe girar en U, muestran problemas en su estado actual. La demarcación que indica

prohibido estacionar y las de ciclorrutas se encuentran descoloridas y poco visibles, representando riesgo para la seguridad vial como para la de los ciclistas. Además, la señal de tránsito que prohíbe el giro en U presenta oxidación en algunas partes de su estructura y se oculta entre la vegetación dificultando su visibilidad (Ver anexo D).

Figura 1

Carril solo bus



Nota: comparación de carril solo Bus, (a): fotografía del carril de solo bus actualmente. Autoría propia, (b): ilustración del carril solo bus del manual de señalización. Tomado de (vial, 2022).

2.2. Análisis estadístico de informes de siniestralidad.

La presente tesis realiza un análisis estadístico de informes de siniestralidad recopilados entre los años 2013 y 2023 (Ver figura 2 y 3), obtenidos a través de solicitudes a la Secretaría de Tránsito de la ciudad de Pasto. Estos datos proporcionan una visión de los incidentes viales a lo largo del tiempo. Además, se han generado tablas y diagramas de barras detalladas para desglosar y explicar cada aspecto relevante de los informes, permitiendo una comprensión más profunda de los patrones y tendencias en la siniestralidad vial durante este período.

Figura 2

Diagrama de barras del comparativo de occisos por mes (2013 – 2017)

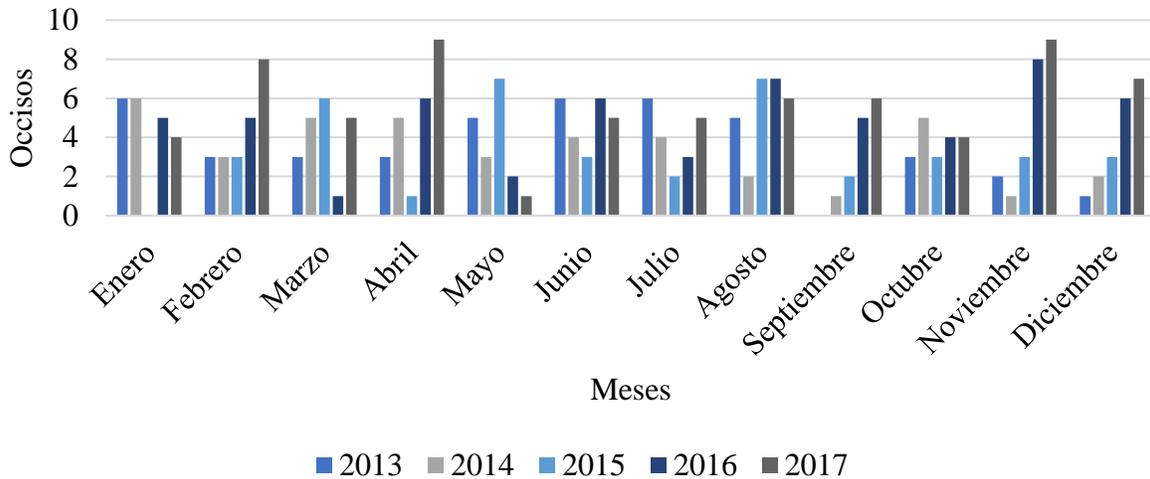
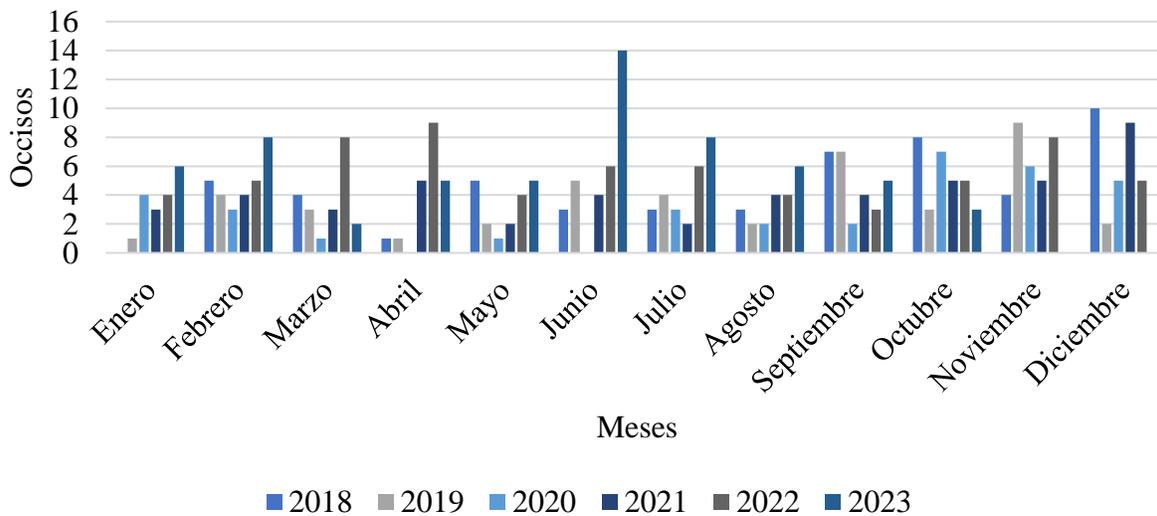


Figura 3

Diagrama de barras del comparativo de occisos por mes (2018 – 2023)



Se evidencia claramente un incremento significativo en el número de víctimas (Ver figura 4 y 5), abarcando tanto peatón, motociclistas, conductores, ciclistas, entre otros, en la ciudad de Pasto durante el período comprendido entre 2013 y 2023. Este aumento en las cifras sugiere una relación directa con el crecimiento del flujo vehicular a lo largo de estos años, según un registro del

(Concejo municipal de Pasto, 2021) donde dice que “En los últimos años, el parque automotor matriculado en Pasto ha aumentado considerablemente tanto así que para el año 2019 la Variación Frente al Año Anterior es del 19,69%, así las cosas, la ciudad de Pasto pasó de tener 34.871 vehículos en el año 2003 a 112.208 hasta el año 2012, por lo que siete años después, el Registro Distrital Automotor señala que hay 174.072 vehículos, lo que equivale a un aumento del 55.12%.”

Durante el período de análisis que abarca los años 2013 a 2023, se destaca que en los años intermedios (2016 y 2017) y finales (2022 y 2023), se registró un incremento notable en el número de víctimas, atribuido al aumento del flujo vehicular. En contraste, entre los años 2019 al 2021, se observa una disminución en el número de víctimas, coincidiendo con la emergencia global de la pandemia de COVID-19. Esta disminución se relaciona con la reducción del flujo vehicular, lo que llevó a una disminución significativa en la incidencia de siniestros.

Se aprecia que en la línea de tendencia creciente tomando como referencia los últimos 4 años. En cuanto al perfil de las víctimas, destaca la predominancia de peatones y conductores de motocicleta como los más afectados por estos incidentes, con un incremento significativo en el número de occisos (Ver figura 4).

Figura 4

Diagrama de barras de comparativos por tipo de víctima del año 2020 hasta el año 2023

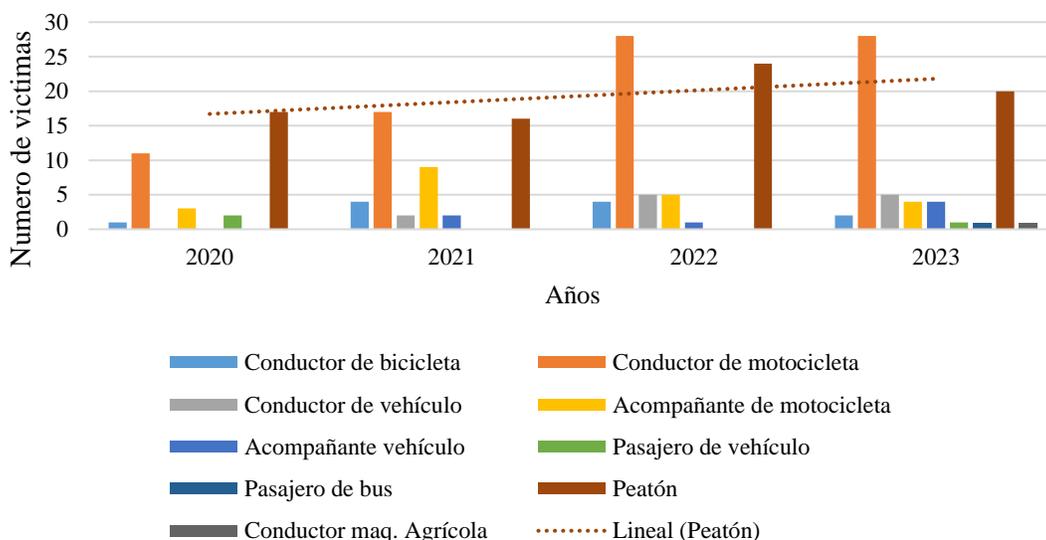
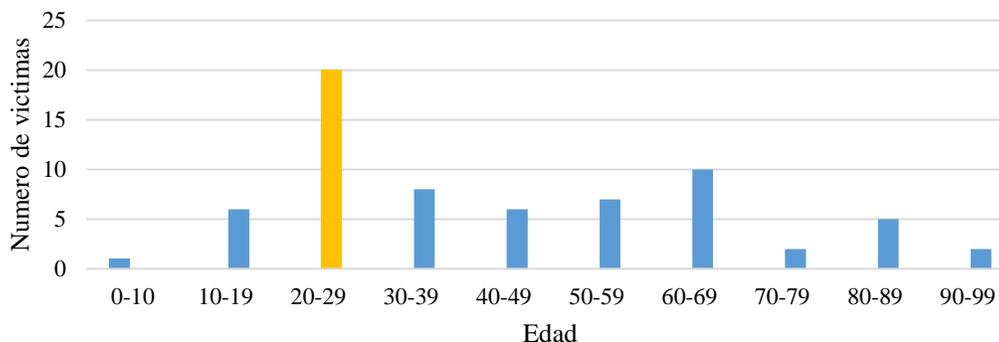


Figura 5

Diagrama de barras de occisos por edad en el año 2023



Se contempla en la Figura (5) de occisos por rango de edad que los peatones de entre 20 y 29 años son los más afectados, esta razón puede deberse a que la zona es principalmente universitaria. Este grupo muestra un número considerablemente mayor de víctimas en comparación de los demás y duplicando al segundo grupo más afectado, que corresponde a peatones de entre 60 y 69 años.

Tabla 1

Occisos y víctimas de siniestros en la carrera 19

Fecha	Hora	Tipo de usuario	Clase de accidente	Causa probable	Resultado del accidente
24/05/2023	7:20	Peatón	Choque	No respetar prelación	Muerte
28/06/2023	11:30	Motociclista	Choque	Giro repentino	Muerte
5/12/2021	12:00	Acompañante de motocicleta	Choque	Adelanto en zona prohibida	Muerte
17/03/2022	13:57	Peatón	Choque	Atropello con motocicleta	Muerte
24/05/2023	7:00	Peatón	Choque	No respetar prelación	Muerte
6/08/2021	10:18	Peatón	Choque	No respetar prelación	Solo accidente
22/03/2022	17:26	Peatón	Choque	Girar bruscamente	Solo accidente
6/05/2022	9:20	Acompañante de motocicleta	Choque	Desobedecer señal de tránsito	Solo accidente
10/06/2022	13:00	Peatón	Choque	Desobedecer señal de tránsito	Solo accidente
30/06/2022	7:49	Peatón	Choque	Desobedecer señal de tránsito	Solo accidente

29/11/2019	22:23	Peatón	Choque	No respetar prelación de peatones	Solo accidente
14/03/2020	23:59	Acompañante	Choque	Realizar giro en u	Solo accidente
10/03/2022	13:05	Peatón	Choque	No respetar prelación de peatones	Solo accidente
17/03/2022	13:57	Acompañante	Choque	No respetar prelación de intersecciones	Solo accidente
13/09/2022	20:20	Peatón	Choque	No respetar prelación de peatones	Solo accidente
24/12/2022	22:45	Acompañante	Choque	No respetar las acciones del peatón	Solo accidente
27/12/2022	14:15	Peatón	Choque	No respetar prelación de intersecciones	Solo accidente

Con respecto a la tabla anterior (Ver Tabla 1), se observa que el mayor número de accidentes causados en la carrera 19 con sus respectivas calles cercanas a la calle 16 es causado por motociclistas y peatones teniendo como causas probables de accidentes no respetar prelación de peatones, intersecciones, desobedecer señales de tránsito y giro repentino.

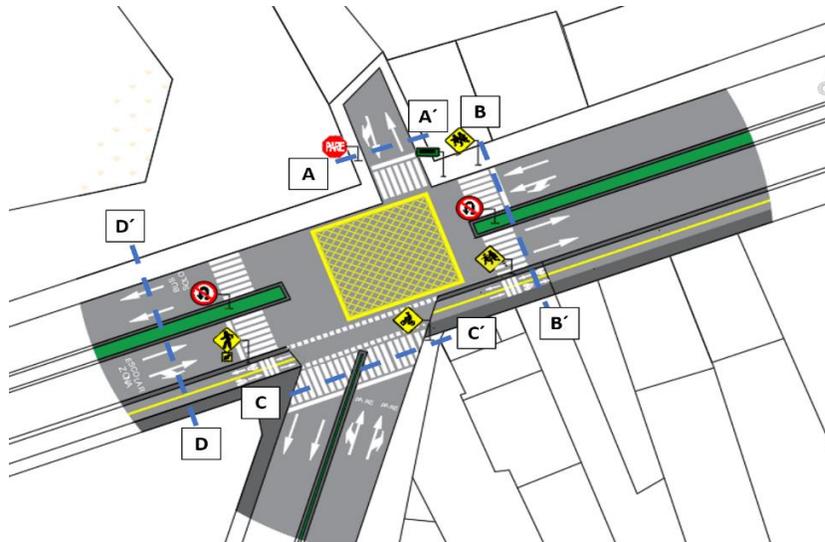
2.3. Modelado transversal de la intersección de la Cra. 19 con calles 15 y 16 utilizando la aplicación Streetmix

En el contexto del estudio, se llevó a cabo un modelado transversal detallado de la intersección utilizando la aplicación Streetmix. Herramienta que permite visualizar las medidas de los carriles, aceras, franjas de separación, ciclo vías, entre otros elementos, así como su distribución en el área de estudio.

Las vistas transversales se distribuirán de manera que los cortes queden claramente representados en el plano en planta, asegurando una comprensión precisa de la estructura en cada sección (Ver figura 6).

Figura 6

Plano en Planta con Vistas Transversales

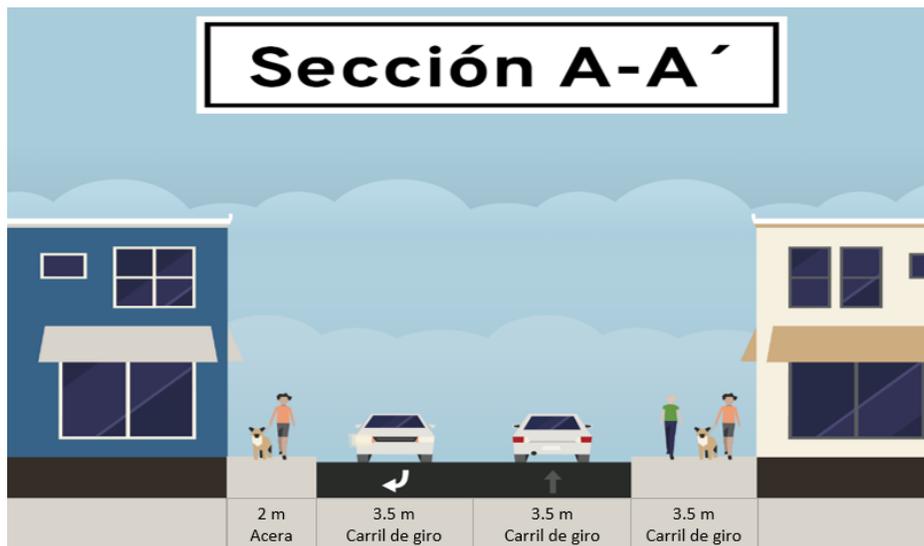


2.3.1. Vista A-A´.

En esta vista, se muestra la entrada a la universidad CESMAG desde la Carrera 19, desde el punto A hasta el punto A´. Se observa la disposición de los carriles de entrada y salida, así como las aceras que rodean el perímetro de la universidad (Ver figura 7).

Figura 7

Vista transversal sección A-A´



2.3.2. Vista B-B´.

La vista transversal B-B´ muestra la intersección en la que se encuentra una acera, varios carriles y una ciclovía. Desde el punto B hasta el punto B´, se detalla la distribución de estos elementos, así como su conexión con las vías principales (Ver figura 8).

Figura 8

Vista transversal sección B-B´



2.3.3. Vista C-C´.

En esta vista, desde el punto C hasta el punto C´, se observa nuevamente una acera y carriles de tráfico. Se presta especial atención a la disposición de estos elementos para garantizar la seguridad y comodidad de los peatones en esta sección de la intersección (Ver Figura 9).

Figura 9

Vista transversal sección C-C'



2.3.4. Vista D-D'

La vista transversal D-D' ofrece una perspectiva de la intersección que incluye acera, carriles y otros elementos, como paradas de transporte público. Se analiza la distribución de estos elementos para optimizar la movilidad y la accesibilidad en la zona (Ver figura 10).

Figura 10

Vista transversal sección D-D'

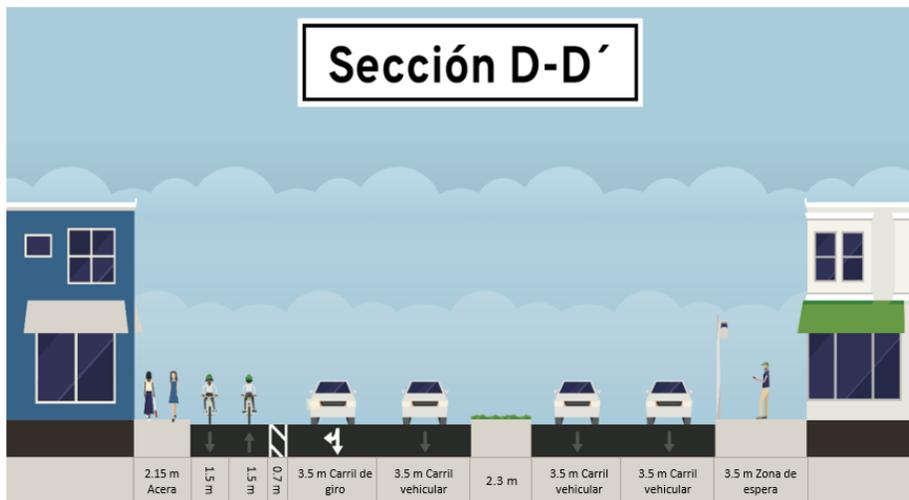
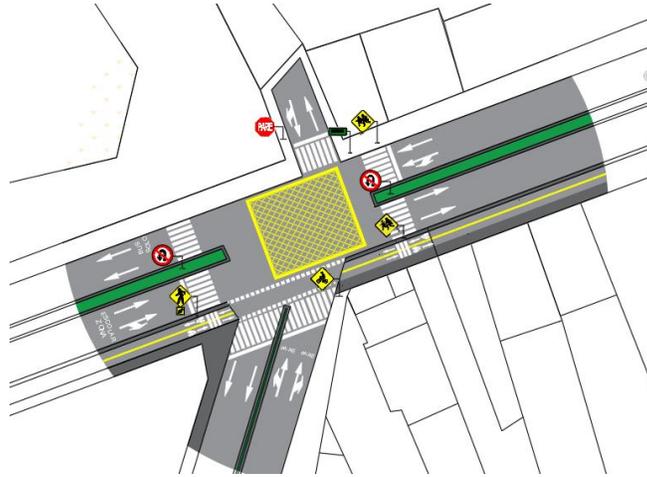


Figura 11

Modelado en planta

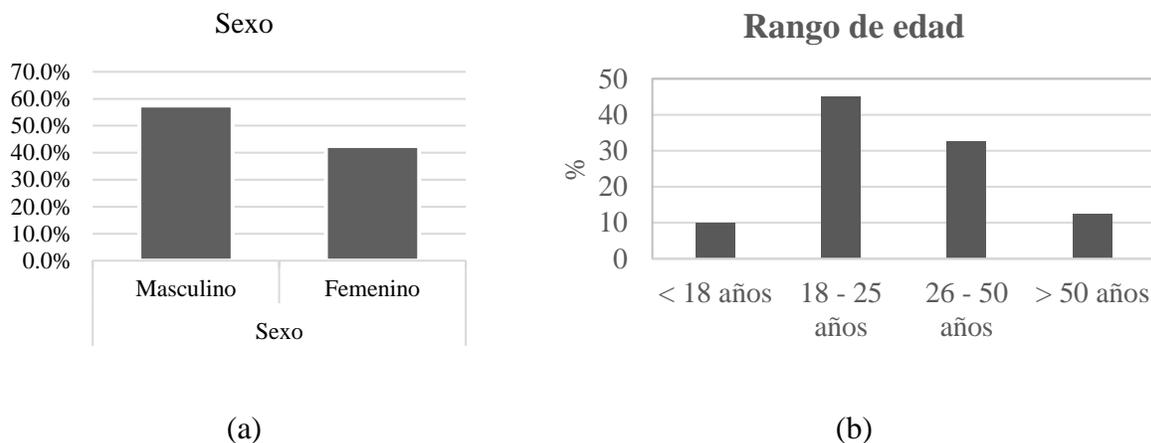


2.4. Análisis: Encuesta sobre Seguridad Vial y movilidad en la zona (Cra. 19 con calles 15 y 16)

Se analizaron los resultados de una encuesta aplicada a un grupo de 40 personas sobre el estado de la Carrera 19 con calles 15 y 16 en términos de seguridad vial y movilidad. Esta encuesta no utilizó un método estadístico de muestreo, por lo que sus resultados reflejan únicamente las opiniones de este grupo de encuestados. El objetivo fue obtener una visión general de las percepciones y experiencias de los encuestados en relación con su frecuente uso de esta intersección, así como su perspectiva sobre la seguridad vial, los medios de transporte utilizados, las principales causas de riesgo de siniestros viales, señalización vial y otros aspectos que se creen relevantes. Además, es importante mencionar que, entre los encuestados, el 57.5% son hombres y el 42.5% son mujeres. Los encuestados se distribuyen en los siguientes rangos de edad: 18-25 años, 26-50 años, y más de 50 años. (Ver figura 12).

Figura 12

Gráfico de Distribución por Sexo y Rango de Edad

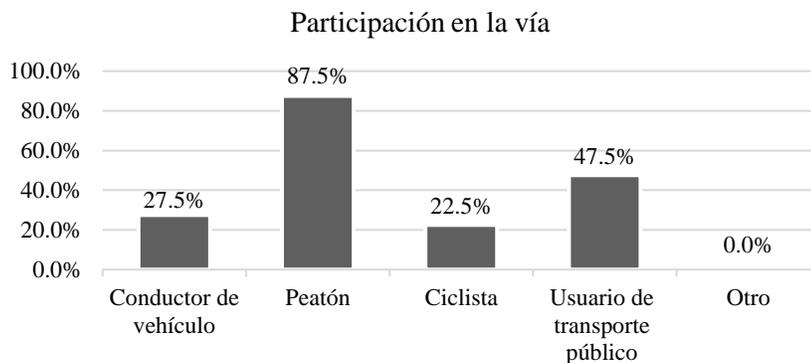


Nota: (a): Los datos corresponden a la distribución por sexo de los encuestados. (b): Los datos proporcionados muestran la distribución por rango de edad de los encuestados.

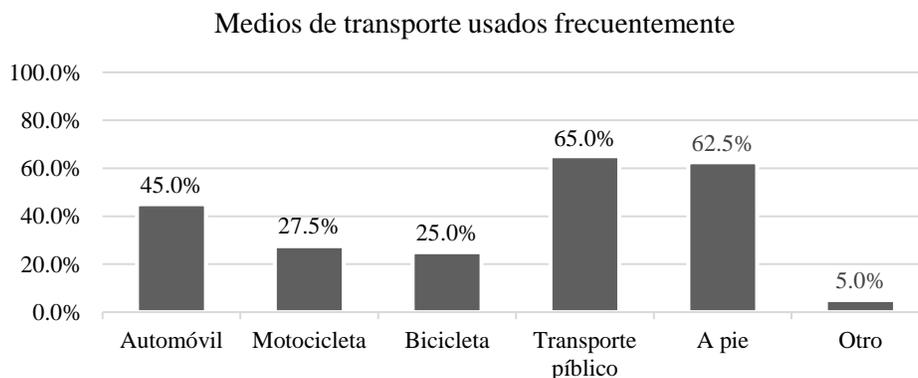
Se obtuvieron datos significativos sobre la participación en la vía y los medios de transporte utilizados con frecuencia. Dado que la encuesta permitía la selección de múltiples opciones, los porcentajes reflejan una participación variada. El 27.5% de los participantes se identificó como conductor de vehículos, mientras que el 87.5% indicó ser peatón. Esto permite resaltar la importancia del desplazamiento a pie en la zona. Se destaca también que el 22.5% marcó la opción de ciclista, lo que refleja el interés en alternativas de movilidad sostenible. El 47.5% de los encuestados utiliza regularmente el transporte público, aclarando que al permitir la posibilidad de elección de ambas opciones a la vez es normal que la sumatoria de dichos porcentajes sobrepase el 100%, el valor del porcentaje para cada modalidad de participación en la zona de estudio se toma como referencia respecto del total de encuestados. En cuanto a los medios de transporte más usados, el 45% opta por el automóvil, el 27.5% por la motocicleta y el 25% por la bicicleta. Sin embargo, el transporte público (65%) y caminar (62.5%) fueron las opciones más populares, lo que evidencia la diversidad de comportamientos y preferencias de movilidad en la zona, combinando medios activos y motorizados. Cada uno de los valores de los porcentajes de la encuesta de medios de transporte también se tomaron como referencia respecto del total de personas que respondieron la encuesta, es decir sucede la misma metodología que la encuesta de participación en la vía.

Figura 13

Gráfico Medios de Transporte y Participación en la Zona



(a)



(b)

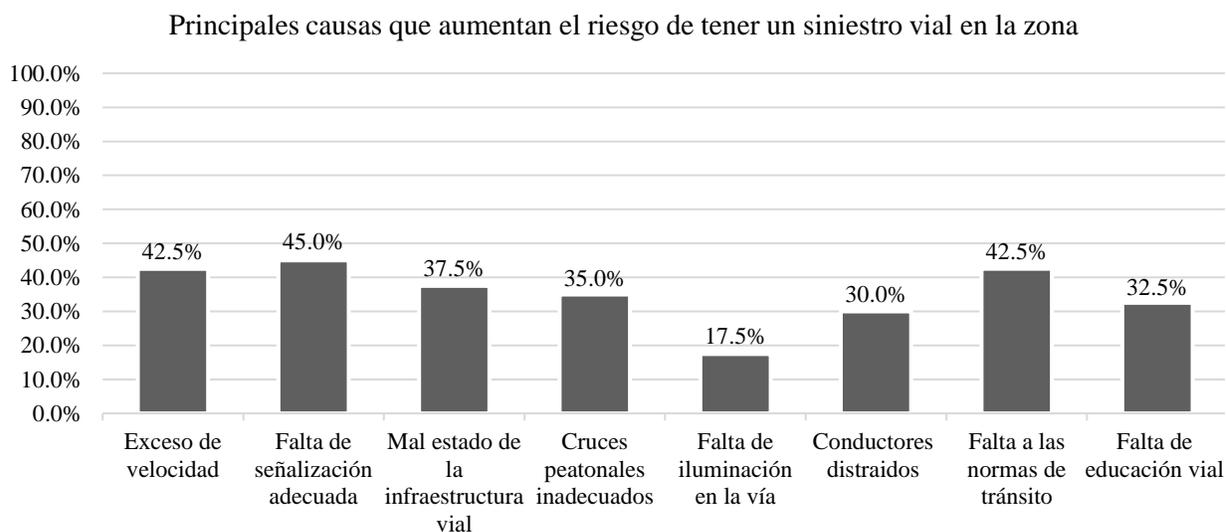
Nota: (a): Distribución de los modos de transporte utilizados por los encuestados en la zona. (b): Preferencias de participación de los encuestados en la zona.

El análisis de la encuesta revela diversas preocupaciones entre los encuestados. La falta de señalización adecuada, el exceso de velocidad y falta a las normas de tránsito se destacan como las principales preocupaciones, citadas por una gran proporción de encuestados. Esto indica que hay una necesidad urgente de mejorar la señalización y controlar la velocidad en la zona para reducir el riesgo de siniestros viales. Además, la percepción de un mal estado en la infraestructura vial y cruces peatonales inadecuados sugiere la importancia de mantener y mejorar la calidad de las

calles, así como de proporcionar una infraestructura peatonal segura. Aunque en menor medida, la falta de iluminación en la vía y la distracción de los conductores también son identificadas como preocupaciones significativas. Este análisis resalta la necesidad de abordar múltiples factores para mejorar la seguridad vial en la zona y proteger a los usuarios de la vía. (Ver figura 14).

Figura 14

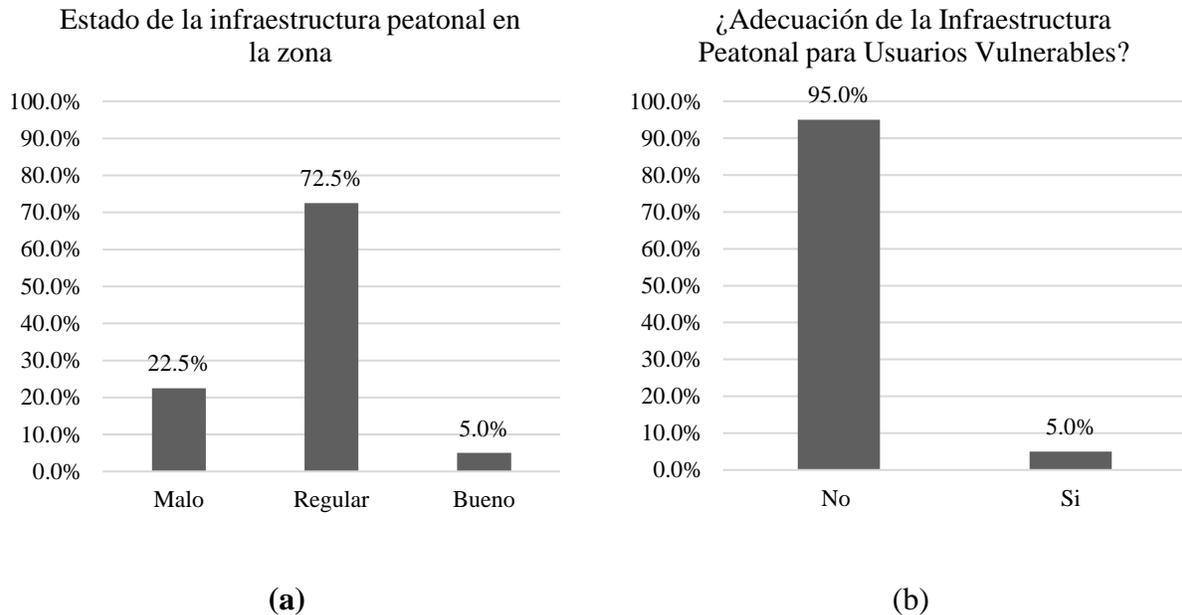
Factores de Riesgo de Siniestros Viales en la Zona



La encuesta reveló percepciones mixtas sobre la infraestructura peatonal en este sector. Se aclara que esta encuesta al igual que las previas no limita al encuestado a una sola opción, es decir podía marcar las que desee. Mientras que un pequeño porcentaje (5%) la considera buena, la mayoría (72.5%) la califica como regular y un considerable porcentaje (22.5%) la percibe como mala. En relación con la idoneidad para usuarios vulnerables, solo un mínimo porcentaje (5%) consideró la zona como adecuada, mientras que abrumadoramente el 95% expresó lo contrario, mencionando algunas razones fundamentales para su evaluación, como la falta de mantenimiento en las señalizaciones y la ausencia de semáforos, que afectan la seguridad y comodidad de los peatones. (Ver figura 15)

Figura 15

Evaluación de Infraestructura Peatonal y Adecuación para Usuarios Vulnerables en la Zona

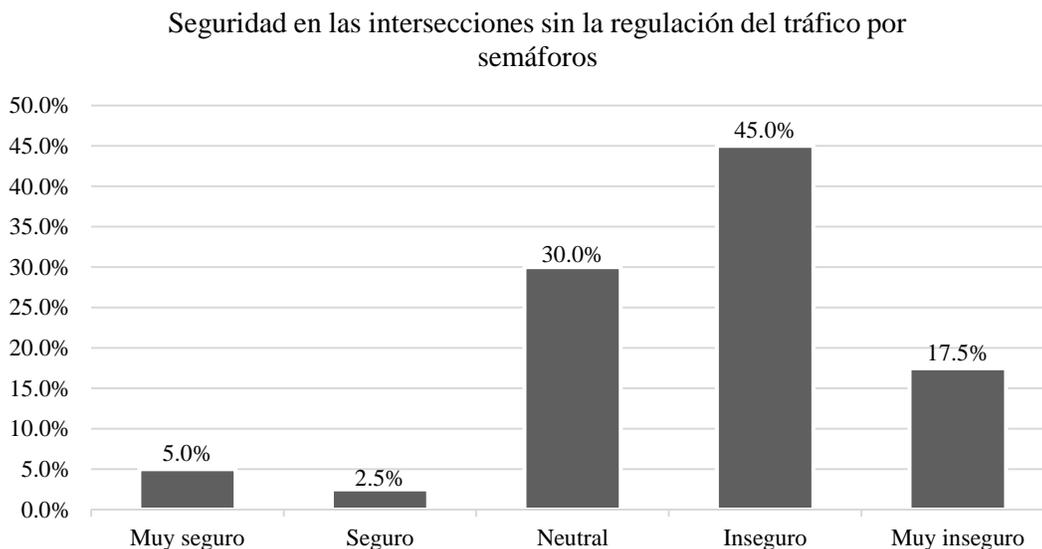


Nota: (a): Evaluación del estado de la infraestructura peatonal en la zona. (b): Percepción de los encuestados sobre la adecuación de la infraestructura peatonal para usuarios vulnerables en la zona.

La mayoría de los encuestados (45%) consideran que las intersecciones sin semáforos son inseguras, seguido por un 30% que se mantiene en un estado neutral. Un 5% de encuestados perciben la intersección como "muy segura" y un 17.5% como "muy inseguras". Esto revela una variedad de opiniones, pero con tendencia a la percepción de inseguridad. (Ver Figura 16).

Figura 16

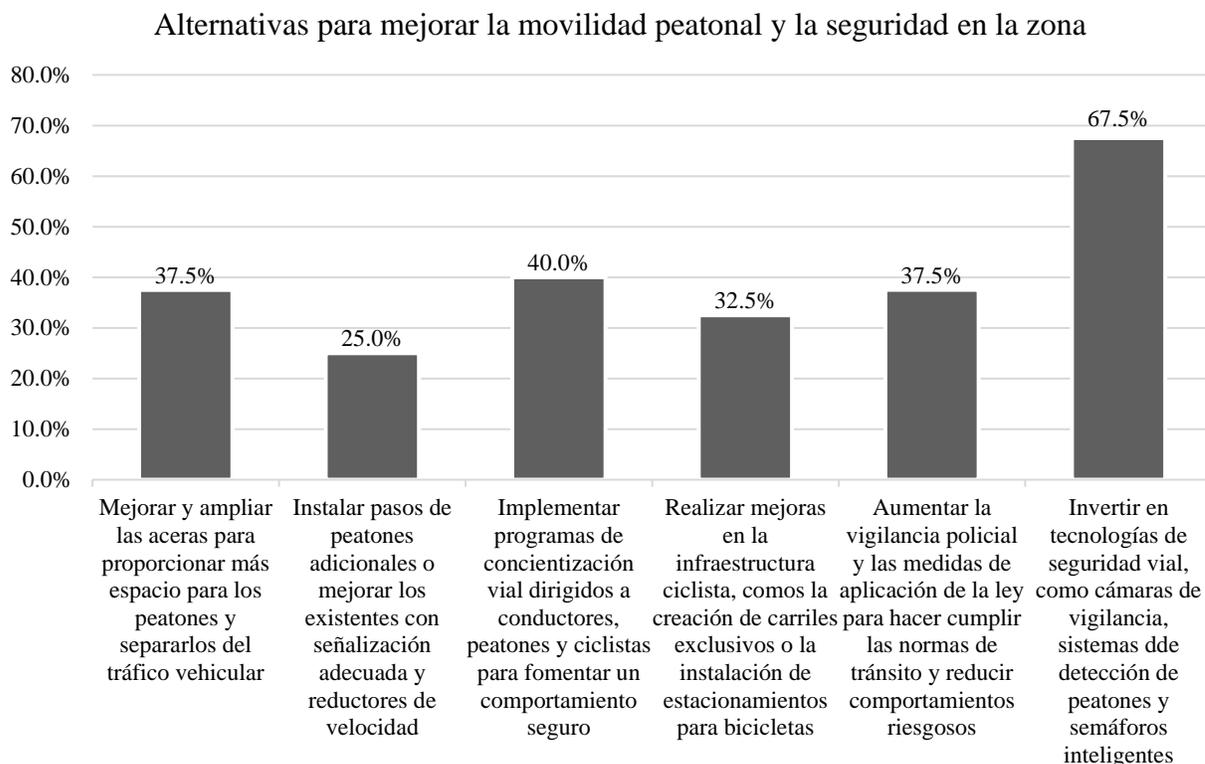
Percepciones de Seguridad en Intersecciones sin Semáforos



Por último, es importante destacar la pregunta: “¿Cuál cree que es la mejor alternativa para mejorar la movilidad peatonal y la seguridad en este sector?”. El hecho de que el 67.5% de los encuestados hayan optado por invertir en tecnologías de seguridad vial, cámaras de vigilancia, sistemas de detección de peatones y semáforos inteligentes, respalda el estudio de semaforización en la zona. Este alto nivel de preferencia indica un reconocimiento en la eficacia de estas tecnologías para mejorar la seguridad vial y la movilidad peatonal, lo que subraya la importancia de la semaforización como una medida efectiva para abordar estos problemas en la zona. (Ver figura 17.)

Figura 17

Preferencia de alternativas para mejorar la movilidad peatonal y la seguridad en el sector



2.5. Análisis de Conteos de Tráfico Vehicular

En esta sección, se presenta un análisis detallado de los conteos de tráfico vehicular realizados en la intersección de la Carrera 19 con Calles 15 y 16, ubicada en la zona de la avenida las Américas de la ciudad de Pasto, departamento de Nariño. Los datos recopilados a través de estas mediciones permiten comprender de manera cuantitativa el flujo vehicular en este punto crítico de la ciudad.

A continuación, en la figura (18) se muestran las gráficas de los conteos vehiculares clasificados por tipo de vehículo y sentido de circulación. Estos datos fueron obtenidos mediante observaciones sistemáticas realizadas en la intersección mencionada durante diferentes franjas horarias y días de la semana. Las singlas utilizadas en las tablas están representadas por colores como se observa en la Figura (18) donde se obtienen los diversos tipos de vehículos contabilizados, brindando una visión detallada de la composición del tráfico en esta área.

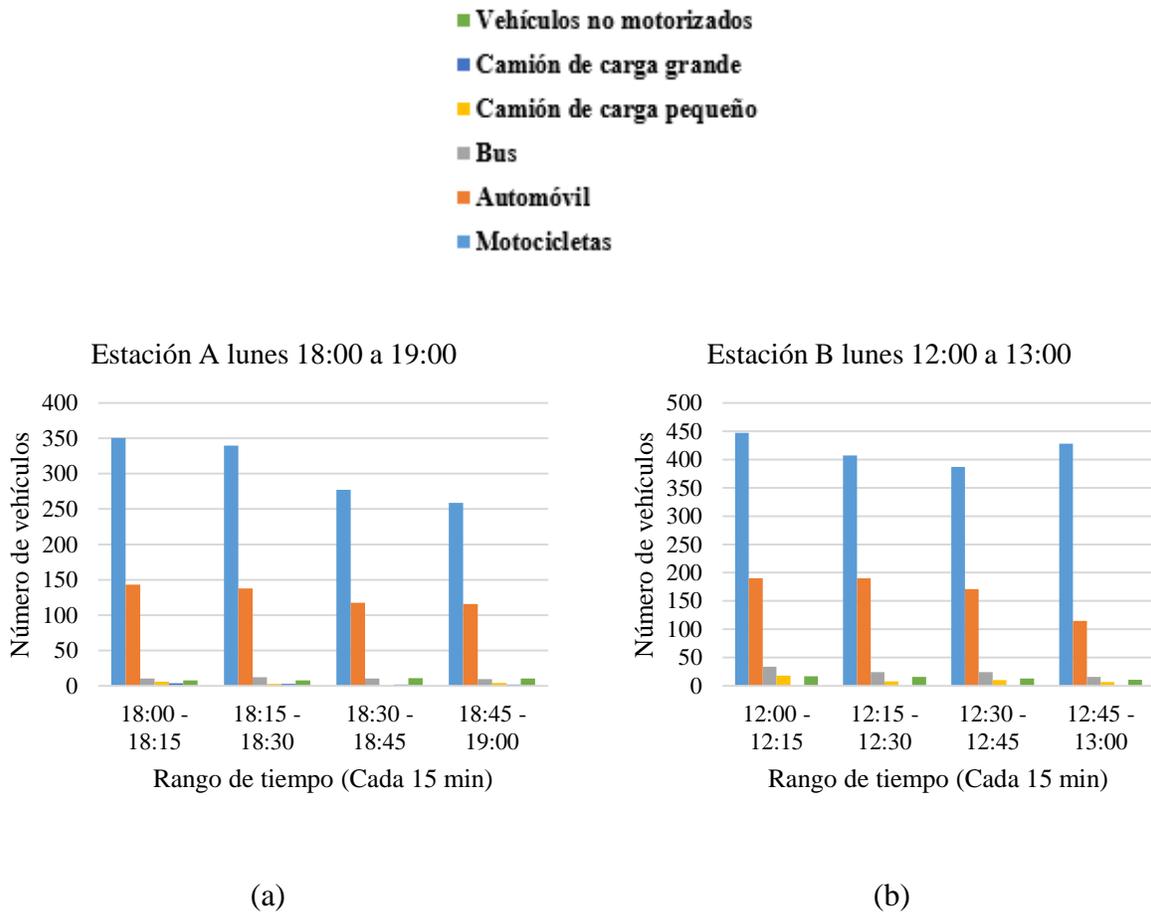
El análisis de la información recopilada en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16 de la zona de la avenida las Américas de la ciudad de Pasto permite identificar algunos hallazgos clave. Se realizaron conteos vehiculares durante los puntos más críticos a ciertas horas del día, entre los días lunes, miércoles y sábado, se evidencia un predominio de motocicletas, automóviles y vehículos no motorizados, como bicicletas y patines eléctricos, reflejando los patrones de movilidad típicos de una zona muy transitada, (Ver figura 18). Sin embargo, para una visualización más detallada y complementaria de esta información, se incluyen gráficos adicionales en la sección de anexos (Ver anexos E y F). Se escogieron las estaciones más relevantes de cada día donde una gran proporción de la población se traslada en modos de transporte más livianos y sostenibles. Sin embargo, también se aprecia que, en algunas estaciones, los buses superan en número a los vehículos no motorizados, lo que indica la importancia del transporte público en la zona.

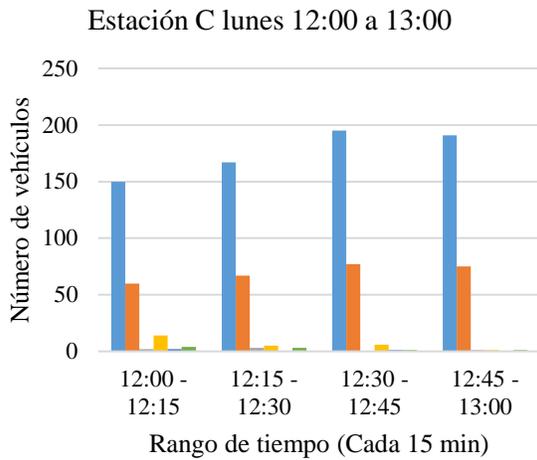
En cuanto a la tendencia del conteo de vehículos cada 15 minutos, se observan variaciones, con casos en los que el flujo aumenta progresivamente hacia el final del intervalo y otros en los que disminuye. Estas fluctuaciones reflejan la dinámica compleja del tráfico en la intersección, con posibles desajustes entre la oferta y la demanda de movilidad en determinados momentos. Es importante monitorear estos patrones con mayor detalle para identificar las causas de estas variaciones y diseñar estrategias de gestión del tráfico más efectivas.

Desde la perspectiva de la seguridad vial, el predominio de motocicletas y automóviles, junto con la presencia de un número significativo de vehículos no motorizados, plantea retos importantes. Es crucial observar el comportamiento de los conductores y peatones en la intersección para identificar posibles riesgos, como la falta de respeto a las señales de tránsito, las maniobras imprudentes o la insuficiente visibilidad y señalización. Estas observaciones permitirán diseñar e implementar medidas específicas para mejorar la seguridad de todos los usuarios de la vía, como campañas de educación vial, mejoras en la infraestructura y una mayor vigilancia y control.

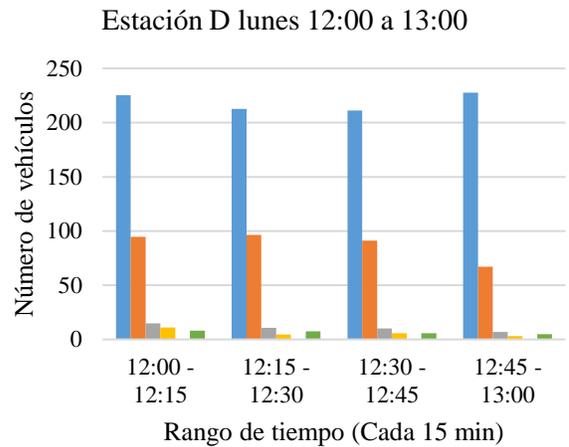
Figura 18

Gráficas (a, b, c, d, e, f) Conteos vehiculares día lunes, en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16 de la zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto, Nariño.

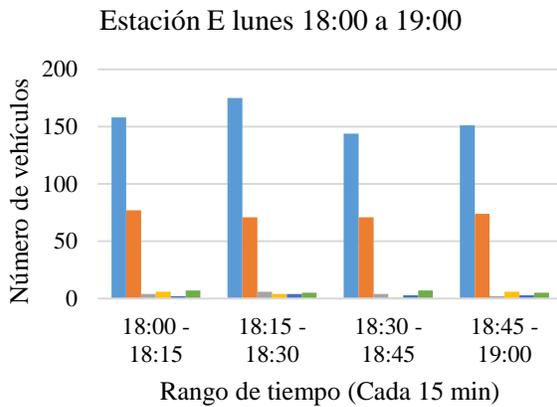




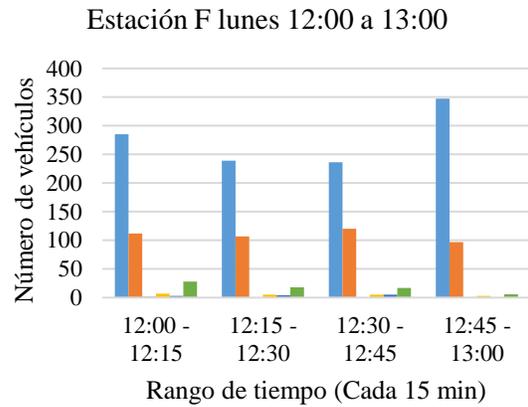
(c)



(d)



(e)



(f)

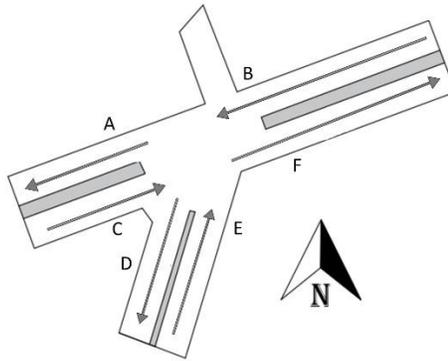
Nota: Estaciones conteos vehiculares a: estación (A) lunes 18:00 a 19:00, b: estación (B) lunes 12:00 a 13:00, c: estación (C) lunes 12:00 a 13:00, d: estación (D) lunes 12:00 a 13:00, e: estación (E) lunes 18:00 a 19:00, f: estación (F) lunes 12:00 a 13:00.

2.6. Análisis de resultados de velocidades promedio

A continuación, se presenta la figura (19), que muestra el diagrama de la intersección estudiada con las vías etiquetadas como “A, B, C, D, E, y F”. Cada letra representa una vía para la cual se han registrado las velocidades promedio de los distintos tipos de vehículos.

Figura 19

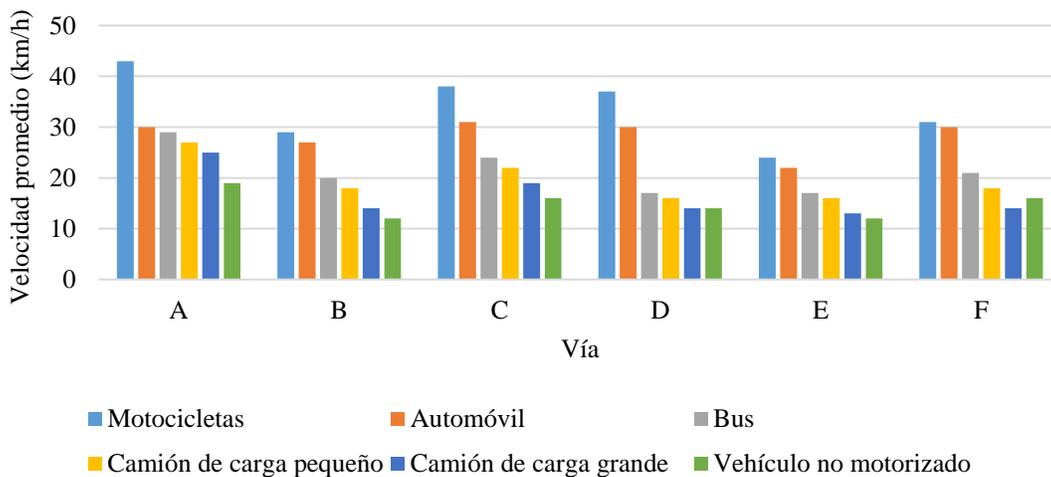
Diagrama de la Intersección con Identificación de Vías



A continuación, se muestra una gráfica de velocidades promedio de todos los tipos de vehículo en cada vía que conforma la intersección

Figura 18

Velocidades promedio según vehículo en cada vía de la intersección



En la figura 20, se presenta una gráfica de estas velocidades promedio en cada una de las vías de la intersección. Según la figura, se puede afirmar que en las vías “A” y “C” las velocidades son mayores con respecto a los demás, esto sin hacer énfasis en un tipo de vehículo específico, esto puede fundamentarse para el caso de la vía “A” en que parte de sus vehículos provienen de “B” y siguen de forma rectilínea a “A” sin hacer ninguna pausa de consideración, esto por el diseño geométrico de la intersección, de ese modo la velocidad con que provienen de “B” al llegar a “A” pueden mantenerla o aumentarla. Para el caso de la vía “C” la velocidad alta puede explicarse porque los vehículos provienen de un trayecto de longitud rectilínea algo considerable y al ser doble carril los vehículos pueden moverse con libertad e incluso rebasarse, la pausa la hacen en la parte final de la vía “C” donde ya se encuentra los puntos de conflicto de la intersección, motivo probable por el que las velocidades son altas en esta vía con respecto a las demás.

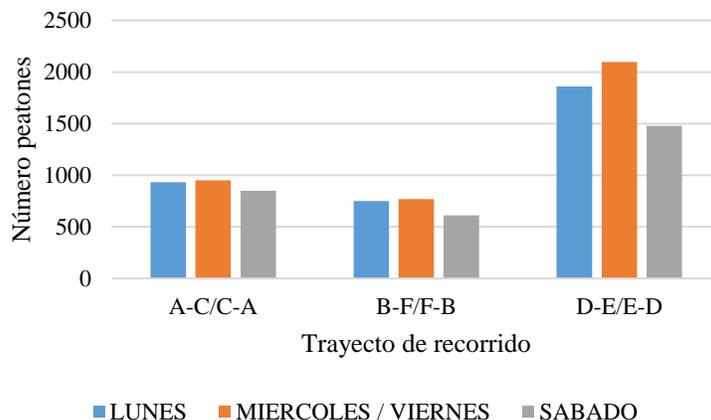
En cuanto a tipo de vehículo inicialmente se puede decir que se cumple una tendencia en la que habrán determinados tipos de vehículos recorrerán a mayores velocidades y los demás recorrerán a menores, el orden de mayor a menor velocidad por tipo de vehículo es el siguiente: Motocicleta, Automóvil, Bus, Camión de carga pequeño, Camión de carga grande y vehículo no motorizado. Este orden se cumple en las vías A, B, C y E. En “D” también se cumple, aunque vale la pena rescatar las velocidades del camión de carga grande y el vehículo no motorizado fueron iguales, mientras que en “F” la velocidad del vehículo no motorizado superó la del camión de carga grande. Estos dos casos pueden deberse a que los vehículos que llegan a estas vías provienen de hacer la pausa en los puntos de conflicto de la intersección y recuperar o superar esa velocidad con la que venían desde antes va a tomar ser más complejo, sobre todo para un camión de carga grande, el vehículo no motorizado al llegar a “D” o “F” puede recuperar o superar la velocidad que llevaba antes más fácilmente que el camión de carga grande.

2.6.1. Análisis de resultados de conteos de peatones

También se hizo conteos de peatones según trayecto desde una vía a otra, tomando en cuenta los trayectos podrían hacer los peatones de forma directa ya que existían casos en los que no podrían hacerlo de esa forma, esto debido a los puntos de conflicto de la intersección. Esta actividad se realizó en un día de comienzo semanal como lunes, un día ordinario distinto como miércoles o viernes y sábado para tener en cuenta el fin de semana. Los horarios van desde las 6:30 AM hasta las 7:30 PM. Los resultados se muestran en la figura (21).

Figura 19

Número de peatones por trayecto en diferentes días



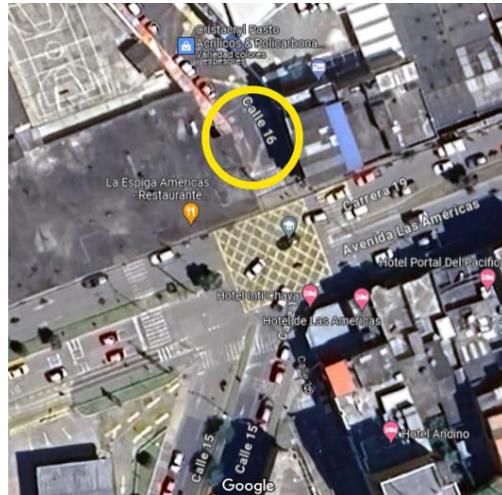
De acuerdo a la gráfica primeramente se puede decir que el trayecto “D-E” o viceversa fue el más concurrido, la razón probable de esto puede relacionarse con los conteos vehiculares ya que estas estaciones tuvieron valores más bajos de ello en comparación a las demás y esto posiblemente motive a los peatones de aceras de las vías cercanas a tomar este camino para continuar con su destino. También hay que añadir que hay más establecimientos comerciales ubicados por las vías D y E en comparación a las demás, por ello los peatones probablemente realicen actividades en estos puntos de necesidades comerciales. En cuanto a los demás trayectos el que sigue al trayecto anterior en el orden de mayor a menor número de peatones es el “A-C” o viceversa, no obstante, la diferencia con el trayecto “B-F” o viceversa es corta en comparación al primer trayecto descrito.

Haciendo un análisis enfocado a los días, Los días ordinarios o laborales como lunes y miércoles/viernes llevan números más altos, esto claramente por el desplazamiento masivo de personas que vienen de hacer sus actividades académicas o laborales. La diferencia entre los conteos del lunes y el miércoles o viernes es corta, siendo de menor valor para lunes. El día sábado fue el de menor valor y la diferencia es más considerable con respecto a los demás días, esto muy probablemente por ser fin de semana en el que la gente se resguarda en casa o sale a lugares externos manteniéndose la mayor parte del día ahí.

También se hizo un análisis de los conteos totales de una estación denominada con la letra “G”, esta se refiere al ingreso al colegio María Goretti y la Universidad CESMAG, hace parte de la calle 16 como tal, a continuación, se muestra la localización exacta en la intersección ver figura (22).

Figura 20

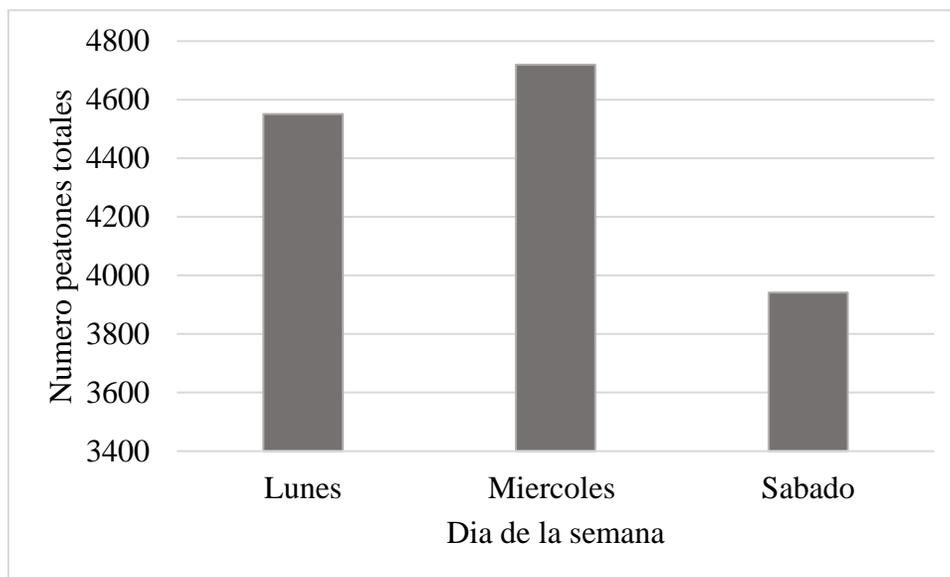
Estación G



Nota: se puede observar que hay una zona señalada la cual es la parte descrita como “G”, enfocada al ingreso y salida de los peatones de estas instituciones educativas. A continuación, se muestra la gráfica de esta estación “G” con las variables descritas. Fuente: Google Maps.

Figura 21

Número de peatones por día de la semana



Se observa en la figura (23) que en los días miércoles fue el mayor tránsito de peatones, seguido del lunes y por último el sábado. Esto también claramente explicado por las actividades de los estudiantes las cuales se concentran mayormente en días laborales u ordinarios que en fin de semana.

2.7. Nivel de servicio

Para llevar a cabo el estudio y análisis del nivel de servicio en la intersección de la Carrera 19 con Calles 15 y 16, situada en la zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto, Nariño, se procedió a dividir las vías involucradas en seis segmentos distintos. Cada uno de estos segmentos fue identificado con una letra y asignado a un punto específico, denominados A, B, C, D, E y F. Según se muestra en la figura (19)

Para obtener las características geométricas de estas vías, se utilizaron herramientas como flexómetros y programas de software como Google Earth. Estos instrumentos permitieron medir y registrar con precisión los datos necesarios para evaluar el nivel de servicio de la intersección. La información recopilada incluyó dimensiones, pendientes, radios de curvatura y otros aspectos relevantes de la infraestructura vial.

Adicionalmente, se llevó a cabo una clasificación del tipo de terreno en el que se encuentran las vías, siguiendo los lineamientos establecidos en el Manual de Carreteras (INVIAS) 2008 que se encuentra en el Anexo I, Tabla 7. Esta clasificación es crucial, ya que influye en la evaluación del nivel de servicio, permitiendo una comprensión más detallada de las condiciones operacionales y los posibles desafíos que presenta cada segmento.

Los niveles de servicio se clasifican de la siguiente manera:

- **Nivel de Servicio A:** Flujo de tráfico óptimo; condiciones excelentes. Los usuarios tienen plena libertad de movimiento y mínima congestión.
- **Nivel de Servicio B:** Buenas condiciones, aunque puede haber cierta congestión menor. Los usuarios aún experimentan condiciones agradables.
- **Nivel de Servicio C:** Condiciones aceptables, pero con una mayor congestión y retrasos menores. La comodidad comienza a verse afectada.
- **Nivel de Servicio D:** Condiciones inadecuadas, con congestión notable y retrasos más frecuentes. La eficiencia del tráfico se reduce considerablemente.
- **Nivel de Servicio E:** Condiciones críticas; el tráfico está muy congestionado y los retrasos son largos. La capacidad de la vía está al máximo y los usuarios experimentan un alto grado de incomodidad.
- **Nivel de Servicio F:** Condiciones de fallos graves en el tráfico. La congestión es extrema y los retrasos son prolongados, con una calidad del servicio muy baja.

Esta clasificación permite evaluar y comparar la eficiencia y la comodidad en cada segmento de la intersección, proporcionando una visión detallada del nivel de servicio para los usuarios de la vía.

Para el estudio, se incluyó un conteo vehicular a lo largo de tres días específicos: miércoles, viernes y sábado. Estos días fueron seleccionados estratégicamente para capturar una variedad de patrones de tráfico que incluyen días laborables y fines de semana. A partir de los resultados obtenidos de estos conteos, se logró determinar tanto la cantidad como el porcentaje de cada tipo de vehículo que transitó por cada una de las vías de la intersección.

El proceso implicó un análisis de los datos recopilados, permitiendo identificar la composición vehicular que incluye automóviles, motocicletas, vehículos no motorizados, buses y camiones de carga pequeña y grande. Esta información es crucial, ya que proporciona una visión clara del comportamiento del tráfico en diferentes momentos de la semana y bajo distintas condiciones. Con estos datos, es posible realizar una evaluación precisa del flujo vehicular, lo cual es fundamental para determinar el nivel de servicio en la intersección. La composición vehicular obtenida se presenta en el ANEXO DE COMPOSICION VEHICULAR en el Anexo G y este análisis ayuda a identificar problemas específicos y a diseñar soluciones efectivas que optimicen la seguridad y la eficiencia del tránsito en esta área clave de la ciudad.

Se elaboró una tabla de resumen de la composición vehicular, enfocándose exclusivamente en los porcentajes de Automóviles (A), Buses (B) y Camiones (C). Esta simplificación permite calcular con mayor precisión el nivel de servicio y capacidad vehicular de las vías, centrándose en los tipos de vehículos que tienen mayor impacto en el flujo y la capacidad vial como se muestra en la tabla (2).

Tabla 2

Composición vehicular – Nivel de servicio.

Vehículos	Composición vehicular - nivel de servicio											
	A		B		C		D		E		F	
	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.
Automóvil (A)	11748	88%	16614	87%	6233	95%	8184	89%	5545	91%	8073	93%
Bus (B)	1064	8%	1600	8%	58	1%	591	6%	159	3%	147	2%
Camión (C)	579	4%	813	4%	290	4%	411	4%	381	6%	451	5%
TOTAL:	13391	100%	19027	100%	6581	100%	9186	100%	6085	100%	8671	100%

Con los datos obtenidos de los conteos vehiculares y teniendo en cuenta las características específicas de la vía, como su longitud de 1 km y un grado de curvatura de 60 °/km, así como las características del tráfico, que incluyen una distribución por sentido del 50/50 y un porcentaje de

zonas de no rebase del 20%, se pudo realizar un análisis para determinar el nivel de servicio en cada una de las vías de la intersección.

Además, se consideró detenidamente la composición vehicular, centrándose en los porcentajes de automóviles, buses y camiones, para calcular el volumen horario total en ambos sentidos (Q), que en este caso fue de 650 veh/h. Comparado con la capacidad en condiciones ideales (Ci) en ambos sentidos, que se estableció en 2500 veh/h, se calculó la relación volumen/capacidad. Este cálculo es esencial para evaluar la eficiencia del flujo vehicular en cada vía.

A partir de los datos y análisis realizados, se determinó el nivel de servicio en cada una de las vías, como se muestra en la tabla (3). Se identificó que las vías A, B, D, E y F presentan un nivel de servicio (F), lo que indica que la circulación está congestionada y la demanda de tráfico supera la capacidad de la vía, interrumpiendo la continuidad del flujo vehicular. Por otro lado, la vía C presenta un nivel de servicio (E), lo que sugiere que la operación está al límite de su capacidad, con una reducción notable en la velocidad de todos los vehículos, como se puede observar en el (Anexo I).

Estos resultados son cruciales para comprender el rendimiento actual de la intersección y destacar las áreas que requieren intervención para mejorar la fluidez del tráfico y garantizar la seguridad vial en esta zona clave de la ciudad.

Tabla 3

Nivel de Servicio en la Intersección de la Carrera 19 con Calle 16

VIA	NIVEL DE SERVICIO
A	F
B	F
C	E
D	F
E	F
F	F

2.8. Nivel de servicio peatonal

Para evaluar el nivel de servicio peatonal, se utilizó el Manual de Capacidad para Carreteras HCM (2010), que proporciona una tabla específica para intersecciones no semaforizadas y mal señalizadas. Este método se eligió debido a que la intersección analizada no cuenta con semáforos, lo que hace esencial considerar el retraso peatonal, es decir, el tiempo que los peatones tardan en cruzar un segmento o intersección sin control de semáforo. La tabla también incluye la probabilidad de incumplimiento, que mide el riesgo de que los peatones crucen de manera insegura debido al tiempo de espera. Los niveles de servicio, clasificados de la A a la F, reflejan distintos rangos de retraso y probabilidad de incumplimiento, ofreciendo una visión completa del nivel de servicio para los peatones en estas condiciones. Dado que los peatones son el foco principal de nuestro estudio, esta evaluación es fundamental para garantizar que crucen de manera segura y para evitar casos de siniestralidad en las intersecciones analizadas, como se muestra en la siguiente tabla (4).

Tabla 4

Nivel de servicio para peatones en intersección no semaforizada

Nivel de Servicio	Retraso Peatonal (s)	Probabilidad de Incumplimiento
A	> 5	Bajo
B	25-10	
C	> 10-20	Moderado
D	> 20-30	
E	> 30-45	Alto
F	> 45	Muy Alto

Nota: El retaso peatonal es el tiempo de demora en que incurren los peatones al cruzar un segmento o intersección no semaforizada y falta de señalización. (Adaptado del Manual de Capacidad para Carreteras HCM (2010)).

En este estudio, se analizan las principales intersecciones: **A-A'**, **B-B'**, **C-C'** y **D-D'**, midiendo el retraso peatonal durante la hora pico a las 12:00 p.m. utilizando un cronómetro y observando a 5 peatones en cada intersección para registrar el tiempo que tardan en cruzar de manera segura. Los datos se presentan en el Anexo (L) y se resumen en una tabla que muestra el promedio de retraso

peatonal para cada intersección. Los niveles de servicio obtenidos son: A para la intersección A-A', que indica un retraso peatonal muy bajo y condiciones muy seguras para los peatones. C para la intersección C-C', que muestra un retraso moderado con un riesgo de incumplimiento moderado, pero condiciones aun razonablemente seguras. y D para las intersecciones B-B' y D-D', que reflejan un retraso considerablemente alto, con un riesgo alto de incumplimiento y condiciones menos seguras, aunque no tan graves como en los niveles E y F. Aunque el nivel de servicio de las vías es deficiente en general, el nivel peatonal es bastante aceptable, aunque se requieren mejoras para asegurar una mayor seguridad y eficiencia en el cruce, como se puede observar en la tabla (5).

Tabla 5

Nivel de Servicio Peatonal

Intersección	Promedio de Retraso Peatonal (s)	Nivel de Servicio
A-A'	3	A
B-B'	24	D
C-C'	15	C
D-D'	23	D

2.9. Evaluación de la Cola Vehicular en los Cruces de la Carrera 19 con Calle 16

En la intersección de la Carrera 19 con Calles 15 y 16 en Pasto, se observó la formación de colas vehiculares en tres cruces principales: B, C y E, con acumulaciones aproximadas de 35, 15 y 25 vehículos, respectivamente. El estudio se realizó alrededor de las 12:00 p.m., durante una hora pico, lo que puede haber influido en los niveles de congestión observados. El cruce B presenta la mayor acumulación de vehículos, posiblemente debido a un mayor flujo vehicular o a la falta de una gestión adecuada del tráfico en esta zona. El cruce C, con la menor cola, sugiere un flujo más eficiente o una menor demanda, mientras que el cruce E muestra una congestión intermedia. Estos datos destacan la necesidad de instalar semáforos para mejorar la regulación del tráfico y reducir la longitud de las colas en estos cruces clave el cruce B ver figura (24). cruce C y E ver en anexo (H)

Figura 22

Cola Vehicular Cruce B

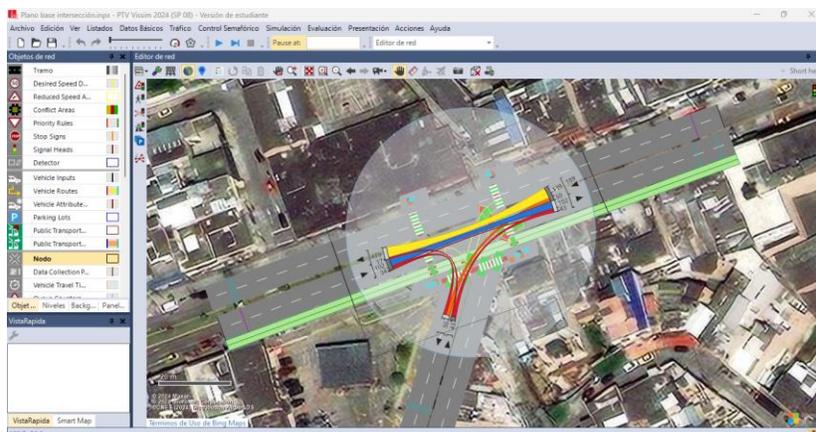


2.10. Escenario actual

En el marco de esta investigación, se llevó a cabo una simulación para evaluar el impacto de la propuesta de elementos físicos del sistema de control de tránsito en las intersecciones clave de la zona de estudio, con un enfoque particular en la seguridad y comodidad del peatón. Esta simulación se realizó utilizando el software VISSIM, que permitió analizar el comportamiento del tráfico bajo las nuevas condiciones propuestas. Los resultados obtenidos se centraron en los niveles de servicio de cada intersección, para evaluar la eficiencia y fluidez del tráfico, así como la protección de los peatones. En el Anexo (K), que corresponde a uno de los cuatro escenarios propuestos, específicamente el de semaforización como se observa en la figura (25), se creó el diagrama de la programación de los tiempos en las tres fases definidas para los semáforos incluidos en dicha simulación.

Figura 23

Interfaz del software VISSIM y área de estudio



La simulación realizada al escenario actual permitió obtener una evaluación precisa del nivel de servicio en las intersecciones clave de la zona de estudio. Los resultados revelaron que varias de las intersecciones presentan niveles críticos, lo que indica un rendimiento deficiente del sistema de control de tránsito en estas áreas.

Tabla 6

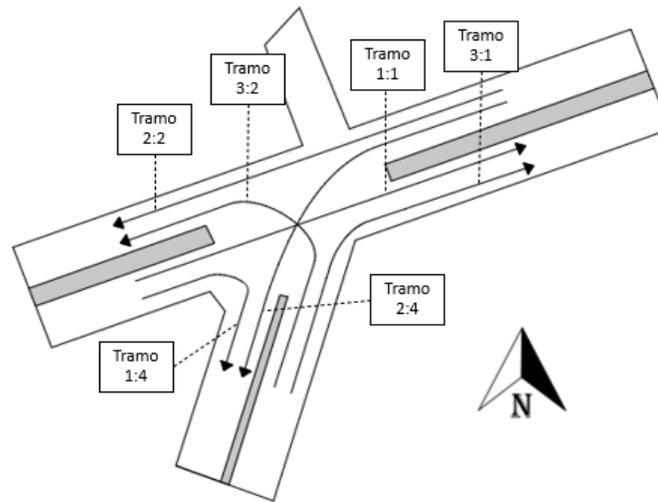
Resultados generados por el Software Vissim para el escenario actual

Movimiento (Tramos)	Longitud de cola (m)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio	Demora de parada (s)	Emisiones de CO (gramos)	Emisiones Nox (gramos)	Emisiones VOC (gramos)	Consumo de combustible (Galones líquidos estadounidenses)
1:01	15.38	42.18	C	13.93	85.3	16.6	19.77	1.22
1:04	15.38	42.18	F	46.65	50.99	9.92	11.82	0.73
2:02	23.89	44.14	D	17.84	160.63	31.25	37.23	2.3
2:04	23.89	44.14	E	18.78	69.37	13.5	16.08	0.99
3:01	61.83	95.17	F	53.33	106.97	20.81	24.79	1.53
3:02	65.08	98.73	F	79.84	59.68	11.61	13.83	0.85

En la Tabla 6 se presentan los resultados generados por el software de simulación para cada intersección. Estos datos subrayan la necesidad de reconsiderar la propuesta actual, dado que muchos niveles de servicio reflejan congestión y tiempos de espera elevados. Además, en la figura (26) se evidencian los tramos a evaluar.

Figura 24

Tramos evaluados



En las siguientes secciones, se realizará un análisis detallado de los datos presentados en la Tabla 6.

2.10.1. Nivel de servicio.

Los niveles de servicio C, D, E y F son indicadores claves de la calidad del tráfico en la intersección. Los tramos con niveles E y F muestran que la intersección sufre de congestión significativa en ausencia de un sistema de control de tráfico.

La alta demanda vehicular, está causando importantes problemas de flujo en esta intersección. Los niveles E y F indican que los vehículos experimentan retrasos graves y conflictos en las maniobras, lo que lleva a situaciones peligrosas.

2.10.2. Demora de parada.

La demora de parada refleja el tiempo que los vehículos permanecen detenidos en cada tramo, valores como 46.65 s y 79.84 s son muy altos para una intersección sin control. Esto podría deberse a la interacción conflictiva entre los vehículos que intentan cruzar o girar.

La falta de un control en la intersección está generando largos tiempos de espera, ya que los vehículos deben ceder el paso o esperar oportunidades para maniobrar. Esto no influye solo en el aumento de demoras, sino también en la inseguridad vial de la zona.

2.10.3. Longitud de cola.

Tramos como el 3:1 y 3:2 presentan longitudes de cola de 61.83 m y 65.08 m. estas colas son indicativas de acumulaciones vehiculares en los accesos a la intersección, lo que genera congestión en la zona.

Las largas colas sugieren que los vehículos no pueden atravesar la intersección de manera eficiente, debido a la falta de control o una señalización adecuada.

2.10.4. Emisiones (CO, NOx, VOC)

Estas emisiones son particularmente altas en el tramo 2:2. Estos altos niveles están asociados a la congestión severa y los largos tiempos de espera, lo que implica un mayor consumo de combustible y una mayor producción de contaminantes.

La ausencia del control vehicular está provocando que los vehículos pasen más tiempo detenidos o funcionando a baja velocidad, lo que influye en el aumento de las emisiones.

2.10.5. Consumo de combustible

El consumo de combustible es alto en los tramos 2:2 (2.30 galones) y 3:1 (1.553 galones). Estos valores reflejan una ineficiencia en el uso de combustible, debido a la constante desaceleración, detención y aceleración de los vehículos.

Sin un control de tráfico adecuado, los vehículos están gastando más combustible al enfrentarse a largos tiempos de espera y a maniobras ineficientes.

2.11. Propuesta de escenarios

2.11.1. Escenario 1: Incluir pompeyano

El escenario 1 Consiste en la implementación de reductores de velocidad, denominados "pompeyanos", con el objetivo de mejorar la seguridad del cruce peatonal, en la intersección de la Cra. 19 con Calles 15 y 16. Esta propuesta busca garantizar un margen de tiempo adecuado para que los peatones crucen la vía, sin interrumpir significativamente el flujo vehicular. Aunque los resultados de esta simulación revelaron que las mejoras en los niveles de servicio se mantuvieron entre C y F, lo que indica un desempeño deficiente en la regulación del tráfico, sí se observó una leve mejora en la movilidad de los peatones al cruzar de una calle a otra.

La idea detrás de los pompeyanos era reducir ligeramente la velocidad de los vehículos motorizados, proporcionando a los peatones un tiempo adicional para cruzar. No obstante, esta intervención resultó en un aumento de la longitud de cola en la intersección, lo que a su vez incrementó las emisiones de gases contaminantes como CO, Nox y VOC. El consumo de combustible también se vio afectado, ya que los vehículos enfrentaron un mayor tiempo de espera y ralentí, lo que contradice la finalidad de mejorar la seguridad peatonal sin perjudicar la fluidez del tráfico. Ver figura (28 - a)

2.11.2. Escenario 2: Restricción de giro a izquierda

El escenario 2 consiste en restringir un giro a izquierda actualmente permitido desde una vía con altos volúmenes vehiculares a otra con menor flujo vehicular. Más exactamente este escenario anula el giro a izquierda desde la vía ubicada frente al almacén mangueras y correas hasta la vía de la gasolinera de Texaco. Esta opción permite reducir pausas en la movilidad de la intersección al desviar a un único sentido la vía más crítica en términos de flujos vehiculares y anular la posibilidad de encontrarse con los demás vehículos que transitan en las vías de la intersección.

Se hace un análisis de los resultados obtenidos del escenario teniendo en cuenta el escenario actual. Las longitudes de cola estándar y máxima se reducen en unos tramos, pero aumentan en otros por lo que se compensan y no hay cambio como tal. En cuanto a los niveles de servicio mejoran aproximadamente la mitad de los tramos de la intersección mientras que los restantes se mantienen igual, en niveles de servicio críticos. Las demoras de parada redujeron considerablemente en casi todos los tramos, siendo uno solo el que aumenta en dicho parámetro,

pero en un valor mínimo. Las emisiones de CO reducen en algunos tramos, pero aumentan en otros y por ende no hay cambio, para las de Nox sucede exactamente lo mismo a las de CO pero las cifras son más perjudiciales en los valores de aumento y las mejoras son más leves, mientras que para las de VOC sucede el mismo caso que las de CO. Por último, en el consumo de combustible sucede el caso de compensación descrito en algunos parámetros anteriores, es decir reducción en unos valores, pero aumento en otros por lo que no hay cambio. En términos generales los parámetros de niveles de servicio y demoras de parada cambian positivamente con respecto al panorama actual pero los parámetros restantes no generan beneficios, pero tampoco pérdidas, es decir no hay cambios mayores. Ver figura (28 - b)

2.11.3. *Escenario 3: Implementación de Separador y Cambio de Sentido*

El escenario 3 propone la instalación de un separador en la intersección, combinado con el cambio de sentido de una vía en un tramo más arriba. El objetivo principal es mejorar la circulación vehicular y aumentar la seguridad de los peatones. El separador tiene como función principal evitar que los vehículos realicen giros peligrosos en la intersección, lo que permite una mayor fluidez en el tráfico y reduce el riesgo de accidentes. Adicionalmente, el cambio de sentido en una vía más arriba específicamente en la calle (14) ayudaría a redistribuir el flujo vehicular de manera más eficiente, permitiendo que los vehículos tomen rutas más seguras y ordenadas. Ver figura (28 - c)

Según los resultados obtenidos en la simulación, este escenario logró niveles de servicio clasificados como A y C en la mayoría de los tramos evaluados. Un nivel de servicio A representa las mejores condiciones posibles de tráfico, con un flujo vehicular libre, sin congestión, y tiempos de espera mínimos. En este caso, los vehículos experimentan muy pocas demoras, lo que refleja un tránsito fluido y bien distribuido. Por otro lado, un nivel de servicio C indica una operación estable, aunque con algunas demoras moderadas y una mayor densidad de vehículos en comparación con el nivel A. Sin embargo, sigue siendo un nivel aceptable y eficiente para la gestión del tráfico en intersecciones urbanas. La mejora en los niveles de servicio demuestra que este escenario no solo optimiza la circulación vehicular, sino que también contribuye a la reducción de tiempos de espera y a una menor formación de colas.

2.11.4. Escenario 4: SemafORIZACIÓN

El escenario 4, consiste en la propuesta de implementación de un sistema de semafORIZACIÓN en la intersección de la Cra. 19 con Calles 15 y 16. Este sistema de control vehicular tiene como objetivo mejorar la seguridad de los peatones, quienes se ven expuestos a riesgos considerables al cruzar la vía. Con la semafORIZACIÓN, se busca el orden del tráfico y otorgar los tiempos de cruce seguros para peatones, garantizando mayor protección en las intersecciones.

El escenario propuesto cumple satisfactoriamente con el objetivo de mejorar la seguridad peatonal, pues reduce los riesgos en cruces al proporcionar una mayor regulación del flujo de vehículos. Sin embargo, este cambio tiene efectos adversos en aspectos relacionados con el tráfico vehicular. La longitud de cola aumenta considerablemente en todos los tramos analizados, lo que indica una mayor congestión vehicular debido a los tiempos de espera en las intersecciones controladas por semáforos. Además, el nivel de servicio empeora, descendiendo de niveles aceptables en el escenario base a niveles críticos como el F en varios de los tramos. Del mismo modo, los tiempos de demora para los vehículos se incrementan notablemente, reflejando que los vehículos pasan mucho más tiempo detenido, haciendo que afecte negativamente la fluidez del tráfico.

La implementación de semáforos genera también un impacto ambiental desfavorable. Se evidencia un aumento en las emisiones de gases contaminantes como el CO, NOx y VOC, además de un mayor consumo de combustible. Efectos que se deben a los tiempos prolongados de ralentí y a los constantes arranques y paradas que se producen con el sistema semaforico, lo que afectaría la calidad del aire en la zona. Ver figura (28 - d)

2.12. Comparación de escenarios

En esta sección, se realizará una comparativa entre el escenario actual y la propuesta de implementación de un separador y cambio de sentido en la intersección. Este análisis tiene como objetivo evaluar la efectividad de la propuesta en comparación con la situación existente y con otras alternativas consideradas. Utilizando los datos generados por VISSIM, disponibles en EL Anexo (M), se podrá observar un panorama más claro sobre las dinámicas de tránsito en la intersección. La propuesta de implementar un separador y cambiar el sentido de la vía presenta ventajas significativas en términos de niveles de servicio, demoras de parada y emisiones contaminantes. En contraste, el escenario actual y otras alternativas, como la restricción de giros o

la semaforización, muestran desafíos notables. Mientras que el escenario base exhibe niveles de congestión que impactan negativamente la fluidez del tránsito, la implementación del separador busca mitigar estos problemas, permitiendo un flujo vehicular más ordenado y eficiente.

Además, al mejorar la circulación de los vehículos, se establece un entorno más seguro para los peatones. La eliminación de cruces peligrosos y la reducción de conflictos entre vehículos y peatones son aspectos cruciales que contribuyen a una mayor seguridad en la intersección. Aunque otras propuestas también intentan abordar los inconvenientes de la intersección, sus resultados no han sido tan favorables en términos de reducción de demoras y emisiones. Los resultados del análisis indican que la implementación del separador y el cambio de sentido se destacan como la opción más viable y efectiva para mejorar la gestión del tránsito en la intersección estudiada. Esta propuesta no solo optimiza el flujo vehicular, sino que también promueve un entorno más seguro y sustentable para todos los usuarios de la vía, garantizando que tanto los vehículos como los peatones puedan transitar con mayor tranquilidad y seguridad.

2.13. Productos generados

Se ha realizado un diagnóstico inicial y análisis de la señalización vial existente en la intersección. Este diagnóstico incluye la identificación de deficiencias en la señalización, falta de visibilidad y mantenimiento inadecuado. Además, se han evaluado las demarcaciones de carriles exclusivos y las señales preventivas presentes en el área. Como resultado de este análisis, se ha obtenido una visión clara de las necesidades de mejora en cuanto a la señalización vial en la intersección estudiada.

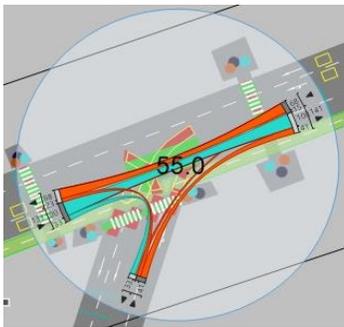
Como parte de este proceso, se utilizó el software AutoCAD para realizar un modelado en planta detallado de la intersección (Ver figura 6), incluyendo su respectiva señalización actual y las alteraciones en la infraestructura. Este modelado proporcionó una representación precisa de la distribución de los elementos viales.

Además, se utilizaron vistas transversales generadas mediante la aplicación Streetmix para complementar el diagnóstico inicial. Estas vistas proporcionaron una representación visual detallada de la intersección, mostrando la disposición de los carriles, las aceras, las franjas de separación, la ciclovía y otros elementos relevantes para el análisis de la señalización vial.

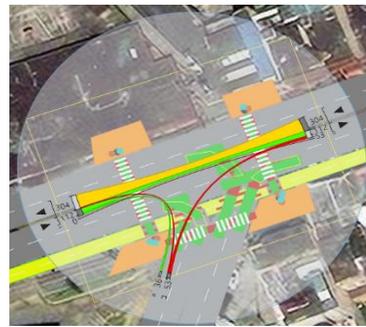
Las vistas transversales generadas con Streetmix y el modelado en planta realizado en AutoCAD ofrecen herramientas adicionales para comprender la configuración física de la intersección y su relación con la señalización vial. Estas representaciones pueden ser utilizadas como referencia visual durante la planificación y diseño de las intervenciones propuestas en Vissim ver figura (27) dando como resultado visual mapas de calor que informan el nivel de servicio que prestarían con los escenarios, además se realizó renders en Revit para dar mejor entendimiento de las ubicaciones de los escenarios ver figura (28) y Anexo (N), todo esto con el fin de contribuir en la reducción de la tasa de siniestralidad y así garantizar una circulación segura para los estudiantes y demás usuarios de la vía en la zona universitaria.

Figura 25

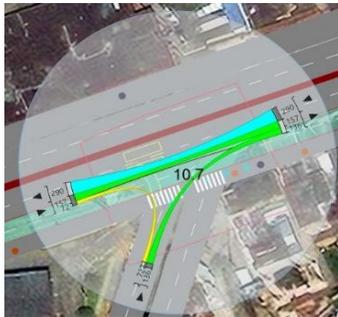
Mapas de calor de escenarios propuestos



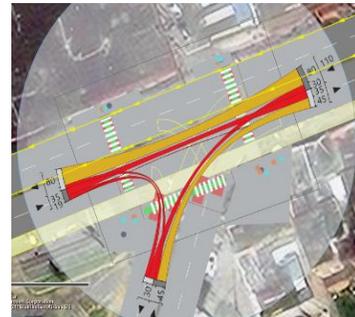
(a)



(b)



(c)



(d)

Nota: Mapas de calor en la intersección con los escenarios propuestos. (a): Mapa de calor del escenario de pompeyano. Autoría propia. (b): Mapa de calor del escenario de restricción de giro a izquierda. Autoría propia. (c): Mapa de calor del escenario de Implementación de Separador y Cambio de Sentido. Autoría propia. (d): Mapa de calor del escenario de semaforización. Autoría propia.

Figura 26

Renders de escenarios propuestos



(a)



(b)



(c)



(d)

Nota: Renders de los escenarios propuestos. (a): Escenario de pompeyano. Autoría propia. (b): Escenario de restricción de giro a izquierda. Autoría propia. (c): Escenario de propuesta de giro en “U” actualmente prohibido. Autoría propia. (d): Escenario de semaforización. Autoría propia.

3. Conclusiones

La intersección objeto de estudio evidencia la necesidad urgente de mejoras en su señalización, especialmente en lo que concierne a la pintura de las vías y la incorporación de señalización adicional, como pictogramas y advertencias claras para los usuarios. El análisis del periodo de estudio revela un aumento preocupante en el número de víctimas, con un predominio notable de motociclistas y peatones, siendo el incremento desde 11 hasta 28 víctimas como motociclista y desde 16 hasta 24 víctimas como peatones. Esta situación subraya la importancia de implementar medidas que refuercen la seguridad vial en la intersección, garantizando así la protección de los usuarios más vulnerables.

La encuesta refleja una clara insatisfacción por parte de los peatones con la infraestructura peatonal en este sector. La mayoría de los encuestados equivalentes a un 45% manifiesta preocupación por la falta de señalización adecuada, lo que pone en riesgo la seguridad y comodidad de los peatones. Estas percepciones subrayan la necesidad urgente de mejoras en la infraestructura para atender las necesidades y garantizar la seguridad de todos los usuarios, especialmente de aquellos más vulnerables.

Aunque la implementación de semáforos en esta intersección contribuye a una mejora notable en la seguridad peatonal, el análisis comparativo muestra que la medida afecta negativamente el tráfico vehicular. El aumento en la longitud de las colas, la demora de parada y las emisiones contaminantes, sumado a la reducción del nivel de servicio, indican que la semaforización no optimiza el flujo vehicular. Estos resultados indican que, aunque la semaforización es una solución válida para proteger a los peatones, se deben evaluar otras alternativas que mejoren tanto la seguridad como la eficiencia del tráfico, antes de considerar la semaforización como la opción definitiva.

Con la propuesta de implementar un reductor de velocidad (pompeyano), se observó que este escenario logró ofrecer una leve mejora en la movilidad peatonal, permitiendo un tiempo adicional para que los peatones crucen la vía. Sin embargo, los resultados revelaron que los niveles de servicio se mantuvieron en rangos críticos de C y F, evidenciando un desempeño deficiente en la regulación del tránsito. Además, el aumento en la longitud de cola y las emisiones de gases contaminantes, así como el incremento en el consumo de combustible, indican que esta estrategia no logra equilibrar la seguridad peatonal con la eficiencia del flujo vehicular. Por lo tanto, es

necesario considerar alternativas más efectivas que garanticen tanto la protección de los peatones como la sostenibilidad del tráfico en la intersección.

El escenario de restricción del giro a la izquierda muestra que, aunque se logran mejoras en los niveles de servicio y una reducción en las demoras de parada en la mayoría de los tramos, los beneficios en otros parámetros son limitados. Las reducciones y aumentos en las longitudes de cola, emisiones de contaminantes y consumo de combustible se compensan mutuamente, resultando en un impacto neutro en esos aspectos. En general, la medida mejora la fluidez del tráfico sin generar cambios significativos en los otros indicadores ambientales y operacionales. La viabilidad de esta alternativa depende de las necesidades que se busquen atender prioritariamente.

El escenario de Implementación de Separador y Cambio de Sentido ha demostrado ser el mejor entre todos los evaluados, esta mejora tanto la circulación vehicular como la seguridad peatonal en la intersección evaluada. Los resultados obtenidos reflejan una significativa reducción en los giros peligrosos, una mayor fluidez en el tránsito y una redistribución eficiente del flujo vehicular, gracias al cambio de sentido de la vía en un tramo más arriba. Además, los niveles de servicio obtenidos, A y C, indican que las condiciones del tráfico son estables y operativas, con demoras mínimas y un tránsito ordenado. En general, este escenario es el que mejor logra equilibrar el flujo vehicular con la seguridad vial, cumpliendo con los objetivos propuestos para la mejora de la intersección. No obstante, la ampliación del separador vial podría provocar un aumento en las velocidades vehiculares, representando un desafío para la seguridad vial.

Es factible combinar elementos de los escenarios evaluados para maximizar los beneficios en la intersección analizada. Una propuesta integradora podría incluir la ampliación del separador vial junto con la instalación de pompeyanos en ubicaciones estratégicas. Esta combinación permitiría no solo mejorar el flujo vehicular y la seguridad peatonal, sino también controlar las velocidades excesivas que podrían surgir con la ampliación del separador.

4. Recomendaciones

Es esencial realizar un levantamiento topográfico detallado de la intersección para garantizar la precisión en estudios futuros. En este trabajo, algunos datos clave, como el grado de curvatura ($^{\circ}/\text{km}$), fueron supuestos basándose en cálculos previos, lo que puede haber afectado la exactitud de los resultados. Esto permitirá que todos los parámetros utilizados reflejen fielmente las condiciones reales de la vía, asegurando así que los análisis del nivel de servicio y la capacidad de las vías sean más confiables.

Es fundamental que futuros estudios realicen una recolección de datos más exhaustiva y representativa de las condiciones de tráfico, incluyendo análisis de variaciones horarias y días de la semana, para mejorar la precisión de las simulaciones. Además, se recomienda extender el tiempo de las simulaciones para incluir proyecciones de crecimiento de tráfico a mediano y largo plazo, lo que permitirá evaluar la sostenibilidad de las propuestas a lo largo del tiempo.

Con base en los resultados obtenidos en el escenario de Implementación de Separador y Cambio de Sentido, se recomienda ampliar el análisis a otras intersecciones de la avenida, incluyendo las vías aledañas y aquellas afectadas por el cambio de sentido propuesto. Esto permitiría evaluar si existen rutas adicionales que puedan beneficiarse de modificaciones similares para mejorar la fluidez del tráfico. Además, es crucial priorizar la seguridad peatonal en futuras intervenciones, asegurando que los cambios en la circulación vehicular contribuyan también a la protección de los peatones al reducir riesgos en los cruces y mejorar la movilidad de todos los usuarios de la vía.

Se sugiere realizar un análisis más exhaustivo de la intersección en estudio, incluyendo una evaluación del diseño y la funcionalidad de la ciclovía existente. Dado que presenta deficiencias en su diseño, como variaciones de pendientes y una falta de continuidad, es crucial considerar las necesidades de los ciclistas en la planificación de mejoras en la intersección. Además, se recomienda que el estudio incluya a todos los usuarios de la vía.

Referencias bibliográficas

- Alarcon , J., Saladich, I., Cuellar, L., Rios, A., Arce, C., & Cosp, X. (2018). Mortalidad por accidentes de tráfico en Colombia. Estudio comparativo con otros países. *Scielo*, 4-6.
- Alcaldía de Pasto. (20 de Octubre de 2023). *Para prevenir siniestros viales y mejorar la movilidad, alcaldía de Pasto avanza con señalización y demarcación de vías*. Obtenido de <https://www.pasto.gov.co/noticias-transito/15843-para-prevenir-siniestros-viales-y-mejorar-la-movilidad-alcaldia-de-pasto-avanza-con-senalizacion-y-demarcacion-de-vias>
- Concejo municipal de Pasto. (Julio de 2021). *Consejo Municipal de Pasto*. Obtenido de <https://concejodepaso.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/PROYECTO-DE-ACUERDO-CARRIL-PARA-MOTOS.pdf>
- Educacion Bogota. (2015). *educacionbogota.edu.co*. Obtenido de [educacionbogota.edu.co: https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/inline-files/Anexo%2011%20protocolo_atencion_siniestros_viales_Establecimientos_edu.pdf](https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/inline-files/Anexo%2011%20protocolo_atencion_siniestros_viales_Establecimientos_edu.pdf)
- Eom, M., & In Kim, B. (2020). The traffic signal control problem for intersections: a review. *European Transport Research Review*.
- García, G. C. (2020). *EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SEMAFOROS INTELIGENTES EN LOS CRUCEROS DE BOULEVARD LUIS DONALDO COLOSIO*.
- Ghena, B., Beyer, W., Hillaker, A., Pevarnek, J., & Halderman, A. (2014). Green Lights Forever: Analyzing the Security of Traffic Infrastructure. *Usenix*.
- Gómez, F. P., & Pabón, A. G. (2018). *SEÑALIZACIÓN VIAL PARA PEATONES*. Bogotá: UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA.

Gomez, J. (8 de Octubre de 2022). *Diario del Sur*. Obtenido de <https://www.diariodelsur.com.co/movilidad-en-pasto-es-un-caos/>

INVIAS. (2008). *INVIAS INSTITUTO NACIONAL DE VIAS*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/proyectos-de-norma/11313-manual-de-diseno-geometrico-de-carreteras-2008>

Invias. (2015). *Manual de Señalización Vial 2015*. Instituto Nacional de Vias.

Invias. (1 de Septiembre de 2016). *Invias.gov*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-uncategorised/2706-clasificacion-de-las-carreteras>

Jolonch Palau, J. (2013). Análisis del transporte masivo y la movilidad en Bogotá. *Universidad & Empresa*, 15-23.

Laskaris, G., Cats, O., Genelious, E., Rinaldi, M., & Viti, F. (2021). A holding control strategy for diverging bus lines. *Science Direct*, 126.

Manzo Cruz, F., & Arzate Hernandez, L. (2019). *Sistema de Semáforos Inteligentes para el Control de Tráfico Vehicular*. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México.

Martinez, Y. Y., & Calvache, J. C. (2015). *Zonificación de accidentalidad en las comunas uno y nueve de San Juan de Pasto mediante estructuración de bases de datos y geoprocetamiento espacial periodo 2010-2013*. San Juan de Pasto: SIREDA.

Mejia, A. N. (2021). *Análisis para la mejora de la seguridad vial urbana en Honduras*. ETSEIB.

Nations, U. (2006). *CONVENTION ON THE RIGHTS OF PERSONS*. United Nations.

Olivieri, A. (2003). *Valutazione di emissioni e consumi in corrispondenza di intersezione a rotatoria. Confronto con il caso dell'impianto semaforico*. Politecnico di Milano.

Organizacion mundial de la salud. (13 de Diciembre de 2023). *Organizacion mundial de la salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

Road Traffic Safety. (2012). *Sistema de la gestion de la seguridad vial requisitos y recomendaciones de las buenas practicas*. Road Traffic Safety.

Rodríguez, J. M., Camelo, F. A., & Chaparro, P. E. (2017). Seguridad vial en Colombia en la década de la seguridad vial: resultados parciales 2010-2015. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 280-289. Obtenido de <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n2-2017001>

Sammoud, B. (2015). *Contribution à la modélisation et à la commande des feux de signalisation par réseaux de Petri hybrides*. Hal theses.

Secretaría de planeación - Alcaldía Mayor de Bogota D.C. (2023). *POLÍTICA PÚBLICA DEL PEATÓN DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES ESTRATÉGICOS*.

SNIES. (1 de Julio de 2021). *SNIES*. Obtenido de [mineduacion: https://snies.mineduacion.gov.co/1778/w3-article-401926.html?_noredirect=1](https://snies.mineduacion.gov.co/1778/w3-article-401926.html?_noredirect=1)

Subsecretaría de Tránsito y Transporte Departamental-Gobernacion de Nariño. (2019). *PLAN DEPARTAMENTAL DE SEGURIDAD VIAL DE NARIÑO 2019-2024*. Nariño: Oficina de comunicaciones-Gobernacion de nARIÑO.

Talabera, L., Abril, K., & Mora, N. (2021). *Informe de juventud y siniestralidad vial*. Bogota: Fondo de población de las naciones unidas.

Vergara, L. (2020). *ACTUALIZACIÓN DE SEMAFORIZACIÓN EN SANTA MARTA MAGDALENA*. Santa Marta: UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA.

vial, A. n. (2022). *Manual De Señalización Vial de Colombia*. .

Wessam Abouarghoub, J. P. (2021). *GIRO ZERO: impulsando el transporte automotor de carga por carretera en Colombia hacia cero emisiones*. Universidad de los Andes.

Yepes, D. S., & Gomez, P. E. (2014). *Estudio de seguridad vial en intersecciones críticas y sus tramos incidentes en la calle 12 entre carrera 1 hasta carrera 23 de la ciudad de San Juan de Pasto*. San Juan de Pasto: SIREDA.

Anexos

En esta sección se presentan los anexos que complementan la investigación realizada. Los anexos incluyen gráficos y tablas adicionales que aportan información relevante, pero que, por su extensión, no se incluyeron en el cuerpo principal de la tesis.

Anexo A

Comparación de Señalización Vial en la Zona de Estudio con los Requisitos del Manual

Elemento	Componente	Medida tomada	Requisito del manual	Cumplimiento
Carril exclusivo Solo bus	Color de la demarcación	Blanco	Blanco	Sí cumple
	Leyenda "SOLO BUS"	Ancho de leyenda 150 cm por palabra, separadas entre sí por 120 cm aproximadamente	Mínimo de ancho de leyenda 240 cm por palabra, separadas entre sí por 400 cm	No cumple
		Al inicio del carril y después de cada intersección	Al inicio del carril y después de cada intersección	Sí cumple
	Flechas de advertencia	A 15 y 30 m antes del inicio del carril exclusivo	A 15 y 30 m antes del inicio del carril exclusivo	Sí cumple
	Visibilidad de la pintura	Estado regular, despintado.	En buen estado	No cumple
	Forma de la línea transversal	Continua o segmentada	Continua o segmentada	Sí cumple
Cruce Cebra	Color de la línea transversal	Blanco	Blanco	Sí cumple
	Ubicación de cruces peatonales	Mínimo 30 m de la intersección	Mínimo 30 m de la intersección	Sí cumple
	Ancho del cruce peatonal	4 m Aproximadamente	Mínimo 2 m, aumenta 0.5 m por cada 250 peatones/hora > 500 peatones/hora	Sí cumple
	Dimensiones de la demarcación	Líneas paralelas de 40 cm de ancho, separadas 40 cm	Líneas paralelas de 40-50 cm de ancho, separadas 40-100 cm	Sí cumple
	Visibilidad de la pintura	Estado regular, despintado	En buen estado	No cumple
Cruce escolar	Forma de la línea transversal	Continua	Continua o segmentada	Sí cumple
	Color de la línea transversal	Blanco	Blanco	Sí cumple

	Ancho del cruce escolar	Mínimo 2 m, separación entre líneas 2-4 m	Mínimo 2 m, separación entre líneas 2-4 m aumenta 0.5 m por cada 250 peatones/hora > 500 peatones/hora	Sí cumple
	Demarcación de pictograma y leyenda	No existe un pictograma en los carriles "ZONA ESCOLAR"	Pictograma en el centro de cada carril a 100-150 m, leyenda "ZONA ESCOLAR" a 30 m aprox.	No cumple
	Señalización vertical	Señales preventivas SP-47A y SP-47B	Señales preventivas SP-47A y SP-47B	Sí cumple
	Restricciones horarias	No existe panel de horario en señal SP-47 ni baliza.	Panel de horario en señal SP-47 o señal SR-30 con baliza activada/desactivada por personal escolar	No cumple
Flechas de señalización	Forma	Más alargadas en el sentido longitudinal que las señales verticales	Flechas y leyendas deben ser más alargadas longitudinalmente	Sí cumple
	Color	Blanco	Demarcación de flechas y leyendas es blanca	Sí cumple
	Ubicación	En el centro de cada carril	Deben demarcarse en el centro de cada carril, excepto "ZONA ESCOLAR"	Sí cumple
	Flechas	4.75 m de largo por 1.10 de ancho	5 m de largo por 0.75 m de ancho. Configuraciones y dimensiones según velocidad máxima permitida	No cumple
	Visibilidad de la pintura	Estado regular, despintado.	En buen estado	No cumple

Anexo B

Demarcación ciclovía, señales de tránsito preventivas



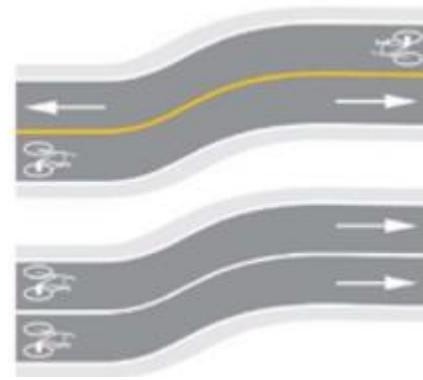
(a)



(b)



(c)



(d)

Nota: Comparativa de demarcación de la ciclovía. A: Estado de la señalización vertical. Fuente: esta investigación. B: Señalización vertical tomado del Manual de Señalización (MINTRANSPORTE, 2015). C: Estado de la señalización horizontal. Fuente: esta investigación. D: Señalización horizontal tomada del Manual de Señalización (MINTRANSPORTE, 2015)

Anexo C

Flechas de señalización y la señalización para cruces de cebra



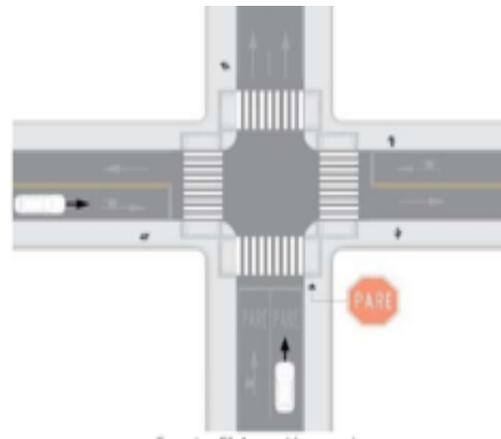
(a)



(b)



(c)



(d)

Nota: Comparación de señalización para flechas y cruces de cebras. A: Fotografía del estado actual de las flechas. Fuente: esta investigación. B: Flechas de señalización tomada del Manual de Señalización (MINTRANSPORTE, 2015). C: Fotografía del estado actual del cruce de cebra. Fuente: esta investigación. D: Ilustración del cruce de cebra tomada del Manual de Señalización (MINTRANSPORTE, 2015).

Anexo D

Señal de tránsito que prohíbe girar en U



(a)

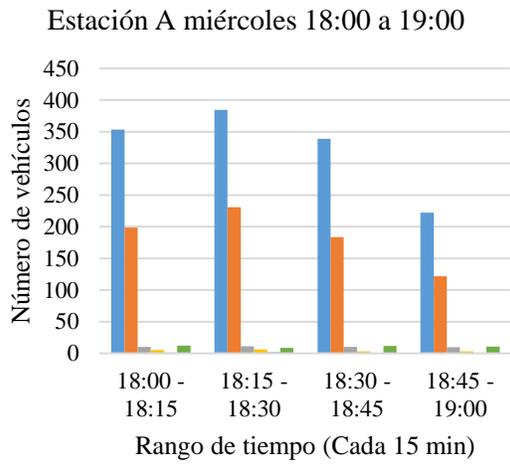


(b)

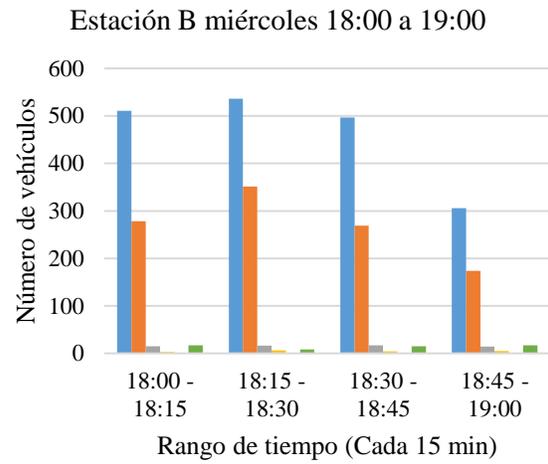
Nota: Comparación del estado actual de la señal de tránsito prohibido girar en u, (a): Fotografía estado actual de la señalización. Autoría propia, (b): ilustración de señal de tránsito prohibido girar en el manual tomado de (vial, 2022).

Anexo E

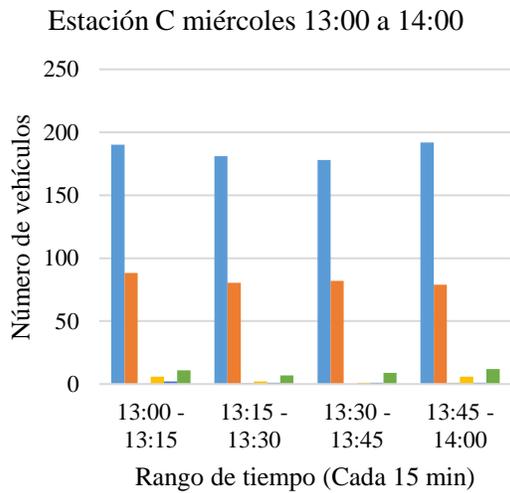
Graficas (a, b, c, d, e, f) Conteos vehiculares día miércoles, en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16 de la zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto, Nariño



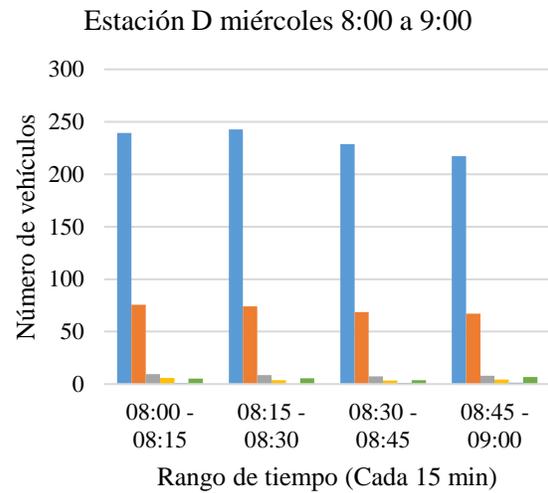
(a)



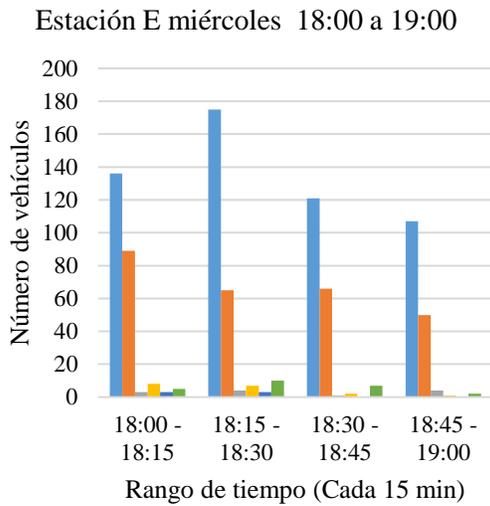
(b)



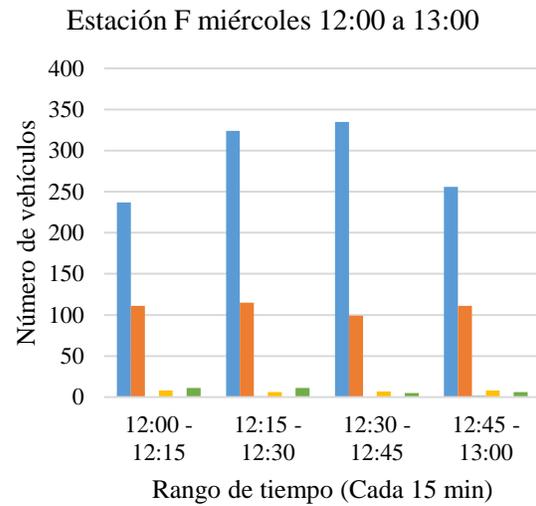
(c)



(d)



(e)

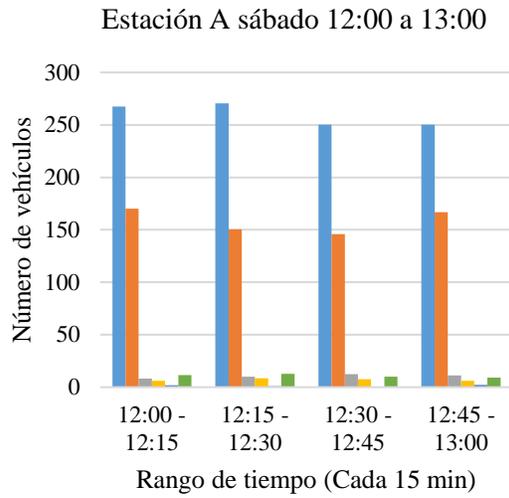


(f)

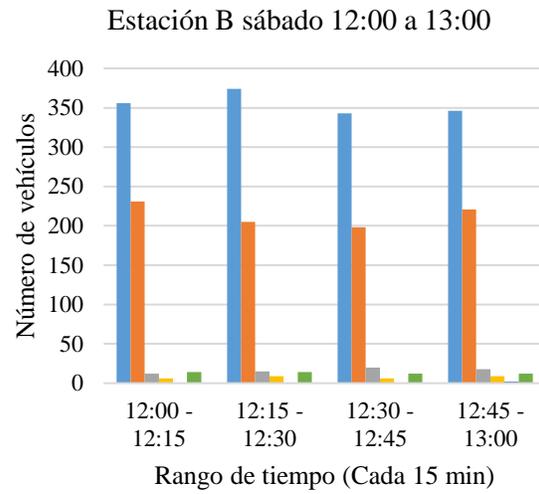
Nota: Estaciones conteos vehiculares a: estación (A) miércoles 18:00 a 19:00, b: estación (B) miércoles 18:00 a 19:00, c: estación (C) miércoles 13:00 a 14:00, d: estación (D) miércoles 8:00 a 9:00, e: estación (E) miércoles 18:00 a 19:00, f: estación (F) miércoles 12:00 a 13:00.

Anexo F

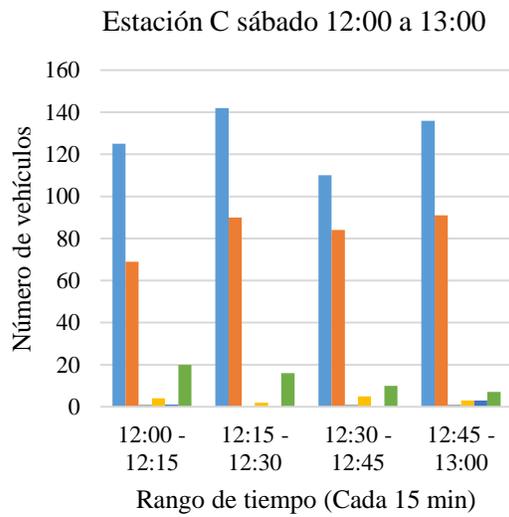
Graficas (a, b, c, d, e, f) Conteos vehiculares día sábado, en la intersección de la Carrera 19 con calles 15 y 16 de la zona de la avenida las Américas en la ciudad de Pasto, Nariño.



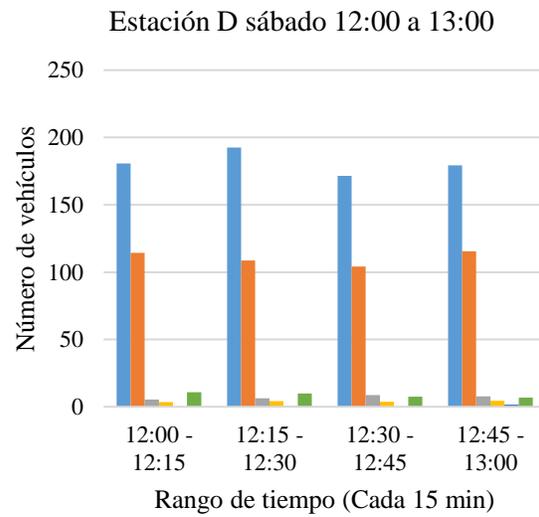
(a)



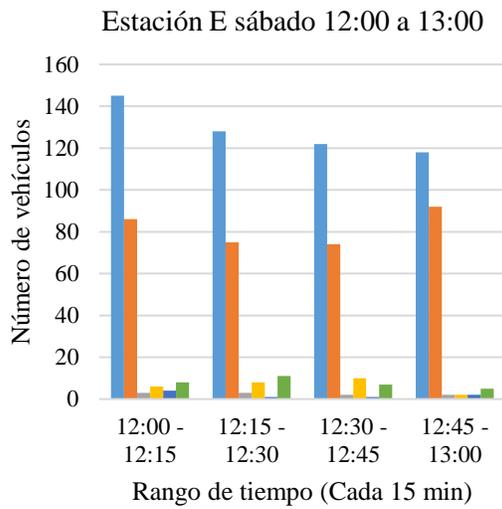
(b)



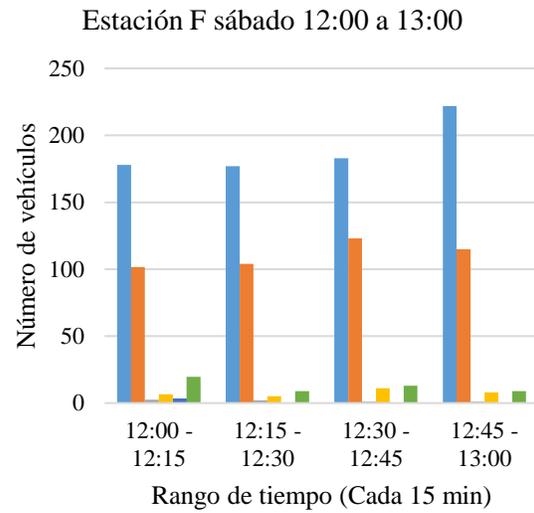
(c)



(d)



(e)



(f)

Nota: Estaciones conteos vehiculares a: estación (A) sábado 12:00 a 13:00, b: estación (B) sábado 12:00 a 13:00, c: estación (C) sábado 12:00 a 13:00, d: estación (D) sábado 12:00 a 13:00, e: estación (E) sábado 12:00 a 13:00, f: estación (F) sábado 12:00 a 13:00.

Anexo G

Composición vehicular

Composición vehicular de las vías (A,B,C).

Vehículos	Composición vehicular					
	A		B		C	
	N° veh.	%veh.	N° veh.	%veh.	N° veh.	%veh.
Motocicletas	25227	64.13%	35243	63.76%	13037	64.76%
Automóvil	11748	29.87%	16614	30.06%	6233	30.96%
Bus	1064	2.70%	1600	2.89%	58	0.29%
Camión de carga pequeño	487	1.24%	719	1.30%	240	1.19%

Camión de carga grande	92	0.23%	94	0.17%	50	0.25%
Vehículos no motorizados	718	1.83%	1006	1.82%	512	2.54%
TOTAL:	39336	100%	55276	100%	20130	100%

Composición vehicular de las vías (D,E,F).

Vehículos	Composición vehicular					
	D		E		F	
	Nº veh.	%veh.	Nº veh.	%veh.	Nº veh.	%veh.
Motocicletas	17235	63.84%	12571	65.69%	17991	65.64%
Automóvil	8184	30.31%	5545	28.98%	8073	29.45%
Bus	591	2.19%	159	0.83%	147	0.54%
Camión de carga pequeño	366	1.36%	315	1.65%	364	1.33%
Camión de carga grande	45	0.17%	66	0.34%	87	0.32%
Vehículos no motorizados	577	2.14%	481	2.51%	746	2.72%
TOTAL:	26998	100%	19137	100%	27408	100%

Anexo H

Cola Vehicular Cruces (B, C, E)



(B)



(C)



(E)

Nota: El estudio realizado alrededor de las 12:00 p.m. durante la hora pico muestra la acumulación de vehículos en los cruces B, C y E. La observación de colas en estos cruces destaca la necesidad de mejorar la regulación del tráfico para reducir la congestión.

Anexo I

Calculo Nivel de Servicio

So = pendiente, So = X

Yx = Fpe

A) So= 0,04%, **B)** So = 0,17%, **C)** So = 0,06%, **D)** So = 0,05%, **E)** So = 0,04%, **F)** So = 0,10%.

Paso 1.

Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe), Longitud de la pendiente (km):

L= 1km

$$Interpolacion (Yx) = Yo + \frac{X - Xo}{X1 - Xo} * (Y1 - Yo)$$

Tabla 1. Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe).

Pendiente	Longitud de la pendiente (km)											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
3	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
4	0.98	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
5	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
6	0.97	0.95	0.92	0.91	0.91	0.9	0.9	0.9	0.89	0.89	0.89	0.89
7	0.96	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86
8	0.96	0.92	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
9	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.81	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
10	0.92	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
11	0.9	0.81	0.76	0.73	0.72	0.71	0.7	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68
12	0.87	0.75	0.71	0.68	0.67	0.64	0.64	0.63	0.63	0.61	0.61	0.61

A)

Xo = 0, X1 = 1, Yo = 1, Y1 = 0.99, X= 0.04

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{0,04 - 0}{1 - 0} * (0,99 - 1)$$

$$Y_x = 0,9996$$

B)

$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 0.17$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{0,17 - 0}{1 - 0} * (0,99 - 1)$$

$$Y_x = 0,9983$$

C)

$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 0.06$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{0,06 - 0}{1 - 0} * (0,99 - 1)$$

$$Y_x = 0,9994$$

D)

$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 0.05$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{0,05 - 0}{1 - 0} * (0,99 - 1)$$

$$Y_x = 0,9995$$

E)

$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 0.04$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{0,04 - 0}{1 - 0} * (0,99 - 1)$$

$$Y_x = 0,9996$$

F)

$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 0.10$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{0,10 - 0}{1 - 0} * (0,99 - 1)$$

$$Y_x = 0,999$$

Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe)					
A	B	C	D	E	F
0,9996	0,9983	0,9994	0,9995	0,9996	0,9990

Paso 2.

Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd).

Distribución por sentidos (% en ascenso): 50/50

% de zonas de no rebase: 20%

Tabla 2. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (F_d)^{*}.

Distribución por sentidos (% en ascenso)	% de zonas de no rebase					
	0	20	40	60	80	100
50	1	1	1	1	1	1
60	0.9	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83
70	0.82	0.8	0.78	0.76	0.74	0.71
80	0.75	0.72	0.7	0.67	0.65	0.63
90	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.56
100	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.5

$F_d = 1$

Paso 3.

Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb).

Ancho de carril: 3,5 m

Ancho de berma: 0,3 m

Tabla 3. Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb)*

Ancho de carril (m)				
Berna	3.65	3.5	3.3	3
1.8	1	0.99	0.98	0.96
1.5	0.99	0.99	0.98	0.95
1.2	0.99	0.98	0.97	0.95
1	0.99	0.98	0.97	0.94
0.5	0.98	0.97	0.96	0.93
0	0.97	0.96	0.95	0.92

$$X_0 = 0.5, X_1 = 0, Y_0 = 0.97, Y_1 = 0.96, X = 0.3$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 0,97 + \frac{0,3 - 0,5}{0 - 0,5} * (0,96 - 0,97)$$

$$Y_x = 0,966$$

$$F_{cb} = 0,996$$

Paso 4.

Equivalentes a camión factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Ec), $X = \%(B+C)$

	A	B	C	D	E	F
Automovil	11748	16614	6233	8184	5545	8073
Camiones	579	813	290	411	381	451
Buses	1064	1600	58	591	159	147
Total	13391	19027	6581	9186	6085	8671

% Automovil (A)	87.7%	87.3%	94.7%	89.1%	91.1%	93.1%
% Camiones (C)	4.3%	4.3%	4.4%	4.5%	6.3%	5.2%
% Buses (B)	7.9%	8.4%	0.9%	6.4%	2.6%	1.7%
% Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%
%(B+C)	12%	13%	5%	11%	9%	7%

Tabla 4. Equivalentes camión EC.

Equivalentes camión factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Ec)							
Pendiente ascendente %	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehículos pesados (buses más camiones)					
		10	20	30	40	50	60
0	0.5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	1	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	1.5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	2	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	3	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	4	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
0	5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
1	0.5	1.53	1.56	1.5	1.48	1.47	1.47
1	1	1.64	1.62	1.54	1.51	1.5	1.5
1	1.5	1.75	1.68	1.59	1.55	1.5	1.5
1	2	1.87	1.75	1.59	1.55	1.53	1.53
1	3	1.99	1.75	1.63	1.55	1.53	1.53
1	4	1.99	1.75	1.63	1.59	1.56	1.56
1	5	2.11	1.75	1.68	1.59	1.56	1.56
2	0.5	1.64	1.56	1.59	1.51	1.5	1.5
2	1	1.75	1.68	1.59	1.55	1.53	1.53
2	1.5	1.87	1.68	1.63	1.59	1.53	1.53
2	2	2.11	1.81	1.68	1.63	1.56	1.56
2	3	2.36	1.88	1.73	1.66	1.63	1.62
2	4	2.49	1.95	1.78	1.71	1.67	1.65
2	5	2.63	2.02	1.83	1.75	1.7	1.65
3	0.5	1.64	1.62	1.63	1.59	1.56	1.56
3	1	1.87	1.75	1.68	1.63	1.6	1.56
3	1.5	2.24	1.88	1.78	1.71	1.67	1.62
3	2	2.49	2.02	1.83	1.75	1.7	1.68
3	3	2.63	2.1	1.89	1.79	1.74	1.71
3	4	2.76	2.17	1.94	1.83	1.78	1.71
3	5	2.9	2.25	1.94	1.83	1.78	1.75
4	0.5	1.75	1.68	1.68	1.63	1.63	1.59
4	1	2.24	2.02	1.83	1.75	1.7	1.68

A)

$X_0 = 10, X_1 = 20, Y_0 = 1.53, Y_1 = 1.56, X = 12$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1,53 + \frac{12 - 10}{20 - 10} * (1,56 - 1,53)$$

$$Y_x = 1,536$$

B)

$X_0 = 10, X_1 = 20, Y_0 = 1.53, Y_1 = 1.56, X = 13$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1,53 + \frac{13 - 10}{20 - 10} * (1,56 - 1,53)$$

$$Y_x = 1,539$$

C)

$X = 5$

$$Y_x = 1,53$$

D)

$X_0 = 10, X_1 = 20, Y_0 = 1.53, Y_1 = 1.56, X = 11$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1,53 + \frac{11 - 10}{20 - 10} * (1,56 - 1,53)$$

$$Y_x = 1,533$$

E)

$X = 9$

$$Y_x = 1,53$$

F)

$X = 7$

$$Y_x = 1,53$$

EC:	A	B	C	D	E	F
	1,536	1,539	1,53	1,533	1,53	1,53

Paso 5.

Calcular factor de ajuste por pendiente ascendente (Fp):

$$Fp = \frac{1}{1 + (\%CB) * (Ec - 1)}$$

A)

$$Fp = \frac{1}{1 + (12 * (1,536 - 1))} = 0,135$$

B)

$$Fp = \frac{1}{1 + (13 * (1,539 - 1))} = 0,125$$

C)

$$Fp = \frac{1}{1 + (5 * (1,53 - 1))} = 0,274$$

D)

$$Fp = \frac{1}{1 + (11 * (1,533 - 1))} = 0,146$$

E)

$$Fp = \frac{1}{1 + (9 * (1,53 - 1))} = 0,173$$

F)

$$Fp = \frac{1}{1 + (7 * (1,53 - 1))} = 0,212$$

Fp	A	B	C	D	E	F
	0,135	0,125	0,274	0,146	0,173	0,212

Paso 6.

Calculamos el C60:

Capacidad en condiciones ideales (C_i) = 2500 veh/h

$$C_{60} = C_i * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p$$

A)

$$C_{60} = 2500 * 0,9996 * 1 * 0,996 * 0,135 = 336$$

B)

$$C_{60} = 2500 * 0,9983 * 1 * 0,996 * 0,125 = 310$$

C)

$$C_{60} = 2500 * 0,9994 * 1 * 0,996 * 0,274 = 682$$

D)

$$C_{60} = 2500 * 0,9995 * 1 * 0,996 * 0,146 = 363$$

E)

$$C_{60} = 2500 * 0,9996 * 1 * 0,996 * 0,173 = 430$$

F)

$$C_{60} = 2500 * 0,9990 * 1 * 0,996 * 0,212 = 527$$

C60	A	B	C	D	E	F
	336	310	682	363	430	527

Paso 7.

Factores de pico horario basados en periodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH).

X = C60

Tabla 5. Factores de pico horario basados en periodos de cinco minutos suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH)*

Volumen horario total Veh/h (C60)	Factor de pico horario	Volumen horario total Veh/h (C60) 2	Factor de pico horario 2
100	0.68	1400	0.89
200	0.7	1600	0.9
300	0.72	1800	0.92
400	0.74	2000	0.93
600	0.78	2200	0.95
800	0.81	2400	0.95
1000	0.84	2600	0.96
1200	0.86	2800	0.97

A)

X₀ = 300, X₁ = 400, Y₀ = 0.72, Y₁ = 0.74, X = 336

Y_x = ?

$$Y_x = 0,72 + \frac{336 - 300}{400 - 300} * (0,74 - 0,72)$$

$$Y_x = 0,727$$

B)

X₀ = 300, X₁ = 400, Y₀ = 0.72, Y₁ = 0.74, X = 310

Y_x = ?

$$Y_x = 0,72 + \frac{310 - 300}{400 - 300} * (0,74 - 0,72)$$

$$Y_x = 0,722$$

C)

$$X_0 = 600, X_1 = 800, Y_0 = 0.78, Y_1 = 0.81, X = 682$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 0,78 + \frac{682 - 600}{800 - 600} * (0,81 - 0,78)$$

$$Y_x = 0,792$$

D)

$$X_0 = 300, X_1 = 400, Y_0 = 0.72, Y_1 = 0.74, X = 363$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 0,72 + \frac{363 - 300}{400 - 300} * (0,74 - 0,72)$$

$$Y_x = 0,733$$

E)

$$X_0 = 400, X_1 = 600, Y_0 = 0.74, Y_1 = 0.78, X = 430$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 0,74 + \frac{430 - 400}{600 - 400} * (0,78 - 0,74)$$

$$Y_x = 0,746$$

F)

$$X_0 = 400, X_1 = 600, Y_0 = 0.74, Y_1 = 0.78, X = 527$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 0,74 + \frac{527 - 400}{600 - 400} * (0,78 - 0,74)$$

$$Y_x = 0,765$$

FPH	A	B	C	D	E	F
	0,727	0,722	0,792	0,733	0,746	0,765

Paso 8.

Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V1).

Tabla 6. Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V1).

PEND. ASC. %	Longitud de la pendiente (km)											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1	88	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	75
4	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	68	68
5	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7	78	69	63	60	59	56	55	55	54	54	54	54
8	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10	66	52	46	42	41	40	39	38	38	37	37	37
11	61	46	39	38	35	34	33	31	31	30	30	30
12	55	39	34	30	29	27	27	26	26	25	25	25

A)

$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 90, Y_1 = 86, X = 0.04$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 90 + \frac{0,04 - 0}{1 - 0} * (86 - 90)$$

$$Y_x = 89,84$$

B)

$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 90, Y_1 = 86, X = 0.17$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 90 + \frac{0,17 - 0}{1 - 0} * (86 - 90)$$

$$Yx = 89,32$$

C)

$$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 90, Y_1 = 86, X = 0.06$$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 90 + \frac{0,06 - 0}{1 - 0} * (86 - 90)$$

$$Y_x = 89,76$$

D)

$$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 90, Y_1 = 86, X = 0.05$$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 90 + \frac{0,05 - 0}{1 - 0} * (86 - 90)$$

$$Y_x = 89,80$$

E)

$$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 90, Y_1 = 86, X = 0.04$$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 90 + \frac{0,04 - 0}{1 - 0} * (86 - 90)$$

$$Y_x = 89,84$$

F)

$$X_0 = 0, X_1 = 1, Y_0 = 90, Y_1 = 86, X = 0.10$$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 90 + \frac{0,10 - 0}{1 - 0} * (86 - 90)$$

$$Yx = 89,60$$

Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V1) Km/h					
A	B	C	D	E	F
89,84	89,32	89,76	89,80	89,84	89,60

Paso 9.

Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (fu).

volumen horario total en ambos sentidos Q = 650 veh/h

Tabla 7. Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (fu).

Relación Volumen-Capacidad Q/C60	Factor de corrección fu
0.1	0.99
0.2	0.98
0.3	0.96
0.4	0.92
0.5	0.87
0.6	0.82
0.7	0.75
0.8	0.68
0.9	0.59
1	0.5

Relacion Volumen – Capacidad Q/C60

A)

$$V.C = \frac{650}{336} = 1.93$$

$$Fu = 0.5$$

B)

$$V.C = \frac{650}{310} = 2.09$$

$$Fu = 0.5$$

C)

$$V.C = \frac{650}{682} = 0.95$$

$X_0 = 0.9, X_1 = 1, Y_0 = 0.59, Y_1 = 0.5, X = 0.95, Fu = ?$

$$Fu = 0,59 + \frac{0,95 - 0,9}{1 - 0,9} * (0,5 - 0,59)$$

$$Fu = 0,55$$

D)

$$V.C = \frac{650}{363} = 1.79$$

$$Fu = 0.5$$

E)

$$V.C = \frac{650}{430} = 1.51$$

$$Fu = 0.5$$

F)

$$V.C = \frac{650}{527} = 1.23$$

$$Fu = 0.5$$

Fu	A	B	C	D	E	F
	0,5	0,5	0,55	0,5	0,5	0,5

Paso 10.

Factores de corrección al Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb).

Tabla 8. Factores de corrección al Nivel de Servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb).

Ancho de la berma (m)	Ancho de carril (m)				
	3.65	3.5	3.3	3	2.7
1.8	1	0.97	0.93	0.85	0.73
1.5	0.98	0.95	0.91	0.83	0.71
1.2	0.96	0.93	0.89	0.81	0.7
1	0.95	0.92	0.88	0.8	0.69
0.5	0.91	0.88	0.84	0.76	0.66
0	0.88	0.85	0.81	0.73	0.63

Ancho de carril: 3,5 m

Ancho de berma: 0,3 m

$X_0 = 0.5$, $X_1 = 0$, $Y_0 = 0.88$, $Y_1 = 0.85$, $X = 0.3$

Fcb=?

$$Fu = 0,88 + \frac{0,3 - 0,5}{0 - 0,5} * (0,85 - 0,88)$$

$$Fcb = 0,87$$

Paso 11.

Velocidad de automóviles (V2):

$$V2 = V1 * Fu * Fcb$$

A)

$$V2 = 89,84 * 0,5 * 0,87$$

$$V2 = 39,08$$

B)

$$V2 = 89,32 * 0,5 * 0,87$$

$$V2 = 38,85$$

C)

$$V2 = 89,76 * 0,55 * 0,87$$

$$V2 = 42,95$$

D)

$$V2 = 89,80 * 0,5 * 0,87$$

$$V2 = 39,06$$

E)

$$V2 = 89,84 * 0,5 * 0,87$$

$$V2 = 39,08$$

F)

$$V2 = 89,60 * 0,5 * 0,87$$

$$V2 = 38,98$$

V2 (km/h)	A	B	C	D	E	F
	39,08	38,85	42,95	39,06	39,08	38,98

Paso 12.

Equivalentes camión para corrección al Nivel de servicio por la presencia pesados por pendientes ascendentes (fp), %(C)

Tabla 9. Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (fp).

Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	Porcentaje de vehículos pesados (Camiones)									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano (pendiente longitudinal <3 %)	0.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	50	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	0.5	60	1.01	1.16	1.18	1.20	1.21	1.21	1.20	1.19	1.19	1.18
	0.5	70	1.43	1.42	1.36	1.34	1.32	1.30	1.28	1.27	1.26	1.24
	0.5	80	1.86	1.65	1.52	1.46	1.42	1.38	1.36	1.33	1.31	1.30
	0.5	90	2.16	1.80	1.62	1.54	1.49	1.44	1.40	1.37	1.35	1.33
	1	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1	50	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1	60	1.09	1.21	1.22	1.23	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.20
	1	70	1.67	1.54	1.45	1.41	1.38	1.35	1.32	1.30	1.29	1.27
	1	80	2.26	1.85	1.66	1.57	1.51	1.46	1.42	1.39	1.36	1.34
	1	90	2.57	2.02	1.77	1.65	1.58	1.52	1.47	1.43	1.41	1.38
	1.5	40	1.00	1.00	1.04	1.10	1.12	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14
	1.5	50	1.00	1.00	1.05	1.10	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
	1.5	60	1.13	1.23	1.23	1.24	1.24	1.23	1.22	1.21	1.21	1.20
	1.5	70	1.79	1.61	1.49	1.44	1.41	1.37	1.34	1.32	1.30	1.29
	1.5	80	2.50	1.98	1.74	1.63	1.56	1.50	1.46	1.42	1.40	1.37
	1.5	90	2.93	2.20	1.89	1.75	1.66	1.59	1.53	1.48	1.45	1.42

EC:	A	B	C	D	E	F
	1	1	1	1	1	1

Paso 13.

Calcular (Fp):

	A	B	C	D	E	F
% Camiones (C)	4.3%	4.3%	4.4%	4.5%	6.3%	5.2%

$$Fp = \frac{1}{1 + (\%C * (Ec - 1))}$$

A)

$$Fp = \frac{1}{1 + (4,3 * (1 - 1))} = 1$$

B)

$$Fp = \frac{1}{1 + (4,3 * (1 - 1))} = 1$$

C)

$$Fp = \frac{1}{1 + (4,4 * (1 - 1))} = 1$$

D)

$$Fp = \frac{1}{1 + (4,5 * (1 - 1))} = 1$$

E)

$$Fp = \frac{1}{1 + (6,3 * (1 - 1))} = 1$$

F)

$$Fp = \frac{1}{1 + (5,2 * (1 - 1))} = 1$$

	A	B	C	D	E	F
Fp	1	1	1	1	1	1

Paso 14.

Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (FT), grado de curvatura de 60 °/km = Tortuosidad

Tabla 10. Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (FT).

Pendiente (%)	Tortuosidad (°/km)	ft
0	<=40	1.00
<2.5	<110	0.99
<4	<200	0.99
<6	<400	0.98
<8	<800	0.97

A)

$$X_0 = 0, X_1 = 2.5, Y_0 = 40, Y_1 = 110, X = 0.04$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 40 + \frac{0,04 - 0}{2,5 - 0} * (110 - 40)$$

$$Turtuosidad = 41,12$$

$$X_0 = 40, X_1 = 110, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 41.12$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 1 + \frac{41,12 - 40}{110 - 40} * (0,99 - 1)$$

$$Ft = 0,99984$$

B)

$$X_0 = 0, X_1 = 2.5, Y_0 = 40, Y_1 = 110, X = 0.17$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 40 + \frac{0,17 - 0}{2,5 - 0} * (110 - 40)$$

$$Turtuosidad = 44,76$$

$$X_0 = 40, X_1 = 110, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 44.76$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 1 + \frac{44,76 - 40}{110 - 40} * (0,99 - 1)$$

$$Ft = 0,99932$$

C)

$$X_0 = 0, X_1 = 2.5, Y_0 = 40, Y_1 = 110, X = 0.06$$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 40 + \frac{0,06 - 0}{2,5 - 0} * (110 - 40)$$

$$Turtuosidad = 41,68$$

$X_0 = 40, X_1 = 110, Y_0 = 1, Y_1 = 0,99, X = 41,68$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{41,68 - 40}{110 - 40} * (0,99 - 1)$$

$$Ft = 0,99976$$

D)

$X_0 = 0, X_1 = 2,5, Y_0 = 40, Y_1 = 110, X = 0,05$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 40 + \frac{0,05 - 0}{2,5 - 0} * (110 - 40)$$

$$Turtuosidad = 41,40$$

$X_0 = 40, X_1 = 110, Y_0 = 1, Y_1 = 0,99, X = 41,40$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 1 + \frac{41,40 - 40}{110 - 40} * (0,99 - 1)$$

$$Ft = 0,9998$$

E)

$X_0 = 0, X_1 = 2,5, Y_0 = 40, Y_1 = 110, X = 0,04$

$Y_x = ?$

$$Y_x = 40 + \frac{0,04 - 0}{2,5 - 0} * (110 - 40)$$

$$Turtuosidad = 41,12$$

$$X_0 = 40, X_1 = 110, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 41.12$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 1 + \frac{41,12 - 40}{110 - 40} * (0,99 - 1)$$

$$F_t = 0,99984$$

F)

$$X_0 = 0, X_1 = 2.5, Y_0 = 40, Y_1 = 110, X = 0.10$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 40 + \frac{0,10 - 0}{2,5 - 0} * (110 - 40)$$

$$Turtuosidad = 42,8$$

$$X_0 = 40, X_1 = 110, Y_0 = 1, Y_1 = 0.99, X = 42.8$$

$$Y_x = ?$$

$$Y_x = 1 + \frac{42,8 - 40}{110 - 40} * (0,99 - 1)$$

$$F_t = 0,9996$$

Ft	A	B	C	D	E	F
	0,99984	0,99932	0,99976	0,9998	0,99984	0,9996

Paso 15.

Calcular VM (km/h):

$$VM = V_2 * F_p * F_t$$

A)

$$VM = 39,08 * 1 * 0,99984 = 39,07$$

B)

$$VM = 38,85 * 1 * 0,99932 = 38,82$$

C)

$$VM = 42,95 * 1 * 0,99976 = 42,94$$

D)

$$VM = 39,06 * 1 * 0,9998 = 39,05$$

E)

$$VM = 39,08 * 1 * 0,99984 = 39,07$$

F)

$$VM = 38,98 * 1 * 0,9996 = 38,96$$

VM(km/h)	A	B	C	D	E	F
	39,07	38,82	42,94	39,05	39,07	38,96

Paso 16.

Cálculo del Nivel de Servicio

Tabla 7

Clasificación de los Terrenos en función de las pendientes

Tipo de Terreno	Rangos de pendientes (%)
Llano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 > G \leq 15$
Montañoso	$15 > G \geq 30$

Fuente:(Manual de Carreteras (INVIAS) 2008).

Los resultados de esta clasificación y las características geométricas obtenidas se presentan de manera detallada en la tabla (3).

Tabla 8

Características geométricas en la intersección de la Carrera 19 con Calles 15 y 16, situada en la zona de la avenida las Américas

Características geométricas	Vías - intersección					
	A	B	C	D	E	F
Ancho de carril (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Ancho de berma (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Pendiente (%)	0.04%	0.17%	0.06%	0.05%	0.04%	0.10%
Tipo de terreno (INVIAS)	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano

Nota: La velocidad ideal para V_i es de 90 km/h. Utilizaremos esta velocidad para calcular el nivel de servicio, aplicando una regla de tres.

Tabla 11. Definición de Nivel de Servicio con base en la relación entre $V_m / V_i * 100$.

Tipo de terreno	Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano	>92 %	92 %-80 %	80 %-69 %	69 %-58 %	58 %-47 %	<47 %
Ondulado	>76 %	76 %-66 %	66 %-57 %	57 %-48 %	48 %-38 %	<38 %
Montañoso	>58 %	58 %-50 %	50 %-43 %	43 %-37 %	37 %-29 %	<29 %
Escarpado	>40 %	40 %-34 %	34 %-30 %	30 %-26 %	26 %-20 %	<20 %

Nota: La velocidad ideal V_i es 90 km/h

A)

	km/h	%
	90	100
VM	39,07	X
X =	43,41	

Nivel de Servicio: F

B)

	km/h	%
	90	100
VM	38,82	X
X =	43,13	

Nivel de Servicio: F

C)

	km/h	%
	90	100
VM	42,94	X
X =	47,71	

Nivel de Servicio: E

D)

	km/h	%
	90	100
VM	39,05	X
X =	43,39	

Nivel de Servicio: F

E)

	km/h	%
	90	100
VM	39,07	X
X =	43,41	

Nivel de Servicio: F

F)

	km/h	%
	90	100
VM	38,96	X
X =	43,29	

Nivel de Servicio: F

VIA	NIVEL DE SERVICIO
A	F
B	F
C	E
D	F
E	F
F	F

Anexo J

Colas vehiculares

Cola Vehicular Cruce C.



Figura 1

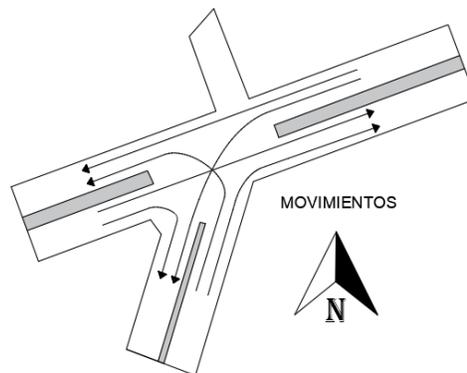
Cola Vehicular Cruce E.



Anexo K

Simulación VISSIM y diagrama de la programación de los tiempos de semáforos.

La intersección modelada comprende una vía principal de cuatro carriles, con dos carriles en cada dirección. Se han identificado los movimientos vehiculares permitidos para cada carril, incluyendo giros a la izquierda, giros a la derecha y movimiento recto. Estos movimientos se han considerado en el esquema inicial para su posterior simulación en VISSIM.



El intervalo de cambio de fase es un componente crucial en la programación de semáforos, ya que asegura una transición segura entre las diferentes fases de señalización. Este intervalo incluye el tiempo de luz amarilla y, en algunos casos, un tiempo adicional de despeje, que permite que los vehículos que se encuentran en la intersección al momento del cambio de señal puedan completarlo sin riesgo de colisión.

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo Rojo

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{w + W + L}{v} \right)$$

Donde:

y = tiempo de cambio de fase, amarillo más todo rojo (s)

t = tiempo de percepción – reacción del conductor (Usualmente 1.00 s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de desaceleración (Valor usual 3.05 m/s²)

w = ancho del cruce peatonal (m)

W = Ancho de la intersección a cruzar (m)

L = longitud del vehículo (valor típico 6.10 m)

Esta fórmula permite calcular el tiempo necesario para que un vehículo pueda detenerse de manera segura o, en su defecto, cruzar la intersección antes de que la luz cambie a roja. El uso de este cálculo es fundamental para garantizar tanto la seguridad vial como la eficiencia en el flujo del tráfico."

Las velocidades utilizadas en este estudio fueron tomadas en campo y registradas en Excel para su posterior análisis, como se detalla en el Anexo "Registro de Velocidades". Por otro lado, las dimensiones de los carriles y otros datos relevantes para el análisis se obtuvieron de las vistas transversales generadas en Streetmix, registradas en las Figuras 1, 2 y 3.

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo Rojo Acceso Este

$$y = \left(1.0 + \frac{9.72}{2 * 3.05} \right) + \left(\frac{4.5 + 19 + 6.10}{9.72} \right) = 2.59 \text{ s} + 3.04$$

$$y = 3 \text{ s (amarillo)} + 3 \text{ s (Todo rojo)}$$

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo Rojo Acceso Sur

$$y = \left(1.0 + \frac{7}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{4.5 + 15.3 + 6.10}{7}\right) = 2.15 \text{ s} + 3.7 \text{ s}$$

$$y = 2 \text{ s (amarillo)} + 4 \text{ s (Todo rojo)}$$

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo Rojo Acceso Sur

$$y = \left(1.0 + \frac{8.9}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{4.5 + 21 + 6.10}{8.9}\right) = 2.46 \text{ s} + 3.55 \text{ s}$$

$$y = 2 \text{ s (amarillo)} + 4 \text{ s (Todo rojo)}$$

Cálculo del tiempo total perdido por ciclo (L)

$$L = \sum_1^{\phi} (A_i + TR_i) = \sum_1^4 (A_i + TR_i)$$

$$L = (A1 + TR1) + (A2 + TR2) + (A3 + TR3)$$

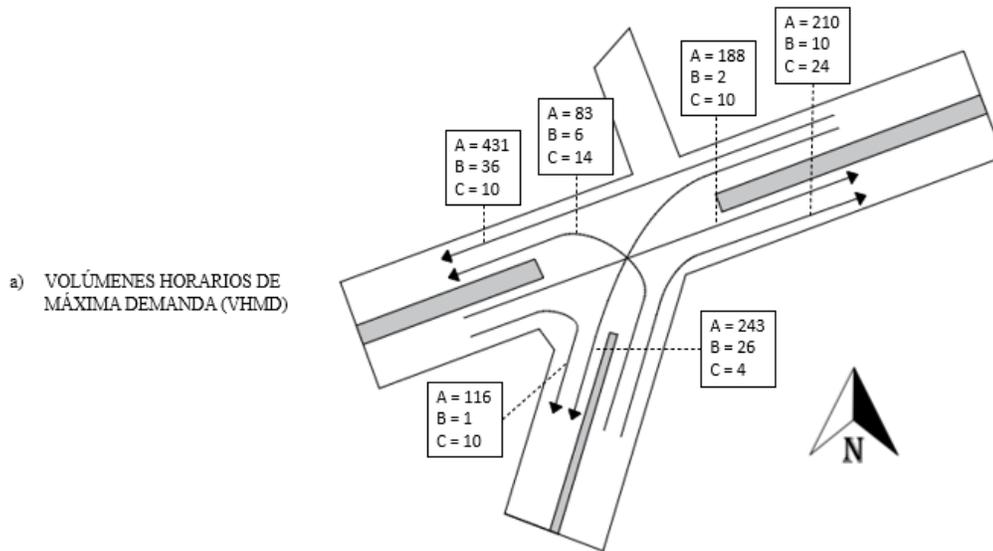
A: Amarillo

TR: Todo rojo

$$L = (3 + 3) + (2 + 4) + (2 + 4)$$

$$L = 18 \text{ s}$$

La siguiente imagen muestra una intersección con los valores de volúmenes horarios de máxima demanda, registrados antes de realizar cualquier movimiento en el flujo vehicular. En la imagen, se identifican tres tipos de vehículos: A representa automóviles, B corresponde a buses, y C se refiere a camiones. Es importante mencionar que, para el análisis, estos volúmenes deben convertirse a unidades de vehículos equivalentes (ADE), lo que permite comparar y analizar el impacto de cada tipo de vehículo en la intersección de manera más precisa.



Determinación del Flujo Horario Máximo de Demanda (FHMD) para Cada Acceso en la Intersección

$$FHMD_{15min} = \frac{VHMD}{4 * q_{m\acute{a}x}}$$

SALIDA OESTE

$$FHMD_{15min} = \frac{1844 \text{ veh mixtos/hora}}{4 * 522 \text{ veh mixtos/hora}} = 0.88$$

SALIDA SUR

$$FHMD_{15min} = \frac{1266 \text{ veh mixtos/hora}}{4 * 370 \text{ veh mixtos/hora}} = 0.86$$

SALIDA ESTE

$$FHMD_{15min} = \frac{1269 \text{ veh mixtos/hora}}{4 * 358 \text{ veh mixtos/hora}} = 0.89$$

Cálculo de los porcentajes de autobuses y camiones: PB y PT

ACCESO ESTE

Movimiento directo (D):

$$PB = \frac{B}{A + B + C} * 100 = \frac{36}{431 + 36 + 10} * 100 = 7.56\%$$

$$PT = \frac{C}{A + B + C} * 100 = \frac{10}{431 + 36 + 10} * 100 = 2.1\%$$

Vuelta a la izquierda (Vi):

$$PB = \frac{B}{A + B + C} * 100 = \frac{26}{243 + 26 + 4} * 100 = 9.52\%$$

$$PT = \frac{C}{A + B + C} * 100 = \frac{4}{243 + 26 + 4} * 100 = 1.46\%$$

ACCESO SUR

Vuelta a la derecha (Vd):

$$PB = \frac{B}{A + B + C} * 100 = \frac{10}{210 + 10 + 24} * 100 = 4.1\%$$

$$PT = \frac{C}{A + B + C} * 100 = \frac{24}{210 + 10 + 24} * 100 = 9.84\%$$

Vuelta a la izquierda (Vi):

$$PB = \frac{B}{A + B + C} * 100 = \frac{6}{83 + 6 + 14} * 100 = 5.82\%$$

$$PT = \frac{C}{A + B + C} * 100 = \frac{14}{83 + 6 + 14} * 100 = 13.6\%$$

ACCESO OESTE

Movimiento directo (D):

$$PB = \frac{B}{A + B + C} * 100 = \frac{2}{188 + 2 + 10} * 100 = 1\%$$

$$PT = \frac{C}{A + B + C} * 100 = \frac{10}{188 + 2 + 10} * 100 = 5\%$$

Vuelta a la derecha (Vd):

$$PB = \frac{B}{A + B + C} * 100 = \frac{1}{116 + 1 + 10} * 100 = 0.79\%$$

$$PT = \frac{C}{A + B + C} * 100 = \frac{10}{116 + 1 + 10} * 100 = 7.87\%$$

Factor por presencia de vehículos pesados: FHV

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

Automóviles equivalentes: 1.5 por autobuses, 2.0 por camiones. 1.05 por vueltas a la izquierda (protegidas).

ACCESO ESTE

Movimiento directo (D):

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 2.1(2 - 1) + 7.56(1.5 - 1)} = 0.94$$

Vuelta a la izquierda (Vi):

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 1.46(2 - 1) + 9.52(1.5 - 1)} = 0.94$$

ACCESO SUR

Vuelta a la derecha (Vd):

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 9.84(2 - 1) + 4.1(1.5 - 1)} = 0.89$$

Vuelta a la izquierda (Vi):

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 13.6(2 - 1) + 5.82(1.5 - 1)} = 0.86$$

ACCESO OESTE

Movimiento directo (D):

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 5(2 - 1) + 1(1.5 - 1)} = 0.95$$

Vuelta a la derecha (Vd):

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 7.87(2 - 1) + 0.79(1.5 - 1)} = 0.92$$

Conversión de los volúmenes mixtos a automóviles directos equivalentes: ADE

Para Movimientos directos (D):

$$q_D = \frac{VHMD_D}{FHMD} * \left(\frac{1}{f_{HV}}\right)$$

Para vuelta izquierda (Vi):

$$q_{Vi} = \frac{VHMD_{Vi}}{FHMD} * \left(\frac{1}{f_{HV}}\right) * (E_{Vi})$$

Donde Evi=1.05

Para vuelta a la derecha (Vd):

Para un volumen moderado de peatones por hora con los vehículos que dan vuelta a la derecha, en la tabla # se obtiene un equivalente EVD = 1.32. Por lo tanto:

Tabla 13.5 Automóviles directos equivalentes para vueltas hacia la derecha (E_{Vd})

Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (peatones/h)	Equivalente
Ninguno (0)	1.18
Bajo (50)	1.21
Moderado (200)	1.32
Alto (400)	1.52
Extremo (800)	2.14

Fuente: Roess, Prassas and Mcshane. Traffic Engineering. 2011.

$$q_{Vd} = \frac{VHMD_{Vd}}{FHMD} * \left(\frac{1}{f_{HV}}\right) * (E_{Vd})$$

ACCESO ESTE

Movimiento directo (D):

$$q_D = \frac{477}{0.83} * \left(\frac{1}{0.94}\right) = 306 \frac{ADE}{h}$$

Vuelta a la izquierda (Vi):

$$q_{Vi} = \frac{273}{0.86} * \left(\frac{1}{0.94}\right) * (1.05) = 355 \frac{ADE}{h}$$

ACCESO SUR

Vuelta a la derecha (Vd):

$$q_{vd} = \frac{244}{0.89} * \left(\frac{1}{0.89}\right) * (1.32) = 407 \frac{ADE}{h}$$

Vuelta a la izquierda (Vi):

$$q_{vi} = \frac{103}{0.83} * \left(\frac{1}{0.86}\right) * (1.05) = 152 \frac{ADE}{h}$$

ACCESO OESTE

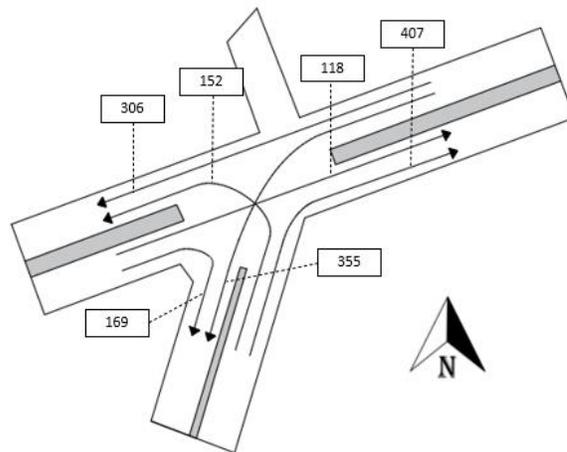
Movimiento directo (D):

$$q_D = \frac{200}{0.89} * \left(\frac{1}{0.95}\right) = 118 \frac{ADE}{h}$$

Vuelta a la derecha (Vd):

$$q_{vd} = \frac{127}{0.86} * \left(\frac{1}{0.92}\right) * (1.32) = 212 \frac{ADE}{h}$$

b) AUTOMÓVILES DIRECTOS
EQUIVALENTES (ADE)
POR HORA



Máximas relaciones de flujo actual q a flujo de saturación s por carril para cada fase

ACCESO ESTE

$$Y_1 = \frac{q_{\text{máx}}}{s} = \frac{355}{1800} = 0.20$$

ACCESO SUR

$$Y_2 = \frac{q_{\text{máx}}}{s} = \frac{407}{1800} = 0.23$$

ACCESO OESTE

$$Y_3 = \frac{q_{\text{máx}}}{s} = \frac{169}{1800} = 0.09$$

Longitud del ciclo óptimo (C_o)

$$C_o = \frac{1.5 * L + 5}{1 - Y_1 - Y_2 - Y_3} = \frac{1.5 * 18 \text{ s} + 5}{1 - 0.20 - 0.23 - 0.09} = 66.66 \approx 70 \text{ s}$$

Tiempo verde efectivos (gT):

$$gT = C_o - L = 70 \text{ s} - 18 \text{ s} = 52 \text{ s}$$

Tiempos verdes efectivos (g_i):

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2 + Y_3} * (gT) = \frac{0.20}{0.20 + 0.23 + 0.09} * 52 = 20 \text{ s}$$

$$g_2 = \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2 + Y_3} * (gT) = \frac{0.23}{0.20 + 0.23 + 0.09} * 52 = 23 \text{ s}$$

$$g_3 = \frac{Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3} * (gT) = \frac{0.09}{0.20 + 0.23 + 0.09} * 52 = 9 \text{ s}$$

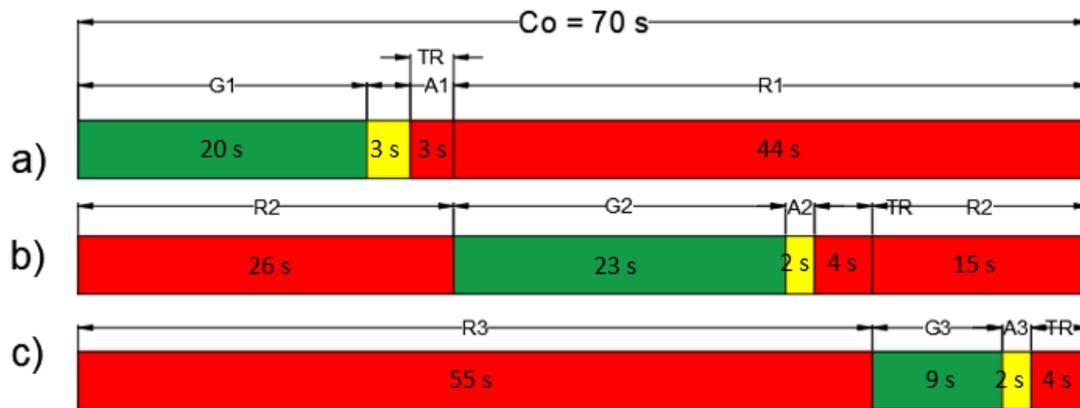
Tiempos verdes reales:

$$G_1 = 20\text{s}$$

$$G_2 = 23\text{s}$$

$$G_3 = 9\text{s}$$

Diagrama de la programación de los tiempos en las tres fases dadas.



Anexo L

Calculo Nivel de Servicio Peatonal

Estudio en la intersección (A-A') - Hora pico: 12:00 p.m	
Peatón	Retraso Peatonal (s)
Peatón 1	3
Peatón 2	4
Peatón 3	2
Peatón 4	5
Peatón 5	3
Promedio:	3

Estudio en la intersección (B-B') - Hora pico: 12:00 p.m	
Peatón	Retraso Peatonal (s)
Peatón 1	26
Peatón 2	24
Peatón 3	23
Peatón 4	22
Peatón 5	27
Promedio:	24

Estudio en la intersección (C-C') - Hora pico: 12:00 p.m	
Peatón	Retraso Peatonal (s)
Peatón 1	18
Peatón 2	15
Peatón 3	12
Peatón 4	17
Peatón 5	14
Promedio:	15

Estudio en la intersección (D-D') - Hora pico: 12:00 p.m	
Peatón	Retraso Peatonal (s)
Peatón 1	24
Peatón 2	22
Peatón 3	23
Peatón 4	24
Peatón 5	23
Promedio:	23

Anexo M

Resultados de simulación de escenarios en VISSIM

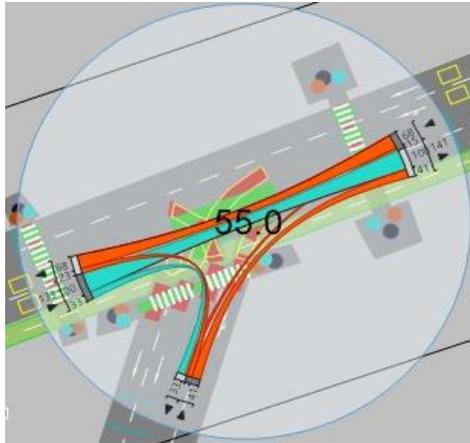
Tabla 9

Escenario pompeyano

Movimiento (Tramos)	Longitud de cola (m)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio	Demora de parada (s)	Emissiones de CO (gramos)	Emissiones Nox (gramos)	Emissiones VOC (gramos)	Consumo de combustible (Galones líquidos estadounidenses)
1--1	6.67	52.49	C	0.67	84.318	16.405	19.541	1.206
1--4	6.67	52.49	C	1	32.604	6.344	7.556	0.466
2--2	38.51	55.76	F	204	151.531	29.482	35.119	2.168
2--4	82.79	102.41	F	4.93	61.342	11.935	14.217	0.878
3--1	78.45	108.86	F	6.32	172.162	33.496	39.9	2.463
3--2	78.45	108.86	F	12.74	194.429	37.829	45.061	2.782

Figura 27

Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario pompeyano



Nota: El mapa de calor muestra los niveles de servicio en el escenario en mención. El color naranja representa un nivel de servicio E, mientras que el color rojo indica un nivel de servicio F. Estos colores reflejan las áreas con los mayores niveles de congestión y tiempos de espera prolongados según los resultados de la simulación.

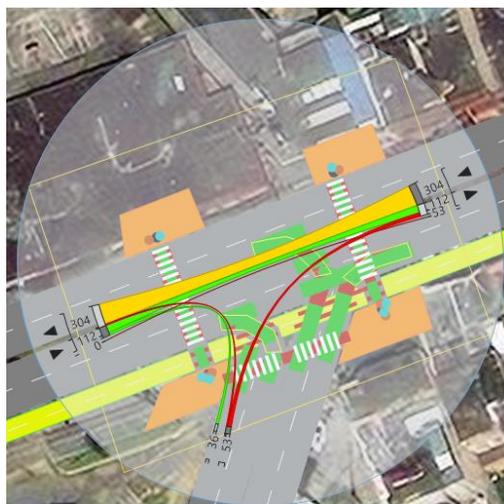
Tabla 10

Escenario restricción giro a izquierda

Movimiento (Tramos)	Longitud de cola (m)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio	Demora de parada (s)	Emisiones de CO (gramos)	Emisiones Nox (gramos)	Emisiones VOC (gramos)	Consumo de combustible (Galones líquidos estadounidenses)
1:01	0.72	17.71	A	0.32	46.17	8.983	10.7	0.661
1:04	0.72	17.71	A	0.47	11.499	2.237	2.665	0.165
2:02	40.49	87.54	C	2.85	264.002	51.365	61.185	3.777
3:01	67.25	105.33	F	33.98	121.347	23.61	28.123	1.736
3:02	67.25	105.33	F	82.52	96.331	18.743	22.326	1.378

Figura 28

Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario de restricción a izquierda



Nota: El mapa de calor muestra los niveles de servicio en el escenario en mención. El color naranja representa un nivel de servicio E, mientras que el color rojo indica un nivel de servicio F. Estos colores reflejan las áreas con los mayores niveles de congestión y tiempos de espera prolongados según los resultados de la simulación.

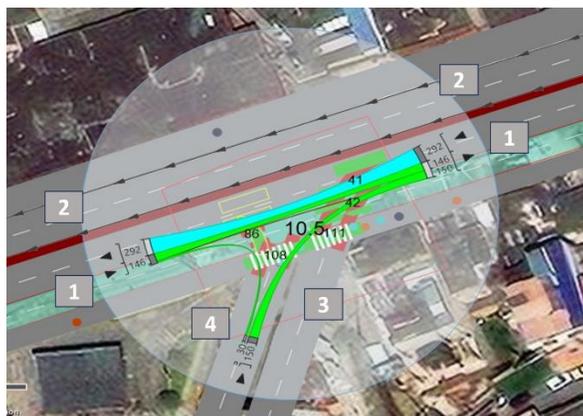
Tabla 11

Escenario Implementación de Separador y Cambio de Sentido

Movimiento (Tramos)	Longitud de cola (m)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio	Demora de parada (s)	Emisiones de CO (gramos)	Emisiones Nox (gramos)	Emisiones VOC (gramos)	Consumo de combustible (Galones líquidos estadounidenses)
1 - 4	0.121	15.823	A	0	5.649	1.099	1.309	0.081
1 - 1	0.121	15.823	A	0.082	37.274	7.252	8.639	0.533
3 - 1	8.922	36.614	A	0.700	104.031	20.241	14.110	1.488
2 - 2	22.865	104.399	C	0.911	110.731	9.376	28.815	0.631

Figura 29

Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario Implementación de Separador y Cambio de Sentido



Nota: El mapa de calor muestra los niveles de servicio en el escenario en mención. El color verde representa un nivel de servicio A, mientras que el color celeste indica un nivel de servicio C. Estos colores reflejan las áreas con niveles de congestión y tiempos de espera prolongados, fueron bastante aceptables según los resultados de la simulación.

Tabla 12

Escenario semaforización

Movimiento (Tramos)	Longitud de cola (m)	Longitud de cola máxima (m)	Nivel de servicio	Demora de parada (s)	Emisiones de CO (gramos)	Emisiones Nox (gramos)	Emisiones VOC (gramos)	Consumo de combustible (Galones líquidos estadounidenses)
1:01	59.84	84.05	F	102.57	113.61	22.1	26.33	1.63
1:04	59.84	84.05	F	109.76	66.43	12.93	15.4	0.95
2:02	65.84	87.74	E	58.77	175.31	34.11	40.63	2.51
2:04	65.84	87.74	F	66	72.21	14.05	16.74	1.03
3:01	70.45	106.78	E	49.74	93.47	18.19	21.66	1.34
3:02	70.45	106.78	F	105.91	57.7	11.23	13.37	0.83

Figura 30

Mapa de calor de niveles de servicio en las intersecciones de escenario semaforización



Nota: El mapa de calor muestra los niveles de servicio en el escenario en mención. El color naranja representa un nivel de servicio E, mientras que el color rojo indica un nivel de servicio F. Estos colores reflejan las áreas con los mayores niveles de congestión y tiempos de espera prolongados según los resultados de la simulación.

Anexo N

Renders de escenarios en REVIT

Figura 31

Señales luminosas





Figura 32

Reductor de velocidad



Figura 33

Separador y bloqueo de giro a izquierda



Anexo O

Vistas de escenarios en planta

Escenario reductores de velocidad (pompeyano)



Escenario Restricción giro a izquierda



Escenario Implementación de Separador y Cambio de Sentido



Escenario semaforización

