

2019

**MEJORAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN
ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC, EN EL
MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)**



Universidad
del Cauca®

JAIME ANDRES MAYA CAICEDO
JAVIER HUMBERTO GIRALDO JIMENEZ
MAESTRIA EN INGENIERIA DE VIAS
TERRESTRES





MEJORAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC, EN
EL MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)

Ing. Jaime Andrés Maya Caicedo
Ing. Javier Humberto Giraldo Jiménez

Universidad del Cauca, Campus de Tulcán
Facultad de Ingeniería Civil
Departamento de Vías y Transporte
Popayán
2019



MEJORAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC, EN
EL MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)

Ing. Jaime Andrés Maya Caicedo
Ing. Javier Humberto Giraldo Jiménez

Informe final de trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería de
Vías Terrestres, modalidad profundización

Director:
Ing. Efraín de Jesús Solano

Universidad del Cauca, Campus de Tulcán
Facultad de Ingeniería Civil
Departamento de Vías y Transporte
Popayán
2019



Nota de Aceptación

Firma de Jurado

Firma de Jurado



AGRADECIMIENTOS

Dedico este proyecto de grado primordialmente a Dios, por la bendición, confianza y fortaleza de obtener cada una de mis metas, también dedico este proyecto a mis padres y hermanos en especial a mi hermana por el cariño y apoyo incondicional para lograr mi formación académica. Agradecimientos especiales a nuestro director de tesis y docentes de la maestría por la colaboración en realizar el presente trabajo.

Ing. JAIME ANDRÉS MAYA CAICEDO

Este Proyecto lo dedico a mi nuevo motor en la vida; “GABRIELA”, por ser esa luz de faro que me lleva a esta y más metas. A mi madre por ser el vivo ejemplo de sacrificio por sus hijos. A mi familia hermosa; esposa, hermana y demás que llevo en el corazón, gracias por estar en mi mente y corazón en las noches de sacrificio y tiempo que deje de compartirles por la obtención de este logro.

A mi director; por ser un ejemplo de admiración desde el pregrado, a mi compañero por tantos años de aventuras en busca de los mismos títulos.

Ing. JAVIER H GIRALDO JIMENEZ.



RESUMEN Y ABSTRACT

La siguiente investigación de ingeniería consiste en el estudio de la intersección ubicada entre las rutas 45 Y 45HLC, municipio de Pitalito (Huila), con objetivo de mejorar las condiciones de los usuarios dentro de ella, mediante un nuevo modelo de intersección y a su vez mejorar su situación actual de movilidad. El diseño fue realizado en seis etapas: 1. Recolección de la información primaria y secundaria. 2. Análisis del estado actual de la intersección. 3. Levantamiento topográfico de presión. 4. Estudio de tránsito con aforos vehiculares. 5. Capacidad. 6. implementación de alternativas de diseño geométrico. Se compararon las alternativas según las necesidades del sitio; dando lugar a dos tipos de intersecciones a desnivel que solucionan la movilidad y el riesgo para los usuarios.

The following engineering research consists in the study of the intersection located between routes 45 and 45HLC municipality of Pitalito, (Huila). The objective of this study was to improve the living condition and mobility situation of the users within the intersection of routes 45 and 45HLC through a new model of intersection. The design was carried out in six stages: 1. Collection of the primary and secondary information. 2. analysis of the current state of the intersection. 3. Topographic survey of pressure. 4. Study of traffic with vehicle gauges. 5. Capacity. 6. Implementation of geometric design alternatives. The alternatives were compared according to the needs of the site; giving rise to two types of uneven intersections that solve mobility and risks for users.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
2.2. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
4. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. ESTUDIOS DE TRANSITO.....	5
4.1.1 Volúmenes de tránsito.....	5
4.1.2 Capacidad.....	6
4.1.3 Flujo vehicular.....	6
4.1.4 Nivel de servicio.....	6
4.2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	6
4.3. INTERSECCION.....	6
4.4. INTERSECCIÓN CON SEMAFORO.....	6
4.5. GLORIETA.....	7
4.6. INTERSECCIÓN A DESNIVEL.....	7
4.3. ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO.....	8
4.4 SEÑALIZACION VIAL.....	8
4.5 SEGURIDAD VIAL.....	8
4.5.1 Seguridad vial activa.....	8
4.5.2 Seguridad vial pasiva.....	9
4.6 SIMULACIÓN DE TRÁFICO.....	9
4.6.1 Modelos macroscópicos.....	10
4.6.2 Modelos mesoscópicos.....	10
4.6.3 Modelos microscópicos.....	10
5. METODOLOGÍA.....	11
5.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES.....	11
5.1.1. Área de estudio.....	11



5.1.2.	Dirección y coordinación de la investigación.	12
5.1.3.	Formulación de los términos de referencia.	12
5.1.4.	Formulación del programa de trabajo de la investigación.	12
5.1.5.	Recopilación de información con organismos públicos y privados.	12
5.1.6.	Selección y adquisición de material y equipo para el estudio.	13
5.1.7.	Selección y contratación de personal técnico y de campo.	13
5.1.8.	Elaboración de la cartografía básica.	13
5.2.	INFORMACIÓN DOCUMENTAL.	13
5.2.1	Ordenamiento territorial en la infraestructura vial.	13
5.3.	ESTUDIOS DE TRANSITO.	15
5.3.1	Actividades preliminares.	15
5.3.2	realización de estudio de transito.	22
5.3.3.	Volúmenes de tránsito.	25
5.3.4.	Flujo vehicular y capacidad.	25
5.3.5.	Composición vehicular por movimiento.	29
5.4.	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.	30
5.4.1	Metodología general del levantamiento topográfico.	30
5.4.2.	Condición inicial.	32
5.4.3.	Información secundaria.	34
5.4.4.	Análisis de información.	34
5.4.5.	Reconocimiento y georreferenciación del terreno.	34
5.4.6.	Poligonal de amarre nivelación y radiación.	34
5.4.7.	Trabajo de Oficina.	35
5.5.	ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO.	36
5.5.1.	Metodología general del diseño geométrico.	36
5.5.2.	Parámetros de Diseño.	39
5.5.3.	Alineamiento horizontal y vertical.	40
5.5.4.	Criterios de Diseño.	40
5.5.5.	Modelo Computacional Del Diseño Geométrico.	45
5.6.	ESTUDIOS DE SEÑALIZACIÓN.	46
5.6.1.	Metodología de la Señalización y Demarcación.	46
5.6.2.	Generalidades.	47
5.6.3.	Diagnóstico del Corredor.	48
5.6.4.	Dispositivos de control de Tránsito.	48
5.6.5.	Señales.	49



5.6.6. Marcas Viales.....	52
5.6.7. Estado actual de los dispositivos de control del tránsito.....	54
5.6.8. Señalización y demarcación del proyecto	54
5.6.9. Señalización.....	55
5.6.10. Demarcación.....	55
5.6.11. Planos de señalización.....	56
5.7. SEGURIDAD VIAL.....	56
5.7.1. Recopilación de información.....	56
5.7.2. Análisis de la información	57
5.7.3. Reporte Final.....	57
5.8. SIMULACIÓN DE LA INTERSECCIÓN	58
5.8.1 Capacidad y nivel de servicio.....	58
5.8.2 Uso de la modelación en ingeniería de tránsito.....	59
5.8.3 Acerca de VISSIM.....	59
5.8.4 Funcionamiento del modelo.....	60
5.8.5 Construcción del modelo.....	62
6 RESULTADOS.....	65
6.1 ALTERNATIVA 1: diseño geométrico de intersección con glorieta a nivel y un paso elevado, sin giros a la derecha independientes.....	65
6.1 ALTERNATIVA 2: diseño geométrico de intersección con glorieta a nivel y un paso elevado, con giros a la derecha independientes.....	66
7 ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
7.1. Afectación de predios en la alternativa 1, sin giros directos.....	67
7.2. Afectación de predios en la alternativa 2, con giros directos.....	70
7.3. Análisis de la simulación de la intersección.....	72
7.3.1. Velocidad de operación en 10, 15 y 20 años, como periodos de diseño.....	72
7.3.2. Desempeño de la red.....	76
8 RECOMENDACIONES.....	79
9 CONCLUSIONES.....	81
10. BIBLIOGRAFÍA.....	82



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización general	11
Ilustración 2. Localización particular	11
Ilustración 3. Localización de la intersección según entidad a cargo.	14
Ilustración 4: Clasificación vehicular.	18
Ilustración 5. Instalación de la cámara.....	22
Ilustración 6. Localización de la cámara dentro de la intersección	23
Ilustración 7. Equipo de grabación.....	23
Ilustración 8. Identificación de movimientos vehiculares dentro de la Intersección.....	24
Ilustración 9. Crecimiento poblacional de Pitalito, Huila.....	27
Ilustración 10. Estado actual Ruta 45 – vía Pitalito – San Agustín	32
Ilustración 11. Estado actual Ruta 45 HLC – Variante Pitalito	33
Ilustración 12. Estado actual Ruta 45 HLC – vía Pitalito – Palestina.....	33
Ilustración 13 Sección transversal propuesta	45
Ilustración 14. Señal Preventiva	49
Ilustración 15. Señal Restrictiva.....	50
Ilustración 16. Señales Informativas	51
Ilustración 17 Topología de la red condición actual	62
Ilustración 18 Topología de la red con proyecto.....	63
Ilustración 19. Alternativa 1	65
Ilustración 20 Alternativa 2	66
Ilustración 21. Afectación predial zona nor-occidental. Sin giros directos	67
Ilustración 22. Afectación predial zona oriental, sur y norte. Sin giros directos.....	68
Ilustración 23. Afectación de predios, zona norte. Sin giros directos.....	68
Ilustración 24. Afectación predial, zona sur. Sin giros directos.	69
Ilustración 25. Afectación predial zona nor-occidental. Con giros directos.....	70
Ilustración 26. Afectación predial zona oriental, sur y norte. Con giros directos	70
Ilustración 27, Afectación de predios, zona norte. Con giros directos.	71
Ilustración 28. Afectación predial, zona sur. Con giros directos.....	71
Ilustración 29. Convenciones velocidades programa vissim	73
Ilustración 30. Condición actual modelo de simulación.....	73
Ilustración 31. Condición actual modelo de simulación.....	74
Ilustración 32. Velocidades de operación con la alternativa 2 a 10 años.	74
Ilustración 33. Velocidades de operación con la alternativa 2 a 15 años.	75
Ilustración 34. Velocidades de operación con la alternativa 2 a 20 años.	75



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Automóviles Directos Equivalentes, ADE	19
Tabla 2. Distribución vehicular de un periodo de 15 min.	19
Tabla 3. ADE promedio en un periodo de 15 min.....	20
Tabla 4 Movimientos vehiculares dentro de la intersección	24
Tabla 5. Flujos vehiculares por movimiento.	26
Tabla 6: Flujos vehiculares proyectados en 10 años, por movimiento.	28
Tabla 7. Capacidad de la intersección en 10 años, sin intervención.	29
Tabla 8: composición vehicular por movimiento.....	29
Tabla 9: composición vehicular en % por movimiento	30
Tabla 10. Coordenadas Punto IGAC 4155 de amarre	34
Tabla 11. Parámetros de Diseño	39
Tabla 12. Parámetros de Diseño (Glorieta)	39
Tabla 13. Velocidad de Diseño.	41
Tabla 14. Velocidad de operación para diferentes condiciones de Transito	42
Tabla 15. Velocidad Específica De Una Curva Horizontal	42
Tabla 16. Relación de pendiente y velocidad específica.....	43
Tabla 17. Parámetros geométricos de la vía	48
Tabla 18. Ubicación Longitudinal De Las Señales Preventivas	50
Tabla 19 Determinación del nivel de servicio, HCM 2000.....	58
Tabla 20 GEH Intersección.	64
Tabla 21. Análisis económico de la afectación predial. Sin giros directos.....	69
Tabla 22. Análisis económico de la afectación predial. Con giros directos.	72
Tabla 23 Desempeño Red Diseño Existente T1-1	76
Tabla 24: Matriz FODA de la situación actual	77
Tabla 25: Matriz FODA de la alternativa 1	78
Tabla 26: Matriz FODA de la alternativa 2.....	78



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato De conteo Vehicular o Formato De Aforos

Anexo 2. Respuesta de INVIAS, sobre información primaria.

Anexo 3. Conteos vehiculares por día y por movimientos.

Anexo 4: Volúmenes promedio, hora pico y capacidad de cada movimiento.

Anexo 5: Certificado del IGAC; punto de amarre.

Anexo 6: Deltas De La Poligonal.

Anexo 7: Nivelación.

Anexo 8: Poligonal.

Anexo 9: Radiación.

Anexo 10: Diseño Geométrico Alternativa 1.

- Planos Planta Perfil (5 Planos).
- Planos De Secciones Transversales (6 Planos)
- Reportes de diseño.
- Planos de señalización vial (1 plano).
- Zona de afectación de predios. (1 plano).

Anexo 11: Diseño Geométrico Alternativa 2.

- Planos Planta Perfil (6 Planos).
- Planos De Secciones Transversales (18 Planos).
- Reportes de diseño.
- Planos de señalización vial (1 plano).
- Zona de afectación de predios. (1 plano).

Anexo 12: Archivos de la simulación.



INTRODUCCIÓN

El desarrollo regional y urbano, en armonía y en equilibrio, constituyen una parte esencial para la modernización de Colombia y para elevar el nivel de vida de la población.

El Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018, en uno de sus pilares abarca la competitividad y la infraestructura estratégica el cual busca consolidar un sistema que contribuya a lograr una mejor integración rural-urbana al reorientar y apoyar el desarrollo de las ciudades medias y pequeñas, para atraer turismo y comercio, que de otra manera irían a las ciudades principales.

Uno de los problemas regionales más graves es la insuficiencia e ineficiencia de la infraestructura vial. Esta situación propicia excesivos tiempos de viaje, encarecimiento de mercancías, contaminación, congestionamientos, accidentes de tránsito y un desarrollo urbano limitado.

Como responsables directos de la situación, son los entes del gobierno que se han envuelto en una maraña de dilataciones, las cuales solo alargan la politiquería y acortan el desarrollo que tanto se anhela. Se han perdido muchas oportunidades claras de avance vial, por simplemente una mala dirigencia política y social, aunque por la misma sociedad es cómplice de lo sucedido.

Para lograr mitigar lo anterior, es necesario conocer aspectos generales de la región tales como población, territorio, cómo se administran la infraestructura vial, el desarrollo económico y aspectos físicos, información que debe obtenerse mediante técnicas apropiadas.

De acuerdo a lo citado, se buscó una solución a los problemas de movilidad de la intersección entre las rutas 45 y 45HLC, en el municipio de Pitalito, (Huila).; donde se presentan radios de giro insuficientes para el vehículo de diseño, además se presentan riesgos de accidentes por cruces de los movimientos, por mala señalización vertical, horizontal y adicionalmente la capacidad de cada uno de los ramales es insuficiente. Como resultado de los inconvenientes presentados se plantean dos alternativas de intersección a desnivel, con sus respectivas recomendaciones y conclusiones.



1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la intersección entre las rutas 45 y 45HLC en el municipio de Pitalito, (Huila), se presentan en cinco ciclos de semáforo, colas de más de 100 metros, debido al incremento del parque automotor y al desarrollo del municipio.

En ocasiones se presenta invasión de los carriles contrarios, por la falta del radio de giro para los vehículos grandes como los camiones y tracto-mulas, lo que genera obstrucción vehicular y flujo discontinuo. También se presentan estacionamientos no autorizados, por parte de un paradero no autorizado de taxis, por el comercio de la zona donde se hacen cargues y descargues sobre la vía, además que el volumen vehicular supera al de diseño. En la problemática se debe considerar también el flujo peatonal; aunque es mínimo, pero actualmente no hay señalización peatonal ni andenes.

La estructura del pavimento esta para realizar una reconstrucción total, las entidades encargadas de los ramales no han hecho un trabajo en conjunto para una solución adecuada; durante años se han realizado trabajos de parcheo insuficientes para una solución completa de la estructura.

En el año 2002, la empresa interventora de la construcción de la ruta 45HLC, recomendó a los entes encargados de la administración de las vías implicadas: el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el municipio de Pitalito y la gobernación del Huila, la construcción de una glorieta, pero con el paso de los años se invadieron los terrenos destinados para esta propuesta y hoy en día el espacio es muy reducido, por lo que se debe plantear una solución más adaptada a la realidad.



2. JUSTIFICACIÓN

2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La ingeniería de vías terrestres hace referencia a la aplicación de la ingeniería civil a todo elemento o aspecto que se necesite para el diseño, construcción y/o mantenimiento de una vía.

En el municipio de Pitalito, en el cruce de las rutas 45 y 45HLC, se presentan problemas de: movilidad, seguridad para el usuario, diseño geométrico, capacidad y nivel de servicio, espacio público, etc., lo que lleva a realizar un diseño geométrico para el mejoramiento de la intersección, en cada uno de los aspectos mencionados.

Para lo anterior, se pondrán en práctica los conocimientos de la ingeniería de tránsito, seguridad vial, evaluación de proyectos, estadística, pavimentos, diseño geométrico de vías urbanas, y en general, las bases teóricas que se imparten en la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres.

2.2. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.

La Maestría en Ingeniería de Vías terrestres se enfoca en el análisis de todos los campos que están directa o indirectamente relacionados con una vía, entre ellos, las vías urbanas y su movilidad. Por ello, con este trabajo de aplicación se busca emplear los conocimientos adquiridos y realizar los estudios y diseños para mejorar la movilidad de una intersección vial.

Para realizar los estudios es necesario tener conocimientos de estadística, pavimentos, topografía, tránsito vehicular y peatonal, diseño geométrico de carreteras, intersecciones a nivel y desnivel, diseño asistido por computador, sistemas de información geográfica, administración vial, costos, construcción de obras viales, formulación y evaluación de proyectos, análisis del medio ambiente, entorno social, puentes, muros de contención y drenaje vial, todo lo cual forma parte del conocimiento que se adquiere en desarrollo de la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño geométrico para el mejoramiento de la intersección entre las rutas 45 y 45HLC, en el municipio de Pitalito, (Huila), Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Plantear dos (2) alternativas de diseño geométrico, que cumplan con los parámetros y la normatividad colombiana en planta, perfil y secciones transversales, que mejoren la calidad y el nivel de servicio de la intersección entre las rutas 45 y 45HLC, en el municipio de Pitalito, Huila.
- Mejorar la seguridad vial de la intersección entre la ruta 45 y 45HLC, en el municipio de Pitalito.
- Realizar la simulación del comportamiento vehicular de la intersección entre la ruta 45 y 45HLC, en el municipio de Pitalito.
- Cumplir el requisito de grado expuesto por la Universidad del Cauca, el cual consiste en realizar un trabajo de profundización donde se aplique los conocimientos del posgrado en un problema de ingeniería.

4. MARCO TEÓRICO

La alternativa planteada en esta investigación es de una intersección vial la cual requiere la utilización de varios conceptos básicos y teorías. Los documentos que sirvieron de apoyo para la elaboración de esta investigación son: “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets: AASHTO”¹, “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia”², libro guía de Diseño de “Vías Urbanas”³, guía para “Calculo y Diseño de Glorietas”⁴, manual Mexicano “Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018”⁵, “Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Vías Multicarril”⁶; “Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles”⁷, el “Plan de Desarrollo del municipio de Pitalito, Huila”⁸. “Manual de Señalización Vial colombiano”⁹, Documentos que permitieron orientar adecuadamente la investigación y realizar las acciones pertinentes en busca de los resultados aquí obtenidos.

4.1. ESTUDIOS DE TRANSITO.

Los estudios de transito sirven para la determinación de la cantidad y tipo de automotores o vehículos que circulan por una vía, carretera, rural o urbana en un periodo determinado. Un estudio de tránsito tiene como finalidad analizar la movilidad en una zona determinada, contemplando de manera coordinada los diferentes elementos que la componen y simulando la interacción de los nuevos proyectos viales con la red proyectada o existente, realizando un diagnóstico que proporcione soluciones ajustadas a cada proyecto con el fin de obtener una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente.

4.1.1 Volúmenes de tránsito.

Los estudios de volúmenes de tránsito son para conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Los aforos se hacen para determinar la

¹ United States of America. American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets: AASHTO.

² Colombia. Ministerio de Transporte. (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)

³ Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (2011); Vías Urbanas.

⁴ Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (mayo de 2000). (2da. Ed). (diciembre de 2000). Calculo y Diseño De Glorietas. AC Editores. Santiago de Cali.

⁵ Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de Infraestructura

Dirección General de Servicios Técnicos. (2018). Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018. Tercera edición 2018 Corregida y aumentada.

⁶ Colombia. Ministerio de Transporte. (2018). Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Vías Multicarril. 1ra Versión. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)

⁷ Colombia. Ministerio de Transporte. (2018). Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles. 3ra Versión. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)

⁸ Pitalito. Alcaldía Municipal. (2002) Plan de desarrollo municipal de Pitalito – Huila: POT

⁹ Colombia. Ministerio de Transporte. (2015). Manual de Señalización Vial, Dispositivos Uniformes para la Regulación del Tránsito en las Calles, carreteras y Ciclorutas de Colombia. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)



composición y volumen de tránsito en el sistema de carreteras de la región, determinar el número de vehículos que viajan en la zona o a través de ella, determinar la cantidad de vehículos que hay en cada movimiento de una.

4.1.2 Capacidad

Se define la Capacidad, como el máximo número de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de una vía o en este caso de la intersección, durante cierto período de tiempo, en las condiciones imperantes de vía y de tránsito. La capacidad se expresa en vehículos por hora, aunque puede medirse en períodos menores de una hora. El valor de la capacidad depende de la duración del período en que se mida.

4.1.3 Flujo vehicular

Se define el flujo vehicular, como el número de vehículos que circula por un punto de una vía, en un periodo de tiempo menor de una hora, extrapolado a la hora. Generalmente el periodo puede ser de 15 o 5 minutos.

4.1.4 Nivel de servicio

Situación que refleja las condiciones operativas del tránsito vehicular en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad, los deseos del usuario y la seguridad vial.

4.2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Son los estudios que a través de diversos métodos busca la representación gráfica de la superficie terrestre, y para esta investigación se busca tener una imagen clara y exacta del sitio de estudio, la cual se ajuste a las necesidades del diseño que se plantea.

4.3. INTERSECCION.

Dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel o en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan.

4.4. INTERSECCIÓN CON SEMAFORO.

Es una intersección que controla sus movimientos con un sistema semaforizado, el cual es un sistema electrónico que se programa por tiempos para realizar cambios de color entre (verde, amarillo y rojo) en las luces y así encauzar el flujo vehicular, regula, controla y coordina el derecho de paso en una intersección. Es muy utilizado en las vías urbanas por su facilidad de colocación, economía, mínimas condiciones de espacio, buen manejo del volumen de vehículos y de peatones.



El motivo principal por el cual se colocan semáforos es por el alto volumen de tránsito en una intersección; sin embargo, también se debe tener en cuenta el volumen de peatones y el historial de accidentes.

4.5. GLORIETA

También conocida como intersección giratoria, esta cuenta con un obstáculo central donde llegan dos o más calles, los vehículos que entran deben circular en contra de las manecillas del reloj, estos son los que tienen prioridad, y los que quieren entrar tienen que ceder el paso.

Existen muchos tipos de glorietas, la elección depende de las condiciones particulares de tránsito y topografía de cada intersección, generalmente en Colombia la más utilizada es la glorieta convencional; estas fueron de las primeras que se construyeron con el fin de solucionar problemas de congestión y accidentalidad en las ciudades, se caracterizan por tener una isleta central y entradas abocinadas, las cuales permiten la entrada de uno o más vehículos a la glorieta. Se suelen utilizar para aumentar la capacidad de las intersecciones semaforizadas cuando hay disponibilidad de espacio.

4.6. INTERSECCIÓN A DESNIVEL

La intersección a desnivel como su nombre lo indica, tiene varios niveles; lo que le brinda una mayor capacidad respecto a las intersecciones a nivel, ya que al separar los flujos no se presentan cruzamientos y conflictos con los flujos, se reducen el número de conflictos de manera directa en comparación a una intersección a nivel; las intersecciones a desnivel tienen obras complementarias como puentes, túneles, viaductos, etc.

La intersección a desnivel debe ser acondicionada con carriles de aceleración y deceleración, lo que permite una transición de velocidades entre la calzada de origen y la calzada de salida; esta transición permite a los vehículos igualar su velocidad a la calzada de destino y reduce el riesgo de colisiones por conflictos de divergencia o convergencia.

El diseño de la intersección a desnivel depende de muchos factores, siendo los principales el volumen horario de proyecto, el carácter y composición del tránsito, la velocidad de proyecto, la topografía, el espacio disponible y el costo.

El tipo y la forma de una intersección a desnivel puede ser muy variado, algunas formas típicas de una intersección a desnivel son: en forma de trébol, en forma de diamante, con glorietas, en forma de trompeta, etc. Además, dependiendo del número de ramales de entrada que se desea separar se puede tener intersección de dos o más niveles, los flujos que no se separen deberán contar con su respectivo mecanismo de control.



4.3. ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Los estudios de diseño geométrico de carreteras o en este caso de intersecciones es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de la nueva vía o intersección en el terreno. Los condicionantes para situar el diseño de una intersección sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del sitio, el urbanismo, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales. Además se estima cuál puede ser el coste ambiental, económico o social de la construcción de la intersección.

4.4 SEÑALIZACION VIAL

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en caminos, calles, pistas o carreteras. La vida y la integridad de quienes transitan por dichas vías dependen de lo que la señalización indique, de la atención que se le preste y de la responsabilidad de asumir lo que ordenen. En ese sentido, el lenguaje vial guía tanto a transeúntes como a conductores por el camino de la seguridad y la prevención de cualquier tragedia.

4.5 SEGURIDAD VIAL

La seguridad vial es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamento y disposiciones) y normas de conducta, bien sea como peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito.

La seguridad vial se encarga de prevenir y/o minimizar los daños y efectos que provocan los accidentes viales, su principal objetivo es salvaguardar la integridad física de las personas que transitan por la vía pública eliminando y/o disminuyendo los factores de riesgo.

Dentro de seguridad vial existe la seguridad vial activa y seguridad vial pasiva:

4.5.1 Seguridad vial activa

La seguridad vial activa o primaria tiene como objetivo principal evitar que el accidente suceda.

La seguridad vial activa se aplica al factor humano, a los vehículos y a las vías. Por ejemplo un elemento de seguridad vial activa en las vías son las señales de tránsito, en el vehículo serían los frenos ABS y en el factor humano la velocidad adecuada a la que se conduce.

4.5.2 Seguridad vial pasiva

La seguridad pasiva o secundaria comprende una serie de dispositivos cuya misión consiste en tratar de disminuir al máximo la gravedad de las lesiones producidas a las víctimas de un accidente una vez que éste se ha producido.

Al igual que la seguridad vial activa ésta se puede aplicar en el factor humano, en los vehículos y en las vías. Por ejemplo, el cinturón de seguridad es un elemento de seguridad vial pasiva aplicada al vehículo.

4.6 SIMULACIÓN DE TRÁFICO

En la ingeniería de tránsito son básicas la modelización y simulación del tránsito que circula por las infraestructuras de transporte para planificarlas y gestionarlas de manera óptima.

Debido al rápido crecimiento de la ingeniería de tránsito y sus sistemas en términos de demanda y complejidad, el estudio de este tipo de sistemas ha adquirido cada vez más importancia tanto en entornos universitarios, como por parte de las administraciones públicas.

En este sentido, la mayoría de los esfuerzos invertidos en el área han estado encaminados hacia el desarrollo de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, en inglés), más seguros y eficientes a través de la utilización óptima de la infraestructura disponible (intersecciones semaforizadas, sistemas de peaje automático, etc.).

Teniendo en cuenta que el control del tránsito en redes urbanas se hace principalmente a través del manejo de los semáforos en intersecciones y que existe diversidad en los sistemas de autopistas desarrollados, resulta relevante analizar las alternativas disponibles en la actualidad para llevar a cabo una planificación y gestión apropiada mediante la utilización de software especializado en la ingeniería de tránsito.

Debido a que en problemas con características de complejidad y magnitud como el del tránsito de mallas urbanas o redes interurbanas no es viable validar las estrategias de control directamente sobre las vías, la utilización de software de modelado y simulación de tránsito se encuentran fundamentalmente ligada a las estrategias de planificación y gestión de tránsito.

Por esta razón, es importante identificar qué programas se están utilizando en Colombia y en otros países, tanto por la comunidad universitaria en general como por las autoridades públicas, a través de empresas consultoras por parte del sector privado para llevar a cabo su planificación y gestión basada en la ingeniería de tránsito.

Los principales software de modelado y/o simulación pueden clasificarse según el modelo de tráfico que utilicen. Estos modelos pueden ser macroscópicos, mesoscópicos o microscópicos.



4.6.1 Modelos macroscópicos.

Estos son válidos para aplicaciones de gran escala donde las principales variables de interés se encuentran relacionadas con las características del flujo. Su calibración puede llevarse a cabo de manera relativamente sencilla utilizando, por ejemplo, datos de tránsito obtenidos a partir de aforadores automáticos.

4.6.2 Modelos mesoscópicos

Estos presentan una aproximación intermedia entre los microscópicos y los macroscópicos en la medida en que mezclan conceptos y herramientas de ambos modelos al analizar el comportamiento de grupos de vehículos.

4.6.3 Modelos microscópicos

Estos modelos, presentan la escala más pequeña para el acercamiento al análisis de los sistemas de ingeniería de tránsito. Sus variables de interés se relacionan con el comportamiento de vehículos individuales respecto a la infraestructura y a los demás vehículos en ella. Hay que destacar que este tipo de modelos tienen el objetivo de representar comportamientos humanos por lo que su manejo es relativamente complejo y costoso. Las principales herramientas de microsimulación son en la actualidad TransModeler, VISSIM, AIMSUM, TSIS entre otras.

5. METODOLOGÍA

5.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

5.1.1. Área de estudio.

El proyecto está localizado el municipio de Pitalito, ubicado al sur del departamento del Huila, sobre el valle del río Grande de la Magdalena. El municipio de Pitalito cuenta con una extensión territorial de 665 km², y dista 188km de Neiva, capital del departamento.

Ilustración 1. Localización general



Fuente: Google

Ilustración 2. Localización particular



Fuente: Google Earth



5.1.2. Dirección y coordinación de la investigación.

La dirección está a cargo de la Universidad del Cauca, en la Facultad de Ingeniería, Instituto de Posgrados, con la participación de un comité de asesoría técnica a cargo del Ingeniero Efraín de Jesús Solano y los encargados de la investigación son los ingenieros Javier Humberto Giraldo y Jaime Andrés Maya Caicedo, estudiantes de la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres

5.1.3. Formulación de los términos de referencia.

Investigar una congruencia en el proyecto con los niveles de planeación que busca el municipio de Pitalito y el departamento del Huila.

Equilibrio con otros planes, programas, diseños y alternativas similares, tomados como referencia.

Cumplir con el objetivo principal de la investigación y sus objetivos específicos.

Realizar la investigación en el menor tiempo posible, cumpliendo con los términos de la Universidad del Cauca y los recursos con que se cuenta.

Cumplir a cabalidad con las características técnicas, académicas, y necesidades de la población, bajo términos legales, técnicos y sociales.

Integrar las posibles alternativas de diseño, las cuales cumplan con los criterios anteriores.

5.1.4. Formulación del programa de trabajo de la investigación.

Realizar el cronograma de todos los eventos que intervienen en las distintas actividades a realizar, descripción de cada uno de los pasos, tiempo de realización y asignación de recursos y encargados. El programa de trabajo facilita el seguimiento, permite conocer el avance e identifica los obstáculos para el buen desarrollo y cumplimiento de los trabajos.

5.1.5. Recopilación de información con organismos públicos y privados.

En la búsqueda de información y coordinación con las autoridades del gobierno nacional, departamental y municipal, se requiere el establecimiento de comunicación y relación con organismos públicos y privados que sean fuentes de información, así como para solicitar ayuda, seguridad o apoyo durante el desarrollo de los trabajos.



5.1.6. Selección y adquisición de material y equipo para el estudio.

El grupo de trabajo encargado de los estudios debe contar con el equipo y materiales necesarios, tanto de oficina como de campo. Su adquisición será oportuna, con la calidad y eficiencia que la investigación lo requiera. Conviene apoyarse en dependencias y organismos locales, antes de adquirir equipo que no se vaya a utilizar en forma permanente o de lo contrario, adquirirlo con los recursos propios en el tiempo definido.

5.1.7. Selección y contratación de personal técnico y de campo.

El personal técnico debe satisfacer el perfil que se determine para cada una de las especialidades que contiene el plan de trabajo. El personal de apoyo: cadeneros, aforadores, topógrafo, secretaria, etc., se puede obtener, seleccionando alumnos en los centros de enseñanza media y superior, principalmente de educación técnica; o de personal con experiencia en el campo a desarrollar.

5.1.8. Elaboración de la cartografía básica.

Se recopila la información disponible en las dependencias del INVIAS (Instituto Nacional de Vías; Regional Huila), ANI (Agencia Nacional de Infraestructura), Alcaldía del Municipio de Pitalito, que son las que utilizan estos documentos de trabajo. Con el material recabado, se actualizan y elaboran originales, acordes con las necesidades específicas del estudio, en las escalas y dimensiones requeridas.

5.2. INFORMACIÓN DOCUMENTAL

El transporte de personas y materiales está estrechamente relacionado con las determinantes económicas, sociales, demográficas y territoriales de una región. Se pretende mejorar el impacto de estas variables y de las políticas de desarrollo regional (planes y programas), implementados por los entes gubernamentales de la región.

5.2.1 Ordenamiento territorial en la infraestructura vial.

Se obtiene información sobre los programas del sector de infraestructura vial, los efectos en la región, las necesidades y movimientos de carga y pasajeros. Esta información se correlaciona con la jerarquía o categorización de las vías, y en general, con las variables económicas, demográficas y urbano-regionales. Las interrelaciones permiten perfilar las principales características de la problemática en la intersección de las rutas 45 y 45HLC, municipio de Pitalito, (Huila).

Se encontró entonces que la ruta 45 por el occidente de la intersección y la variante 45HLC por el norte de la intersección, están a cargo de la ANI (Agencia

Nacional de Infraestructura), que a su vez concesionó la ruta a la empresa ALIADAS PARA EL PROGRESO, desde el 21 de septiembre del año 2016. La Avenida Pastrana al oriente de la intersección, está a cargo de INVIAS (Instituto Nacional de Vías) y la ruta Pitalito-palestina al sur de la intersección, es una vía secundaria que está a cargo de la Gobernación del Huila.

Ilustración 3. Localización de la intersección según entidad a cargo.



Fuente: Google Earth y elaboración propia

Como primera instancia, el equipo de trabajo consultó por medio de entrevistas y solicitudes escritas a las entidades encargadas de la zona directa de la investigación, no obstante, ninguna presentó información relevante para la investigación.

El Instituto Nacional de Vías, INVIAS, da una respuesta a la solicitud, vía correo electrónico; en la página oficial de la entidad www.invias.gov.co/index.php/informate-contactanos, donde se busca información de cualquier proyecto relacionando con la intersección de la investigación. Ellos mencionan el proyecto que se ejecutó anteriormente para la construcción de la variante Pitalito, hoy en día la ruta 45 HLC, y aclara la proyección que hubo para solucionar la intersección, pero nunca se logró su ejecución o estudios. Ver respuesta en el “**anexo 2: Respuesta de INVIAS, sobre información secundaria.**”

Por lo anterior y teniendo en cuenta que en la alcaldía municipal según su proyección de Plan De Ordenamiento Territorial (POT); no tienen nada planeado en un futuro cercano para esta intersección, que la Agencia nacional de Infraestructura (ANI) y su empresa concesionada ALIADAS PARA EL PROGRESO; afirman de manera verbal; que la intersección no será intervenida durante la concesión y la Secretaria de Vías e Infraestructura Departamental tampoco tiene obras planeadas.

Por lo se procede a realiza la presente investigación con la toma de información primaria.

5.3. ESTUDIOS DE TRANSITO

5.3.1 Actividades preliminares.

La información de la demanda vehicular en el sitio de estudio y su relación con la oferta, permiten conocer las características y necesidades de la población de la región del sur del Huila, la capacidad de la intersección actual y sus alternativas, las características de seguridad actual y futura. Sirve de base para el ordenamiento del sistema vial, proyecto de nuevas vías, el mejoramiento de las existentes o para la regulación del tránsito en el municipio de Pitalito. La información se obtiene realizando los siguientes estudios:

- Volúmenes de tránsito
- Flujo vehicular y Capacidad

Las actividades generales básicas que se realizan para cada estudio se describen enseguida; posteriormente, para cada estudio, se hará la descripción de las variables particulares.

- a) Organización del estudio. En esta etapa se determina la duración y alcance de los trabajos, los tamaños de la muestra o en este caso, la duración de los aforos, organismos o personas a entrevistar, visita y reconocimiento del lugar de estudio, personal que intervendrá, su perfil y cantidad, equipo que se utilizará.
- b) Preparación de instructivos. Formas o documentación requerida para el estudio, hojas para trabajos de campo, adaptándolas a las condiciones particulares, previendo los espacios para codificación.
- c) Contratación y capacitación del personal. Para las funciones de supervisión y auxiliares técnicos, los alumnos de universidades y centros de educación superior, son idóneos.

La capacitación y adiestramiento consiste en, sensibilizar a los aforadores de la labor que van a desempeñar y en darles a conocer los objetivos generales y particulares del estudio por realizar. Enseñarles, con el apoyo de material didáctico y gráfico, los trabajos específicos a desarrollar, como el llenado de formas o cuestionarios y explicar el uso y aplicación de los manuales e instructivos preparados anteriormente. La capacitación se imparte en sesiones teóricas en aula y práctica en videos de conteos. Posteriormente, se hace un "estudio piloto", para familiarizar al personal con las condiciones reales de trabajo, comprobar la aplicación de cuestionarios o formas, conocer los índices de respuesta y en general, para detectar problemas o anomalías y resolverlos, antes de proceder a los trabajos de aforos definitivos.

Para los estudios o trabajos definitivos, se debe contar con los equipos, materiales e instalaciones pertinentes, aparatos de medición, señalamiento, iluminación. Para el personal: el equipo y material necesario.

- d) Codificación de la información. Previamente se clasifica y ordena la información mediante características fijas. Dependiendo del tipo de trabajo, este proceso se realiza en el lugar del estudio, en la oficina o en ambas partes.

Para esta actividad, los formatos deben estar diseñados con espacios o campos especiales, diferenciados para anotar la información requerida.

"el formato de aforos (**ver anexo 1**)", contiene los datos correspondientes al conteo vehicular, con los que se identifican todos los datos recopilados en el estudio.

5.3.1.1 Volúmenes de tránsito.

Los estudios de volúmenes de tránsito se realizan para conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Los aforos se hacen para determinar la composición y volumen de tránsito en el sistema de carreteras de la región, determinar el número de vehículos que viajan en la zona o a través de ella, determinar la cantidad de vehículos que hay en cada movimiento de una intersección, programar la conservación y/o construcción de la nuevas vías e intersecciones, etc.

5.3.1.2 Organización del estudio.

- a) Definir el número necesario de estaciones y su ubicación.
- b) Tipo de estación: con aforadores o cámaras
- c) Período de los aforos.
- d) Personal necesario.
- e) Adquisición y obtención de material y equipo.
- f) Coordinación con autoridades para apoyo y vigilancia.

5.3.1.3 Localización de las estaciones de conteo.

Para conocer la magnitud, variación y evolución de los volúmenes de tránsito, el Instituto Nacional de Vías, (INVIAS), tiene un programa de recopilación de esta información en la red nacional de carreteras, consistente en la instalación de estaciones de aforo de control, los cuales se realizan anualmente.

Es conveniente consultar las bases de datos de los conteos realizados por INVIAS en las estaciones cercanas, datos viales recopilados por distintas empresas de carácter privado o público y además, tener presente las tasas de

crecimiento de la población y el parque automotor en la región de Pitalito. Esta información es útil para calcular las tendencias de crecimiento.

En estas estaciones de conteo se obtendrán detalles como, la composición del tránsito en un corredor cercano al sitio de estudio.

La forma para obtener los datos sobre volúmenes, consiste en realizar conteos manuales a través de la observación de videos obtenidos por videograbadoras y hacer los recuentos en la oficina.

Las estaciones de conteo de INVIAS podrán servir de guía, no obstante, para esta investigación se deberá colocar una estación de conteo, ubicada en el sitio de investigación, donde se puedan observar claramente los distintos movimientos que tiene la intersección y así poder grabar la información necesaria, durante un mínimo de 7 días, 24 horas, en un periodo de tránsito normal.

También se debe contar con un sitio seguro y con vigilancia constante, ya que el equipo deberá dejarse en el sitio de trabajo. El equipo constará de una cámara HD con visión nocturna, cables de datos y energía, un dispositivo de almacenamiento de datos para guardar el video, una pantalla para visualizar las imágenes y un regulador de energía.

5.3.1.4 Procesamiento de la información.

Una vez se tenga la grabación de la intersección, durante 7 días, 24 horas, se debe realizar la recopilación de los datos. Con ayuda de personal previamente capacitado para la labor, se realizan los conteos vehiculares, teniendo en cuenta el movimiento direccional realizado dentro de la intersección y el tipo de vehículo.

Se establece que un movimiento es aquel recorrido que hace un vehículo desde que entra por una vía a la intersección y posteriormente sale por una vía distinta a su entrada.

Definidos los movimientos, se realizan conteos según el tipo de vehículo en un periodo de 15 minutos, para cada movimiento.

En Colombia, la clasificación vehicular se rige según la resolución del Ministerio de Transporte, No. 4100 del 28 de diciembre del 2004, donde aparecen, desde el camión (C3) hasta el camión articulado. Para los aforos de esta investigación se adicionan los llamados buses grandes y pequeños, vehículos tipo automóvil y las motocicletas. (ver ilustración: clasificación vehicular).

La información recopilada se digita en el ANEXO 1, para su posterior análisis el cual consiste en obtener los volúmenes de tránsito por día y por tipo de vehículo, así se calcula el Tránsito Promedio Diario (TPD), promediado mínimo 4 días de la semana de conteos.

Ilustración 4: Clasificación vehicular.

MOTOCICLETA	
AUTOMOVIL	
BUS	
C2 P	
C2 G	
C3	
C4	
C5	
> C5	

Fuente: Elaboración propia

5.3.1.5 Capacidad y flujo vehicular

Los diferentes tipos de vehículos que circulan por la intersección en estudio requieren espacios de la vía de diferentes magnitudes, en razón a las variaciones en los tamaños y operación de los mismos, por lo que la medida de la capacidad de las vías y de las intersecciones se expresa en Automóviles Directos Equivalentes (ADE), donde la unidad básica es el automóvil.

Los factores de ponderación para los diferentes tipos de vehículos, en las distintas situaciones en que puedan estar operándose, se presentan a continuación:

Tabla 1 Automóviles Directos Equivalentes, ADE¹⁰

TIPO DE VEHICULO	Vía Urbana	Carretera	Glorieta	Intersección Semaforizada
Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos (camiones pequeños y camionetas)	1.00	1.00	1.00	1.00
Buses	3.00	3.00	2.80	2.25
Vehículos comerciales medianos y pesados (camiones) y vehículos de tracción animal	2.00	3.00	2.80	1.75
Motocicletas	0.75	1.00	0.73	0.33
Bicicletas	0.33	0.50	0.50	0.20

Fuente: Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (Pág. 27); (2011); Vías Urbanas.

5.3.1.5.1 Procesamiento de la información.

Una vez se tenga el tránsito tabulado en periodos de 15 minutos y clasificado según el tipo de vehículos, como la ilustración 4, se procede a convertir cada vehículo en Automóviles Directos Equivalentes.

Ejemplo: de los aforos vehiculares realizados a la intersección en estudio, para el movimiento 1, entre 9:15 am a 9:30 am se obtuvo el siguiente conteo vehicular.

Tabla 2. Distribución vehicular de un periodo de 15 min.

HORA	MOTOS	AUTOMÓVILES	BUSES	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6>
9:15	17	16	2	1	3	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

¹⁰ Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (Pág. 27); (2011); Vías Urbanas.

Teniendo en cuenta la tabla 1. Automóviles Directos Equivalentes, ADE, se procede a la conversión de cada tipo de vehículo, teniendo en cuenta que la intersección a diseñar es una glorieta.

Entonces tenemos que:

$$ADE = \{(motos * 0.33) + (automoviles * 1) + (buses * 2.25) + (C2P * 1.0) + ([C2G + C3 + C4 + C5 + C6 >] * 1.75)\}$$

Remplazando los valores del ejemplo:

$$ADE = \{(17 * 0.33) + (16 * 1) + (2 * 2.25) + (1 * 1.0) + ([3 + 0 + 0 + 0 + 1] * 1.75)\}$$

$$ADE = \{5.61 + 16 + 4.5 + 1 + (4 * 1.75)\}$$

$$ADE = \{5.61 + 16 + 4.5 + 1 + 7\} = 34.11$$

Redondeando, en 15 minutos pasan 35 ADE.

Este proceso se realiza para cada periodo de 15 minutos durante todos los días de conteo, posteriormente, se promedian los valores de mínimo 4 días de conteo, para tener un dato de cada periodo del día.

En la tabla 3 tenemos datos del movimiento 1 para la intersección del estudio.

Tabla 3. ADE promedio en un periodo de 15 min

HORA	28-ene	30-ene	1-feb	2-feb	PROMEDIO
	ADES	ADES	ADES	ADES	
0:00	17	10	9	5	11
0:15	10	1	8	10	8
0:30	11	4	5	3	6
0:45	7	3	1	7	5

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se define el flujo vehicular del día; este mediante la obtención de la hora pico de ADE, donde se toma el valor más alto de ADE en la hora pico seleccionada.



Ejemplo: dados los siguientes datos del movimiento 4 de la intersección en estudio en ADE para el promedio de cuatro días de conteo, en periodos de 15 min, obtener el flujo vehicular.

HORA	ADE PROMEDIO	HORA PICO	FLUJO (Q_{15}) (ADE/HORA)
4:00	2	5	
4:15	0		
4:30	1		
4:45	2		
5:00	3	12	
5:15	2		
5:30	3		
5:45	4		
6:00	3	29	
6:15	9		
6:30	8		
6:45	9		
7:00	8	35	
7:15	11		
7:30	10		
7:45	6		
			11*4=44

Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento del cálculo del flujo vehicular (Q_{15}) se realiza para cada movimiento de la intersección en estudio. Lo anterior nos dará la capacidad para cada movimiento, con los cuales se efectúan las proyecciones a 10 y 20 años, con la tasa de crecimiento de la región y garantizar el diseño de una intersección con las especificaciones requeridas.

Uno de los puntos a tener en cuenta es la capacidad que debe tener una vía y en el caso de estudio, será con los criterios de intersecciones a desnivel en los valores promedio por carril de la capacidad de una vía.

intersecciones a desnivel

Calzadas Principales: 1000 ades/hora

Vías de Enlace: 1200 ades/hora

Fuente: Arboleda Vélez, German; (1a. Ed); (2011); Vías Urbanas.

5.3.2 realización de estudio de transito

Como primera medida, se determinó que el estudio debía ser con grabación continua de la intersección, las 24 horas del día durante 7 días de la semana, y así procesar un mínimo de 4 días de grabación.

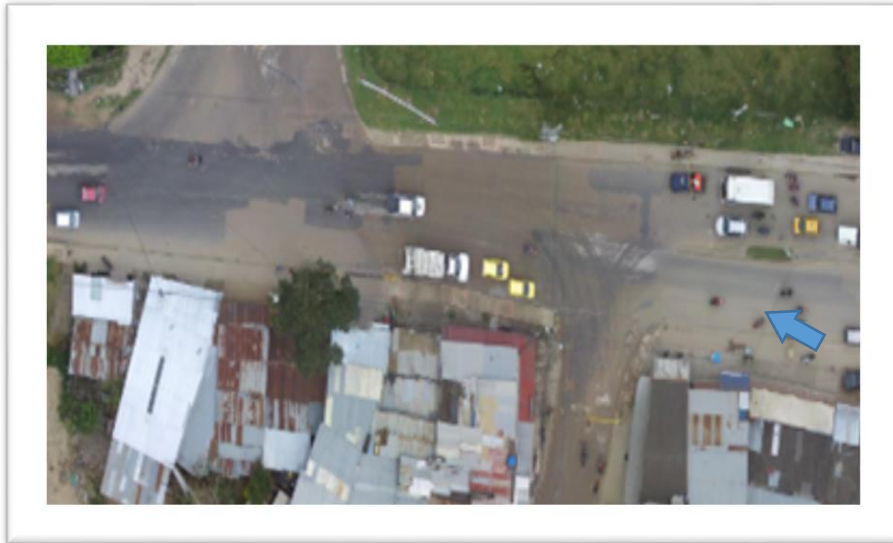
Se contrata una persona tecnólogo de obras civiles del Sena, Pitalito, para que esté pendiente del equipo de grabación, en cuanto a que opere las 24 horas durante los 7 días, instalando la cámara en un poste donde la visual para de toda la intersección. A su vez, se hace las conexiones y se deja el equipo en una propiedad cercana a la cámara. Ver ilustraciones 4,5, y 6

Ilustración 5. Instalación de la cámara.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6. Localización de la cámara dentro de la intersección



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7. Equipo de grabación.



Fuente: Elaboración propia

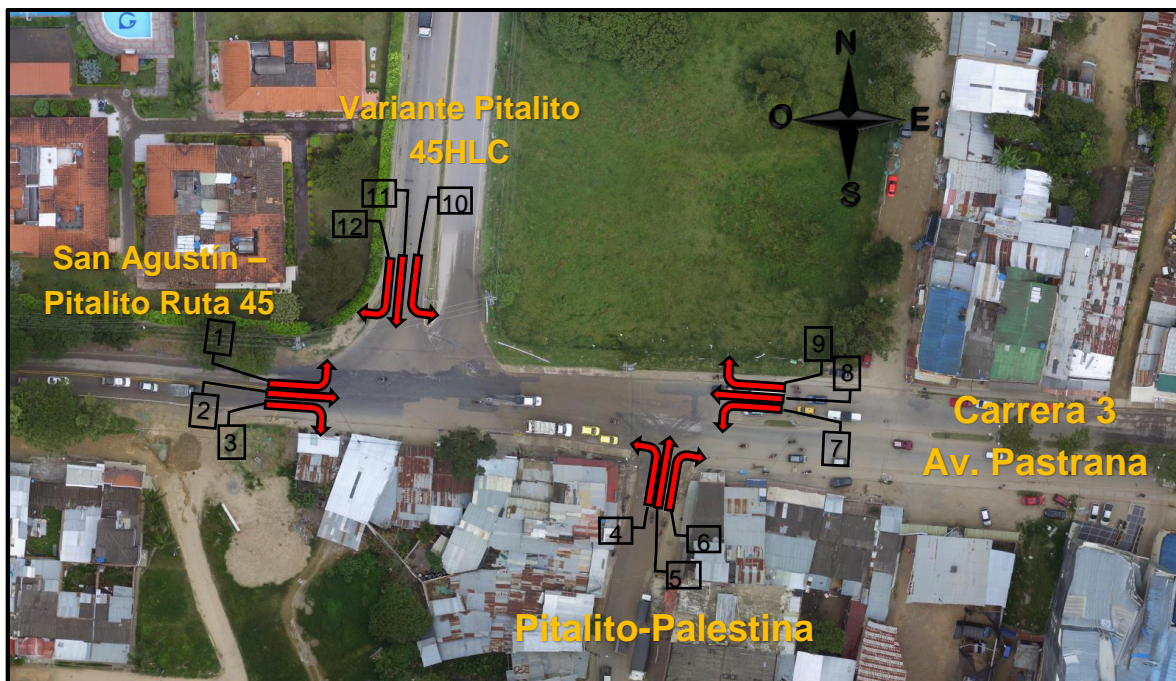
Una vez se tiene la grabación, se procede al procesamiento de la información; para ello se definen los movimientos que tiene la intersección.

Tabla 4 Movimientos vehiculares dentro de la intersección

No.	ORIGEN		DESTINO
1	SAN AGUSTÍN	A	VARIANTE
2	SAN AGUSTÍN	A	AVE. PASTRANA
3	SAN AGUSTÍN	A	PALESTINA
4	PALESTINA	A	SAN AGUSTÍN
5	PALESTINA	A	VARIANTE
6	PALESTINA	A	AVE. PASTRANA
7	AVE. PASTRANA	A	PALESTINA
8	AVE. PASTRANA	A	SAN AGUSTÍN
9	AVE. PASTRANA	A	VARIANTE
10	VARIANTE	A	AVE. PASTRANA
11	VARIANTE	A	PALESTINA
12	VARIANTE	A	SAN AGUSTÍN

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Identificación de movimientos vehiculares dentro de la Intersección



Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Volúmenes de tránsito.

Definidos los movimientos se procede a diligenciar la información según el anexo 1: Formato De Conteo Vehicular o Formato De Aforos, y según la clasificación vehicular de Colombia. Ver **“anexo 3: conteos vehiculares por día y por movimiento”** En este anexo se diligencia en periodos de 15 minutos y se totaliza el número de vehículos al final; también se calculan los vehículos directos equivalentes en periodos de 15 minutos.

Posteriormente, para poder determinar los volúmenes de tránsito en periodos de 15 minutos y en automóviles directos equivalentes, se promedian los datos totalizados de cada día, para cada uno de los movimientos. Esto se puede ver en el **“anexo 4: volúmenes promedio, hora pico y capacidad de cada movimiento”**

5.3.4. Flujo vehicular y capacidad.

Teniendo los automóviles directos equivalentes promedio de cada movimiento; y en periodos de 15 minutos, se puede determinar el flujo vehicular; para ellos en el **“anexo 4: volúmenes promedio, hora pico y capacidad de cada movimiento”** se determina la hora pico de cada movimiento, donde la hora pico es la suma mayor de cuatro periodos de 15 minutos seguidos.

Cuando se tiene la hora pico se calcula el flujo vehicular de cada movimiento; con este dato se trabajará en esta investigación.

$$PMHP = Q_{15} * 4$$

Donde:

Q₁₅: flujo vehicular en un periodo de 15 minutos.

PMHP: Periodo máximo en la hora pico.



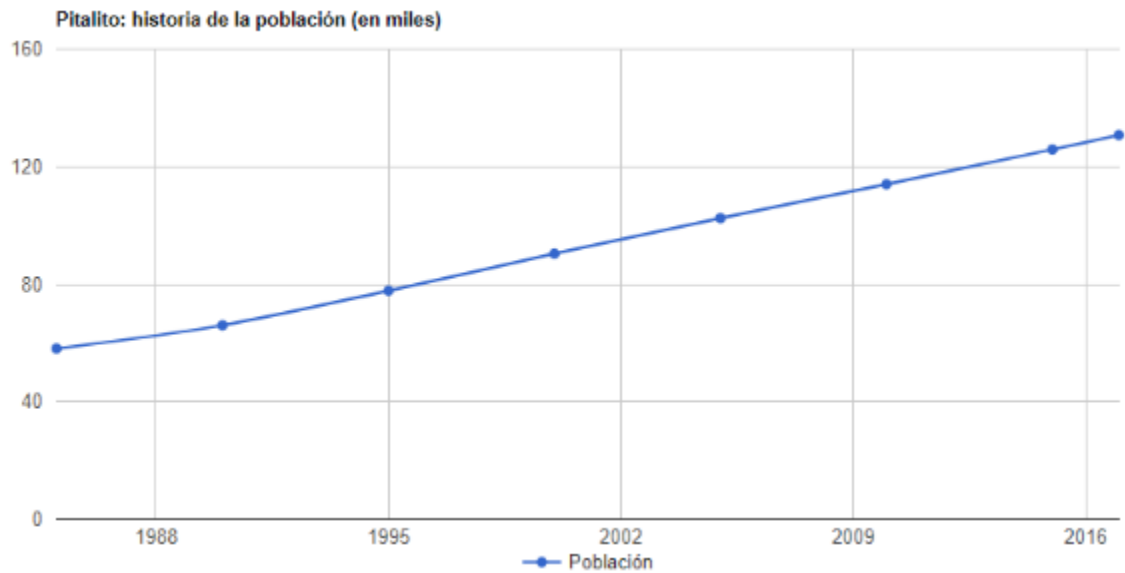
Tabla 5. Flujos vehiculares por movimiento.

No.	ORIGEN		DESTINO	HORA PICO	FLUJO HORA PICO (Q) EN ADES
1	SAN AGUSTÍN	A	VARIANTE	17:00	244
2	SAN AGUSTÍN	A	AVE. PASTRANA	17:00	388
3	SAN AGUSTÍN	A	PALESTINA	16:00	32
4	PALESTINA	A	SAN AGUSTÍN	7:00	44
5	PALESTINA	A	VARIANTE	17:00	176
6	PALESTINA	A	AVE. PASTRANA	14:00	144
7	AVE. PASTRANA	A	PALESTINA	18:00	188
8	AVE. PASTRANA	A	SAN AGUSTÍN	12:00	356
9	AVE. PASTRANA	A	VARIANTE	18:00	48
10	VARIANTE	A	AVE. PASTRANA	18:00	188
11	VARIANTE	A	PALESTINA	18:00	120
12	VARIANTE	A	SAN AGUSTÍN	12:00	236

Fuente: Elaboración propia

Teniendo los flujos vehiculares de cada movimiento, proyectamos los flujos a 10 años. Para ello, utilizamos un crecimiento del parque automotor similar al crecimiento poblacional; datos que se obtuvieron en el sitio web <http://poblacion.population.city/colombia/pitalito/>.

Ilustración 9. Crecimiento poblacional de Pitalito, Huila.



Fuente: <http://poblacion.population.city/colombia/pitalito/>.

Cambio anual de la población.

[1985-1990] **+2.58 %/Año**
[1990-1995] **+3.33 %/Año**
[1995-2000] **+3.05 %/Año**
[2000-2005] **+2.54 %/Año**
[2005-2010] **+2.16 %/Año**
[2010-2015] **+2 %/Año**
[2015-2017] **+1.92 %/Año**

Promediando el crecimiento tenemos una tasa de **2.51%** anual.

Se proyecta a diez años, de la siguiente manera:

$$P_f = P_0 * (1 + i)^t$$

Donde:

P_f : población final

P_0 : población inicial

i : tasa de crecimiento

t : periodo de proyección

Ejemplo: se proyecta a 10 años el flujo vehicular del movimiento 1.

$$P_f = 244 * (1 + 0.0251)^{10 \text{ años}}$$

$$P_f = 313$$

Tabla 6: Flujos vehiculares proyectados en 10 años, por movimiento.

No.	ORIGEN		DESTINO	HORA PICO	FLUJO HORA PICO (Q) EN ADE	FLUJO EN 10 AÑOS
1	SAN AGUSTÍN	A	VARIANTE	17:00	244	313
2	SAN AGUSTÍN	A	AVE. PASTRANA	17:00	388	497
3	SAN AGUSTÍN	A	PALESTINA	16:00	32	41
4	PALESTINA	A	SAN AGUSTÍN	7:00	44	56
5	PALESTINA	A	VARIANTE	17:00	176	226
6	PALESTINA	A	AVE. PASTRANA	14:00	144	185
7	AVE. PASTRANA	A	PALESTINA	18:00	188	241
8	AVE. PASTRANA	A	SAN AGUSTÍN	12:00	356	456
9	AVE. PASTRANA	A	VARIANTE	18:00	48	62
10	VARIANTE	A	AVE. PASTRANA	18:00	188	241
11	VARIANTE	A	PALESTINA	18:00	120	154
12	VARIANTE	A	SAN AGUSTÍN	12:00	236	302

Fuente: Elaboración propia

Se suman los flujos correspondientes a los carriles actuales y se compara con la capacidad de la intersección, utilizando el criterio de una intersección semaforizada la cual necesita 800 ADE/hora/carril.

Tabla 7. Capacidad de la intersección en 10 años, sin intervención.

UBICACIÓN	NO. CARRILES ACTUALES	FLUJO	CUMPLE
DE SAN AGUSTÍN	1	851	NO
A SAN AGUSTÍN	1	815	NO
DE PALESTINA	1	466	SI
A PALESTINA	1	436	SI
DE AV. PASTRANA	2	759	SI
A AV. PASTRANA	2	923	SI
DE VARIANTE	2	697	SI
A VARIANTE	2	600	SI

Fuente: Elaboración propia

5.3.5. Composición vehicular por movimiento.

Tabla 8: composición vehicular por movimiento.

MOV	MOTO	AUT	BUS	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6>	TPD
1	1716	1053	264	82	225	19	2	12	66	3439
2	3575	2176	348	89	138	15	0	1	2	6345
3	167	97	7	7	26	5	0	0	1	311
4	228	121	9	12	57	12	0	0	2	441
5	862	391	26	26	41	7	0	0	2	1355
6	1989	724	166	25	49	10	0	1	0	2964
7	2266	701	82	27	49	15	0	1	0	3141
8	3435	2075	274	84	139	10	0	2	3	6022
9	286	244	10	9	18	3	0	0	1	572
10	638	1402	134	20	30	4	0	1	3	2233
11	973	433	111	30	39	5	0	1	2	1594
12	1773	1147	310	82	221	27	4	10	66	3641

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9: composición vehicular en % por movimiento

MOV	MOTO	AUT	BUS	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6>
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	49.90	30.61	7.69	2.39	6.55	0.54	0.05	0.34	1.92
2	56.35	34.30	5.48	1.40	2.18	0.24	0.00	0.02	0.03
3	53.59	31.30	2.14	2.25	8.47	1.71	0.00	0.11	0.43
4	51.70	27.51	1.97	2.72	12.93	2.65	0.00	0.00	0.53
5	63.63	28.85	1.89	1.89	3.03	0.54	0.00	0.00	0.17
6	67.10	24.43	5.61	0.84	1.64	0.34	0.00	0.02	0.01
7	72.15	22.33	2.61	0.85	1.56	0.48	0.01	0.02	0.00
8	57.03	34.45	4.56	1.40	2.31	0.17	0.00	0.03	0.06
9	49.97	42.63	1.75	1.63	3.15	0.58	0.00	0.06	0.23
10	28.58	62.81	6.02	0.90	1.33	0.19	0.00	0.03	0.15
11	61.05	27.14	6.98	1.90	2.45	0.29	0.00	0.04	0.15
12	48.69	31.51	8.52	2.25	6.08	0.75	0.11	0.27	1.81

Fuente: elaboración propia.

5.4. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

5.4.1 Metodología general del levantamiento topográfico

5.4.1.1 Información secundaria

Recolectar información existente del terreno, como planos, puntos, mojones, deltas, bms, inventario de redes secas, húmedas e inventario arbóreo y certificados de fichas de puntos del IGAC.

5.4.1.2 Análisis y verificación de la información secundaria.

Con la información secundaria se procede a extraer la información de mayor interés, como coordenadas de mojones, deltas y ubicación de bms o marcas que sean de utilidad para georreferenciar el levantamiento. Estos valores extraídos de la información secundaria deben ser verificados en campo.

5.4.1.3 Reconocimiento y georreferenciación del terreno.

Para reconocer el terreno se realiza una inspección visual al área a levantar, identificando puntos estratégicos donde se observe la mayor extensión de terreno. En esta etapa, se verifica si los puntos obtenidos de la información secundaria existen y se puede georreferenciar a partir de estos puntos. Si no



existieren puntos GPS cercanos, es necesario la instalación de puntos GPS para la georreferenciación del proyecto.

5.4.1.4 Poligonal de amarre, nivelación y nube de puntos o radiación.

Con los puntos de control GPS o mojones y proyecto en coordenadas deseadas, se trazan alineamientos de la poligonal, ya sea abierta o cerrada, con su respectiva nivelación de deltas y ubicación de BM's en la franja de interés.

Con el proyecto amarrado al sistema de coordenadas deseado, poligonal de amarre y nivelación, se procede a realizar la radiación de puntos de terreno, bordes de vía, eje de vía, arboles, paramentos, linderos, cercos... y/o quiebres del terreno.

5.4.1.5 Trabajo de oficina.

Con la información de campo e información secundaria, se elabora el modelo digital del terreno y con ello la elaboración de planos topográficos e informe topográfico.

5.4.2. Condición inicial.

En campo se realiza la inspección de los corredores que conforman la intersección entre las rutas 45 y 45HLC, en el municipio de Pitalito, (Huila). A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los corredores de la intersección en estudio:

CORREDOR PITALITO – SAN AGUSTÍN: es una vía de dos carriles de 3.65m ancho cada uno, bidireccional, no se evidencia la existencia de bermas y cunetas, cuenta con una capa de rodadura en concreto flexible, con algunas fisuras longitudinales, baches, parches y piel de cocodrilo y su velocidad de operación varía entre los 40Km/h a 50Km/h.

Ilustración 10. Estado actual Ruta 45 – vía Pitalito – San Agustín



Fuente: Elaboración propia

CORREDOR VARIANTE PITALITO: es una vía doble calzada cada calzada con dos carriles de 3.3m cada uno, bordillos con una altura de 10 cm y ancho de 13cm, separador central variable de 1.5 a 2m, no se evidencia la existencia de bermas y cunetas, tiene capa de rodadura en concreto flexible, con algunas fisuras longitudinales, baches, parches y piel de cocodrilo, su velocidad de operación varía entre los 30Km/h a 40Km/h.

Ilustración 11. Estado actual Ruta 45 HLC – Variante Pitalito



Fuente: Elaboración propia

CORREDOR RUTA 45 HLC – VÍA PITALITO – PALESTINA: es una vía de dos carriles de 3.65m ancho cada uno, bidireccional, bordillos con una altura de 10 cm y ancho de 13cm, no se evidencia la existencia de bermas y cunetas, tiene capa de rodadura en concreto flexible, con algunas fisuras longitudinales, baches, parches y piel de cocodrilo.

Ilustración 12. Estado actual Ruta 45 HLC – vía Pitalito – Palestina



Fuente: Elaboración propia

5.4.3. Información secundaria

Se indaga en diferentes entidades acerca de la existencia de diseños que involucren la intersección en estudio, sin obtener información positiva. Se procede a identificar los mojones más cercanos del IGAC, se encuentra un mojón ubicado a 500mt aproximadamente de la intersección y cuenta con certificado; se incluye en el **Anexo 3** del presente estudio.

5.4.4. Análisis de información

Se obtienen las coordenadas del GPS 4155 del IGAC y se convierten las coordenadas geográficas en coordenadas planas magna sirgas oeste.

Tabla 10. Coordenadas Punto IGAC 4155 de amarre

COORDENADAS CARTESIANAS				
GPS	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	1° 51' 0.580679	76° 3' 51.34319	1303.03	GPS 4155
COORDENADAS MAGNA SIRGAS OESTE				
GPS	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	696380.6831	1112742.442	1303.03	GPS 4155

Fuente: Elaboración propia

5.4.5. Reconocimiento y georreferenciación del terreno

Se ubican puntos estratégicos, donde el visual abarque gran extensión de terreno, iniciando desde el GPS 4155 del IGAC; estos puntos son los deltas de la topografía.

A partir del GPS y la norte magnética, se orienta el equipo de levantamiento topográfico al sistema de coordenadas Magna Sigas Oeste.

5.4.6. Poligonal de amarre nivelación y radiación

Se realiza el levantamiento con una poligonal de base, la cual se chequea con cierre en coordenadas norte y este; se nivela y se chequea con contra nivelación, iniciando en el mojón GPS4155. Estos datos se pueden ver en el **anexo 6: nivelación, anexo 7 poligonal y anexo 8 radiación**.

Una vez se cuenta con la poligonal de base, se amarra y se hace radiación a lo largo del corredor vial de la vía. Se toman datos de todas las secciones transversales con los detalles de cercos, viviendas, obras de drenaje, arboles, etc.

Los datos de la radiación son los que se procesan y se analizan para el diseño de los diferentes estudios; para el caso del diseño geométrico se procesan con el software TOPO 3.

En total se utilizaron 15 deltas para la poligonal de base, para el amarre de la radiación del levantamiento topográfico.

Amarre Horizontal

A partir de los mojones materializados y posicionados, se estableció una poligonal que arranque en cada pareja de mojones y cierre en la siguiente pareja. La poligonal realizada tiene una precisión de cierre de mínimo 1:20.000.

Amarre Vertical

La poligonal realizada anteriormente se niveló y contra niveló, utilizando como bases los Deltas de la Poligonal para hacer los cierres parciales; el error de cierre es de 6mm en una longitud de 1650m.

Para la ejecución de los presentes levantamientos, se dispuso de los siguientes recursos en el proyecto.

- ❖ 1 Topógrafo
- ❖ 2 Cadeneros.
- ❖ 1 Dibujante.
- ❖ 1 Estación total.
- ❖ 1 Nivel de precisión
- ❖ 2 Computadores.
- ❖ 1 Camioneta doble cabina.

5.4.7. Trabajo de Oficina

En la oficina se descarga la información tomada en terreno, los datos crudos de la estación y las coordenadas delimitadas por coma, para posteriormente exportarlas a Topo 3. Con las coordenadas en Topo 3, se comienzan a unir los puntos con igual código o descripción, luego se dibuja la superficie de terreno con los puntos exportados, se dibuja la triangulación de todos los puntos de terreno natural, y enseguida se dibujan las curvas de nivel, cada (1) metro las curvas gruesas, cada (0.20) metros las curvas delgadas.

La altimetría es la parte de la topografía que estudia los métodos y los procedimientos para la determinación de la distancia vertical entre diversos puntos del terreno, es decir, la representación del relieve del mismo. Las cotas o niveles de los diversos puntos, pueden ser absolutas entre ellos o bien comparadas con un plano horizontal de origen: el nivel del mar.

Las curvas de nivel son empleadas para que el relieve en planos o mapas. Se denominan curva de nivel o una línea en la que todos los puntos en ella incluidos, tienen

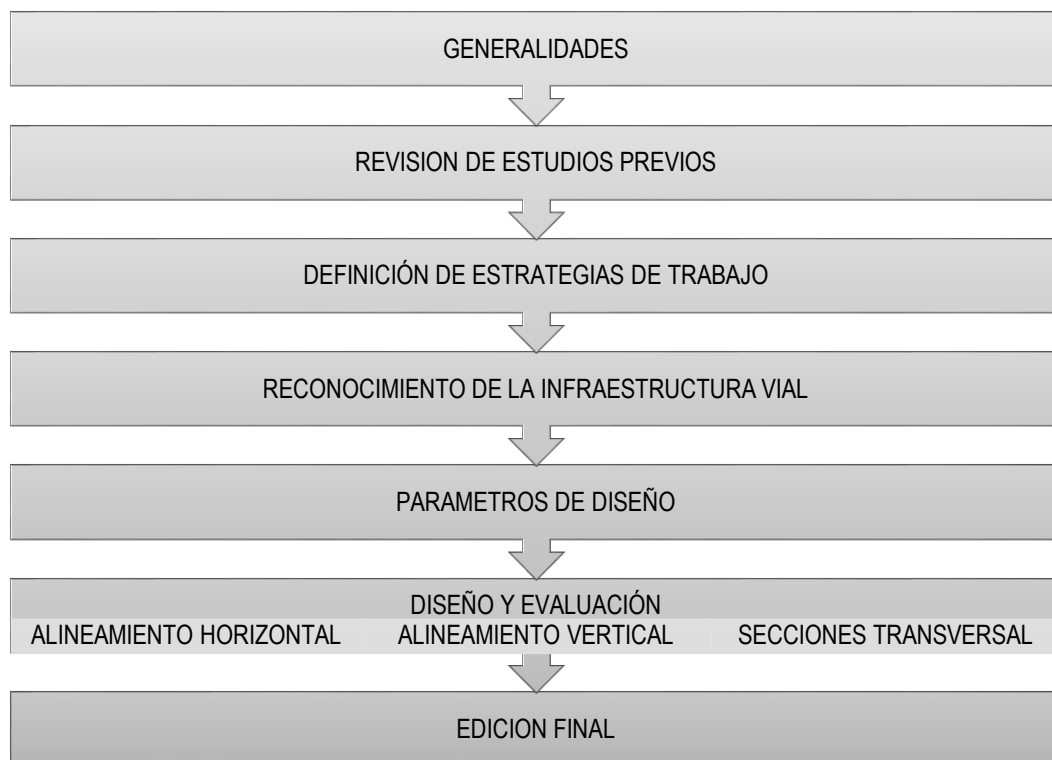
la misma altura o cota. Para el proyecto topográfico, se toman los puntos necesarios para representar el relieve del terreno en el plano.

Para el desarrollo de los proyectos se recopiló la información topográfica existente en sitio; adicionalmente se obtuvo datos de planta y perfil, información con la cual se realizó la modelación del lote con el software Topo 3, conjugando todos los aspectos necesarios a tener en cuenta en la elaboración del modelo, buscando siempre una congruencia tridimensional de la planta con el perfil y siendo consecuentes con la topografía existente.

5.5. ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO

5.5.1. Metodología general del diseño geométrico

La metodología empleada en el diseño geométrico para llevar a cabo el MEJORAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC, EN EL MUNICIPIO DE PITALITO, (HUILA), se presenta en el diagrama de flujo siguiente.



5.5.1.1. Revisión de estudios previos

Se debe recopilar la información que exista en cuanto al trazado y características establecidas para los diseños (características geométricas iniciales), para realizar los análisis y ajustes correspondientes, teniendo en cuenta la información topográfica actualizada.



Deben consultarse los estudios desarrollados (si existen), para el proyecto como son: tránsito, hidráulico, geotécnico y paisajístico, con el fin de seguir sus recomendaciones y lograr con ello el diseño que mejor se ajuste a los requerimientos, o por el contrario, dar pautas a ellos para que sus diseños y recomendaciones finales den solución a los inconvenientes que se presenten, por el trazado en zonas donde este no pueda ser modificado.

5.5.1.2 Definición de estrategias de trabajo

Se establecen dentro de esta actividad, las diferentes alternativas o métodos con los que se llevarán a cabo los diseños de acuerdo con la topografía existente y se definen los procedimientos a emplear en la ejecución de cada actividad involucrada en el diseño.

5.5.1.3 Reconocimiento de la infraestructura vial

En este aparte, se establecen las características del corredor, de acuerdo con la información actualizada, dada por los estudios topográficos, con el fin de definir puntos de control que obliguen a ajustar de una u otra forma los trazados iniciales y sus elementos.

5.5.1.4 Parámetros de diseño

Este capítulo de gran relevancia tanto como el de topografía ha sido evaluado muy detalladamente para no incurrir en incongruencias de tipo técnico, económicas y ambientales, de acuerdo con el tipo de vía que se debe diseñar.

En este aparte, se estudian los diferentes parámetros que regirán los diseños de acuerdo con las normas vigentes en la medida de lo posible, teniendo en cuenta las recomendaciones y exigencias de los estudios realizados; de igual manera, se analizan las características del trazado existente, con el fin de llevar a cabo los ajustes correspondientes de acuerdo con las especificaciones dadas.

5.5.1.5 Diseño y evaluación

Dentro de este capítulo se elaboran los diseños de tal manera que permitan realizar una evaluación general de la funcionalidad de la vía, afectación de predios, tipo de estructuras que deberán diseñarse y con ello hacer un análisis apreciativo de los costos de construcción, estimativo que permite, finalmente, decidir los cambios que deben efectuarse y proceder así a realizar los diseños definitivos.

Una vez estudiada la integración de la vía a la red vial existente y definidos todos y cada uno de los parámetros que rigen su diseño y especificaciones, se procede a precisar los diseños, dimensionando todos los elementos que caracterizan los alineamientos horizontales, verticales y las secciones transversales.



Finalizada esta etapa, se cuenta con la información completa y precisa de todos los "PIs", alineamientos y demás elementos que permiten la localización del proyecto.

Finalmente, se procede a realizar el cálculo de los elementos que conforman las curvas verticales y horizontales (alineamiento), representados gráficamente en planos planta-perfil.

5.5.1.6 Edición final

La representación gráfica de todos los elementos que conforman el diseño vial final del Corredor mencionado, será la base fundamental para lograr llevar a cabo los análisis económicos y finalmente la de construcción. Esta representación gráfica consiste en la elaboración de los planos planta-perfil, que contienen:

Diseño en planta

- ❖ Cuadro de coordenadas
- ❖ Elementos de las curvas
- ❖ Abscisado
- ❖ Norte
- ❖ Nomenclatura vial
- ❖ Dirección de flujos vehiculares
- ❖ Obras existentes
- ❖ Obras por construir
- ❖ Línea de paramentos
- ❖ Predios significativos

Diseño en perfil

- ❖ Registro de la nueva rasante
- ❖ Registro de la rasante actual
- ❖ Abscisas
- ❖ Cota negra
- ❖ Cota roja

5.5.2. Parámetros de Diseño

Tabla 11. Parámetros de Diseño

Parámetro	EJE 1 W-E	EJE 2 W-S	EJE 3 W-S	EJE 4 W-S	EJE 5 W-S
Velocidad de diseño	50 Km/h	30 Km/h	30 Km/h	30 Km/h	30 Km/h
Número de calzadas	2	1	1	1	1
Ancho calzada	7 m	6 m	6 m	6 m	6 m
Radio mínimo de curvatura	73 m	21 m	21 m	21 m	21 m
Peralte máximo	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Pendiente mínima	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Pendiente máxima	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
Bombeo normal	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Parámetros de Diseño (Glorieta)

Parámetro	Intersección 1	
Velocidad de diseño	30 Km/h	
Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos/hora. (Qp)	1818	
Ancho de la sección de entrecruzamiento (W)	8.8	
Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento (e)	6.75	
Longitud de la sección de entrecruzamiento (L)	23.9	
Diámetro isla central	30	
Diámetro círculo inscrito	23.5	
Relación W/L	0.37	
Radio interno mínimo en los accesos	De entrada	30
	De salida	40

Fuente: Elaboración propia



5.5.3. Alineamiento horizontal y vertical

Con base en la información topográfica y cartográfica, se realizó la modelación de la superficie del terreno natural. Con las curvas de nivel ya definidas, se inicia el trazado del alineamiento horizontal acercándose al máximo a las condiciones existentes. El diseño de Rasante se desarrolla sobre terreno Plano y se tiene especial cuidado en acatar los valores mínimos y máximos, en cuanto a pendientes longitudinales de acuerdo con lo establecido en el *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras Invias 2008*.

5.5.4. Criterios de Diseño

5.5.4.1. Elementos básicos para el trazado del corredor

Todo proyecto de Diseño Geométrico, depende básicamente de las características físicas y topográficas del área de influencia, dimensionales y operativas de los vehículos que transitan por ella, características del tránsito vehicular y de la velocidad de diseño; estos factores determinan los llamados “parámetros de diseño”, que son determinantes para el desarrollo del estudio.

En este capítulo se hace referencia a la determinación de estos parámetros para el diseño de la calzada, teniendo como base principal el *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Invias 2008*, estudios de tránsito, topografía, geología y ambiental desarrollados para este proyecto.

5.5.4.2. Parámetros de Diseño

Los criterios y parámetros de Diseño Geométrico son los que definen los elementos de los alineamientos vertical y horizontal, de manera que brinden funcionalidad, comodidad y seguridad al usuario. De allí la importancia de realizar un análisis detallado de todos los factores que influyen en la determinación de los mismos, con el fin de obtener resultados que sean acordes al área de influencia directa del proyecto.

5.5.4.3. Velocidad de Diseño

Uno de los parámetros más importantes para el desarrollo del estudio de trazado del corredor, desde el punto de vista de Diseño Geométrico es el de la velocidad de diseño; de ella dependen las características de la vía a diseñar, de manera que garantice seguridad y comodidad al usuario.

La velocidad de Diseño: se define como la máxima velocidad a la cual pueden circular con seguridad los vehículos con seguridad sobre una vía. La Velocidad de Diseño de un tramo homogéneo, (VTR), está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

A un tramo homogéneo se le puede asignar una Velocidad de Diseño (VTR) en el rango que se indica en la

Tabla 13. **Velocidad de Diseño**. En ella se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país.

Tabla 13. Velocidad de Diseño.

Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (V_{TR}) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Invias 2008

Para el corredor propuesto y presentado en éste informe, se selecciona como velocidad de diseño, $V_{TR} = 80 \text{ km/h}$. Considerando que la intersección a diseñar se encuentra en una zona urbana y las velocidades en este tipo de zonas por seguridad no superan los 60 km/h y el flujo vehicular transita a una velocidad de máximo 50 km/h, se adopta una velocidad de diseño, $V_{TR} = 50 \text{ km/h}$, para el eje principal.

La velocidad de Operación (V_{op}), es un porcentaje de la velocidad de diseño y está definida como la máxima velocidad a la cual puede viajar un vehículo en un tramo, bajo condiciones prevalecientes de tránsito y bajo condiciones atmosféricas favorables, sin rebasar en ningún caso la velocidad del proyecto o de diseño. En la Tabla 14. Velocidad de operación para diferentes condiciones de Tránsito. Se presenta la relación entre velocidad de operación y el flujo vehicular, en la cual se basa la determinación de la velocidad de operación para este estudio.

Tabla 14. Velocidad de operación para diferentes condiciones de Tránsito

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO (Km/h)		
	VOLÚMENES BAJOS	VOLÚMENES MEDIOS	VOLÚMENES ALTOS
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	---
120	105	85	---

Fuente: Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (2011); Vías Urbanas.

Velocidad de Específica (V_{CH}): Se define el procedimiento para calcular la velocidad específica, de acuerdo con los parámetros descritos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INV-2008, como se presenta en el numeral 2.1.3 del *Capítulo 2. Controles Para El Diseño Geométrico*.

De acuerdo con la tabla 2.6.4 (velocidad específica de una curva horizontal V_{CH} , incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño V_{TR}), se establecen las velocidades específicas de a los elementos geométricos del trazado, tales como: Entre tangencias, deflexiones y velocidad específica de la curva horizontal anterior, V_{CH} .

Tabla 15. Velocidad Específica De Una Curva Horizontal

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior V_{CH} (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) \leq 50 km/h					Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) $>$ 50 km/h				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)									
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
$\Delta < 45^\circ$		$\Delta \geq 45^\circ$	$\Delta < 45^\circ$				$\Delta \geq 45^\circ$			
V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
CASO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Invia 2008

5.5.4.4. Radios de Giro

El radio mínimo ($RC_{\text{mín.}}$) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (VCH), de acuerdo con el peralte máximo ($e_{\text{máx.}}$) y el coeficiente de fricción transversal máxima ($f_{\text{Tmáx.}}$). El Radio mínimo de curvatura debe ser usado en situaciones extremas, en donde las condiciones topográficas no permitan el libre desarrollo del trazado del corredor.

El radio mínimo de giro de un vehículo es el radio de la trayectoria mínima externa de giro descrita por su llanta externa delantera. Dicha trayectoria depende de la distancia entre ejes y del ancho entre las caras externas de las llantas, por esta razón, el radio de giro depende directamente del tipo de vehículo.

5.5.4.5. Entretangencias

Corresponde a la distancia comprendida entre el punto final de una curva horizontal (PT o ET) y el punto inicial de otra curva horizontal sucesiva (PC o TE), y varía según se aplique a curvas del mismo sentido o de sentido contrario. Esta longitud debe ser como mínimo, la necesaria para contener la transición que hay de la sección transversal con bombeo normal a la sección transversal con peralte, para cada una de las dos curvas sucesivas.

5.5.4.6. Pendientes

La influencia de las pendientes en el diseño del alineamiento vertical, (Rasante), se nota en la regulación de las velocidades que desarrollan los vehículos, sin embargo, se considera que para pendientes menores del 3%, las velocidades se mantienen aproximadamente uniformes; las pendientes mínimas estarán determinadas por las condiciones de drenaje.

La relación de pendiente - categoría de la vía, se indica en la siguiente tabla:

Tabla 16. Relación de pendiente y velocidad específica

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Invias 2008

El diseño propuesto en este estudio de rasante tiene como pendientes **máximas el 6%** y pendiente **mínima de 0.5%**.

5.5.4.7. Distancia de visibilidad de parada (Dp)

Se considera como distancia de visibilidad de parada desde un determinado punto de la carretera, a la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerse antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria, al circular a la velocidad específica del elemento (V_{CH} , V_{ETH} , V_{CV} o V_{TV}), en el cual se quiere verificar esta distancia de visibilidad.

La longitud requerida para detener el vehículo será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante un tiempo de percepción - reacción y la distancia recorrida durante el frenado.

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción (adoptado en dos y medio segundos 2.5 s para efectos del proyecto), se mide desde el momento en que se hace visible el obstáculo, hasta el instante en que se aplican los frenos. En esta distancia se supone que el vehículo circula con movimiento uniforme a la velocidad específica del elemento.

Con la siguiente ecuación se puede calcular la distancia recorrida durante el frenado (d) afectada por la pendiente de la rasante.

$$d = \frac{Ve^2}{254 * \left(\frac{a}{9.81} \pm \frac{p\%}{100} \right)} \quad (1)$$

La distancia de visibilidad de parada (DP) se calcula mediante la expresión:

$$Dp = 0.695 * Ve + d \quad (2)$$

Dónde:

- **d**: Distancia recorrida durante el trabajo de frenado, en metros.
- **a**: Rata de desaceleración, igual a 3.4 m/s².
- **p**: Pendiente de la rampa, en porcentaje.
- **Ve**: Velocidad Específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado (V_{CH} , V_{ETH} , V_{CV} o V_{TV}), en km/h.
- **DP**: Distancia de Visibilidad de parada, en metros.

5.5.4.9. Secciones Transversales

La sección transversal de una carretera en un punto cualquiera, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal que permite definir las dimensiones de los elementos que conforman dicha vía, como ancho de calzada, ancho de berma, cunetas y taludes.

Ilustración 13 Sección transversal propuesta



Fuente: elaboración propia

5.5.5. Modelo Computacional Del Diseño Geométrico

Actualmente existen nuevas tecnologías que le dan mayor rapidez, alta precisión y rendimiento a los procesos de cálculo y dibujo del Diseño Geométrico. Minimizan al máximo el error humano y representan una gran ventaja, porque generan una gran reducción en el tiempo para obtener los elementos que conforman los alineamientos de las curvas. Estas nuevas tecnologías permiten determinar los elementos que conforman el Diseño Geométrico con su respectivo alineamiento; el proceso a seguir para la utilización de este sistema se describe a continuación.

Una vez se procesa toda la información cartográfica, se definen las líneas de pendiente y luego los ejes de las calzadas de cada una de las alternativas, para luego precisar los diseños dimensionado cada una de las curvas, tanto horizontales como verticales, de tal manera que sus especificaciones brinden seguridad, comodidad y funcionalidad a la vía.



La determinación de los elementos restantes responde a una serie de procedimientos y operaciones matemáticas que definirán así sus dimensiones; información que se precisa en los planos de construcción. En esta etapa, se cuenta con la ayuda de "software" conocidos comercialmente como **AutoCAD CIVIL 3D** y el programa **TOPO3**, con el fin de sistematizar y optimizar los procedimientos que se siguen dentro del Diseño Geométrico, con lo cual se busca disponer de mayor tiempo para el análisis de las diferentes alternativas, hasta lograr la más funcional que se acomode mejor en la distribución de los espacios, logrando así el proyecto más económico, y que cumpla con las especificaciones dadas. Esto se logra debido a que dichos software son herramientas que agilizan el cálculo y dibujo y cualquier modificación que se realice en los diseños se puede obtener rápidamente, para una vez analizada se apruebe o no.

Ver anexo 10: diseño geométrico alternativa 1

Ver anexo 11: diseño geométrico alternativa 2

5.6. ESTUDIOS DE SEÑALIZACIÓN

5.6.1. Metodología de la Señalización y Demarcación

El proceso empleado para el desarrollo del estudio de Señalización y Demarcación, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial Dispositivos Uniformes para la Regulación del Tránsito en Calles y Carreteras y Ciclorrutas 2015 se describe brevemente en los siguientes apartes:

5.6.1.1 Revisión de la normatividad existente

Se debe recopilar la información existente sobre los métodos utilizados para la implementación de los dispositivos de control de tránsito que regulan el funcionamiento de las vías; así como también, las normas que rigen este parámetro a nivel nacional para llevar a cabo los ajustes correspondientes y definir el tipo de señales y demarcación que se van a emplear.

5.6.1.2 Evaluación de la situación actual

Se establecen dentro de este aparte las características de los dispositivos de control que regulan el tránsito de los tramos que actualmente cuentan con una infraestructura determinada, de tal forma que se pueda evaluar su estado y funcionalidad, para con ello determinar las mejoras que deben llevarse a cabo, como es el caso de la distribución de los sentidos viales y hacer las recomendaciones del caso.

5.6.1.3 Estudio de dispositivos para el proyecto

En esta etapa se analiza de manera detallada los sectores en los que esté dividida la totalidad de la vía y los cruces de ella con vías de igual o menor jerarquía, sus características geométricas y su funcionalidad, de tal manera que se defina el tipo de señal que debe emplearse y la ubicación exacta donde debe situarse.

De igual manera, se define el tipo de demarcación que se debe complementar a la reglamentación e información dada por las señales, con lo cual se garantice la circulación en forma ágil y segura.

5.6.1.4 Señalización y demarcación utilizada en el proyecto

Una vez determinada la señalización y demarcación del proyecto definitivo, es necesario presentar todas las señales utilizadas y la demarcación definida, a fin de cuantificar este ítem, para que a futuro su costo se involucre dentro del análisis económico del proyecto, como parte integral del funcionamiento de la vía y del mantenimiento de la misma.

5.6.1.5 Elaboración del documento final

Como resultado final de los estudios de señalización se elabora un documento junto con el plano representativo de las vías de diseño.

5.6.2. Generalidades

El estudio y diseño de señalización y demarcación se desarrolló en forma complementaria al Estudio de Diseño Geométrico, con el fin de proporcionar a los usuarios de la vía, la información suficiente que propicie un funcionamiento adecuado dentro de los lineamientos de agilidad, comodidad y seguridad. Este estudio tiene como material básico para su desarrollo, el "Manual De Señalización Vial, Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas" del Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías, según lo establece la ley 769 de 2002.

Este documento en forma introductoria expresa aspectos generales sobre la necesidad de realizar planeamiento de control de tránsito, mediante señalización y demarcación vial. Luego, se plantean los objetivos, antecedentes, justificación y el alcance que se tendrá, para posteriormente establecer la metodología de trabajo. Adentrado en la realización, se relacionan aspectos básicos del tema y se procede a determinar las principales señales a emplear, para finalmente localizar y evaluar el sistema definido, mediante el uso de planos planta-perfil en escala 1:500. Como parte complementaria, se proporcionan aspectos generales sobre la señalización y demarcación en el momento de construcción de la obra.

El objetivo principal de los sistemas de control de tránsito, como la señalización y demarcación en la vía, es indicar al usuario las precauciones, limitaciones y la información estrictamente

necesaria que debe tener en cuenta, para que su comportamiento sea coherente y reglamentado, con el fin de optimizar el tiempo empleado en los desplazamientos, minimizando los riesgos.

5.6.3. Diagnóstico del Corredor

La vía diseñada geoméricamente presenta las siguientes condiciones, de esta forma se da un diagnóstico inicial del trazado geométrico:

Tabla 17. Parámetros geoméricos de la vía

Parámetro	EJE 1 W-E	EJE 2 W-S	EJE 3 W-S	EJE 4 W-S	EJE 5 W-S
Velocidad de diseño	50 Km/h	30 Km/h	30 Km/h	30 Km/h	30 Km/h
Número de calzadas	2	1	1	1	1
Ancho de calzada	7 m	6 m	6 m	6 m	6 m
Radio mínimo de curvatura	73 m	21 m	21 m	21 m	21 m
Peralte máximo	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Pendiente mínima	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Pendiente máxima	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
Bombeo normal	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%

Fuente: Elaboración propia.

5.6.4. Dispositivos de control de Tránsito

Considerando el acelerado crecimiento del parque automotor y desarrollo de nuestras ciudades, las entidades gubernamentales se ven obligadas a crear políticas de seguridad vial, para disminuir los altos índices de accidentalidad, por tanto el ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías, establecen el "Manual de Señalización Vial, Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas ", con el cual se busca brindar una guía a usuarios y diseñadores del significado de cada dispositivo, y con ello determinar la manera como deben circular a través de las vías. De igual manera, el documento constituye un medio de consulta y norma para las dimensiones, localización precisa, colores, materiales y demás detalles, tanto de las señales como de la demarcación en nuestro medio; por tal motivo para estudios de la señalización y demarcación de las obras de rehabilitación, aunque cuentan con el apoyo de otros documentos, su principal base será el manual mencionado y es en éste, donde deben consultarse las características de las señales y marcas utilizadas, ya

que en los planos se presenta la solución esquemática y sólo se precisa la ubicación de cada dispositivo.

5.6.5. Señales

Se denominan señales de tránsito, a los dispositivos especiales, que indican la forma correcta como deben circular los usuarios de las calles y carreteras, buscando que dicha circulación sea regulada y dirigida.

5.6.5.1. Función.

La principal función de las señales de tránsito, es indicar a los usuarios de las vías, las restricciones bajo las cuales debe moverse, las prevenciones que debe tener y la información estrictamente necesaria de su ubicación y los sitios donde las vías lo dirigen.

5.6.5.2. Ubicación y Visibilidad.

Las señales de tránsito, deben ser reflectivas o en tal caso estar bien iluminadas, de tal forma que se garantice su visibilidad en horas de la noche, y la ubicación de ellas dentro del ancho de la sección transversal de la vía depende directamente del tipo de señal.

5.6.5.3. Clasificación.

Las señales se clasifican en Señales Preventivas (SP), Señales Restrictivas (SR) y Señales Informativas (SI).

❖ SEÑALES PREVENTIVAS

Ilustración 14. Señal Preventiva



Fuente: Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Las señales preventivas son tableros fijados en postes, con símbolos que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia y naturaleza de algún peligro. El tablero de estas señales será cuadrado con las esquinas redondeadas y se colocará sobre su diagonal en un soporte que al igual que el tablero deberán llenar condiciones de resistencia, durabilidad y presentación.

El tamaño del tablero como las dimensiones de los símbolos, deberá cumplir las especificaciones exigidas por las normas vigentes de la nación, según el Manual de Señalización Vial, mencionado.

El color del fondo de las señales preventivas, será amarillo según el patrón aprobado y los símbolos, caracteres y filetes serán negros.

Las señales preventivas se colocarán antes del riesgo que se trate de señalar, a una distancia que depende de la velocidad de proyecto o de marcha, en caso que la primera se desconozca. La ubicación lateral responde a las indicadas en el Manual y deberán quedar siempre en posición vertical, “de tal forma que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados”. Para este proyecto, las señales preventivas fueron localizadas a 30 metros del sitio de decisión, tomando como base una velocidad de operación de 30 Km.

Tabla 18. Ubicación Longitudinal De Las Señales Preventivas

Velocidad (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia (m)	30	40	55	75	95	115	135	155	175

Fuente: Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

❖ SEÑALES RESTRICTIVAS

Ilustración 15. Señal Restrictiva



Fuente: Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Las señales restrictivas son tableros fijados en postes, con símbolos y/o leyendas que tienen por objeto indicar a los usuarios la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito.

El tablero de estas señales será de forma redonda, excepto las de "PARE" Y "CEDA EL PASO", cuyas formas son octagonal y triangular respectivamente. Tanto el tablero como su soporte deberán cumplir condiciones de resistencia, durabilidad y presentación.

El tamaño del tablero como las dimensiones de los símbolos y caracteres deberán cumplir las especificaciones exigidas por las normas vigentes de la nación (Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de Vías).

El color del fondo de las señales restrictivas será blanco en acabado reflejante, el anillo y la franja diametral serán en color rojo de acuerdo con el patrón exigido por las normas, y su símbolo, letras y filetes serán en color negro.

Las señales restrictivas se colocarán en el punto mismo donde existe la restricción o prohibición, su ubicación lateral responde a la indicada en el Manual de referencia para este estudio y deberá quedar siempre en posición vertical, a 90° con respecto al eje de la vía.

❖ SEÑALES INFORMATIVAS

Ilustración 16. Señales Informativas



Fuente: Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Las señales informativas son tableros fijados en postes con leyendas y/o símbolos, que tienen por objeto guiar al usuario en su recorrido por calles y carreteras, e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, kilometraje, intersecciones y cruzamientos, destinos y ciertas recomendaciones que deben tenerse en cuenta.

Estas señales se clasifican en: **Señales Informativas de Destino, de Ruta, de Kilometraje y de Información General.** Las señales de Destino se dividen a su vez en **Señales Previas** que indican antes de una intersección o cruzamiento y en ella, la dirección correcta por seguir



para llegar a una población o sitio determinado ; **Señales Confirmativas** que como su nombre lo indica, confirman la dirección escogida después de una intersección o cruzamiento e indican el recorrido en kilómetros por efectuar para llegar a un sitio determinado y **Señales Elevadas** que se aplican en vías principales, autopistas o vías expresas, donde existe alta incidencia de tráfico.

Las señales de ruta identifican la vía que se está recorriendo, los postes de kilometraje se utilizan para indicar el abscisado de la vía, a partir de un sitio determinado y las señales de información general indican la localización de sitios de interés que se encuentran a lo largo de una ruta, o la ubicación de lugares destinados a la prestación de servicios.

Las **Señales Informativas de Ruta**, se presentan en tableros con forma de escudo, de fondo color blanco reflejante, con símbolos, letras y filetes negros. **Las Señales Informativas de Destino** serán tableros rectangulares con bordes redondeados, de fondo color verde patrón y las letras, números, flechas y filetes en color blanco, reflejante; las **Señales Previas** se ubicarán anticipadas a la intersección, a una distancia tal que permita a los conductores conocer los destinos y preparar las maniobras necesarias para tomar el elegido, esta distancia dependerá de la velocidad de operación, y de las características geométricas y topográficas de la vía, pero de ninguna manera deberá ser inferior a 125 m de la intersección; las **Señales Decisivas** se colocarán en el lugar donde el usuario pueda optar por la ruta que le convenga y la **Señal Confirmativa** se colocarán después de la intersección, a una distancia tal que no exista el efecto de los movimientos direccionales, pero esta distancia no podrá ser inferior a 100 m.

Por último, las **Señales de Kilometraje y de Información General** se colocarán en tableros rectangulares cuyas dimensiones deben responder a las establecidas en las normas nacionales y se ubicarán en el punto al que se refiera la información; el fondo será blanco mate con letras, símbolos y filetes negros, a excepción de las que indican la prestación de un servicio, cuyo fondo es de color azul mate y los símbolos, letras, flechas y filetes en blanco reflejante.

5.6.6. Marcas Viales.

Las marcas viales son las rayas y letras que se pintan en el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes a las vías, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento, con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos.

5.6.6.1 Función.

Las marcas viales tienen como función complementar las reglamentaciones o informaciones de otros dispositivos de tránsito, o transmitir mensajes sin distraer la atención del conductor. Cada marca en particular deberá usarse, únicamente para transmitir el respectivo mensaje.



5.6.6.2. Materiales, Colores y Letras.

Las marcas viales deben hacerse mediante el uso de pinturas. Sin embargo, puede utilizarse otro tipo de material, siempre y cuando cumpla con las especificaciones de color y visibilidad durante el tiempo que sea necesario. Pueden utilizarse unidades individuales que sobresalgan 2.5 cm de la superficie del pavimento, haciendo contacto entre sí, formando líneas continuas o segmentadas.

Las marcas deben ser blancas o amarillas; la primera se empleará para indicar separación entre tránsito del mismo sentido, y la segunda para indicar separación entre tránsito de sentidos contrarios sobre una misma calzada.

Las letras serán las del alfabeto y deberán cumplir con las especificaciones dadas por las normas vigentes (Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de Vías).

5.6.6.3. Clasificación.

Las marcas viales se clasifican en:

➤ **Marcas Longitudinales**

- ✓ Líneas centrales.
- ✓ Líneas de canal.
- ✓ Líneas de borde de pavimento.
- ✓ Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido.
- ✓ Demarcación de bermas pavimentadas.
- ✓ Demarcación de canalización.
- ✓ Demarcación de transiciones en el ancho del pavimento.
- ✓ Demarcación de aproximación a obstáculos.
- ✓ Demarcación de aproximación a pasos a nivel.
- ✓ Demarcación de límites de estacionamiento.
- ✓ Demarcación de uso del canal.

➤ **Marcas transversales**

- ✓ Demarcación de PARE.
- ✓ Demarcaciones de pasos peatonales.

➤ **Marcas de bordillos y sardineles.**

Marcas de objetos

- ✓ Dentro de la vía.
- ✓ Adyacentes a la vía.

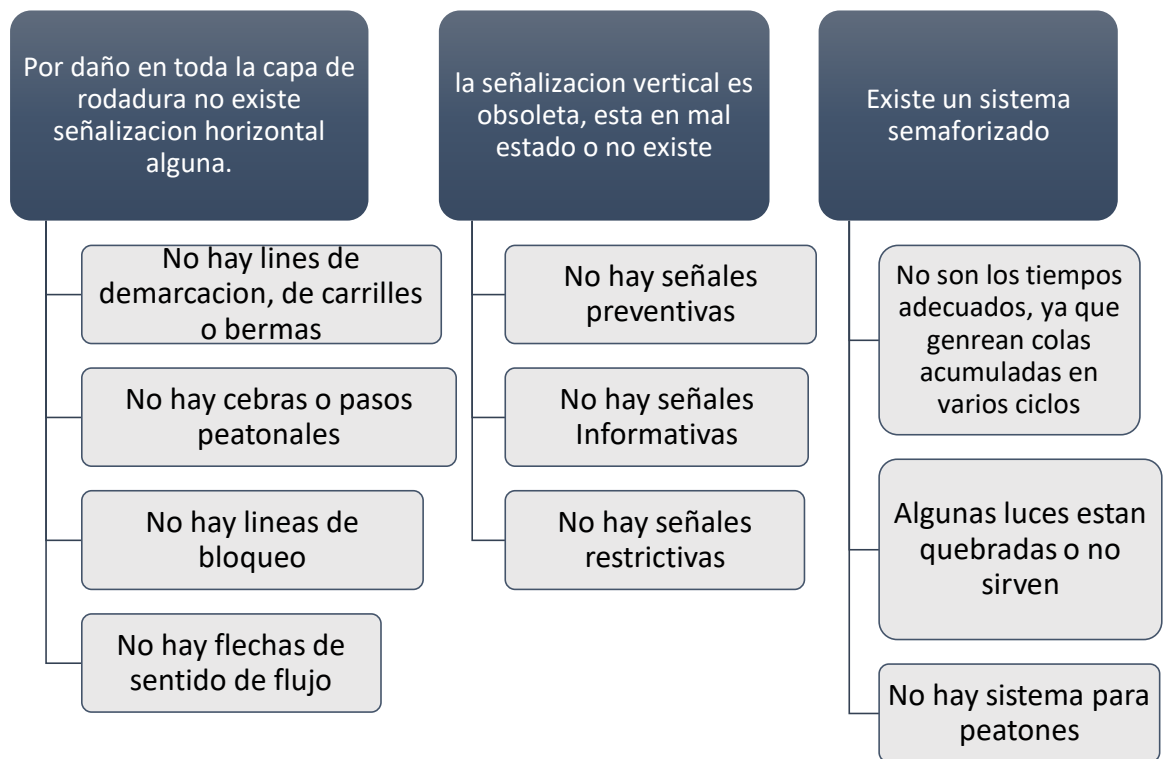
Marcas especiales

- ✓ Demarcadores de peligro.
- ✓ Delineadores.

Las características de todas las marcas que se utilizan deben cumplir con las especificaciones que se contemplan en el "MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL, DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORUTAS" del Ministerio de Transporte y el Instituto nacional de Vías o en tal caso, por las normas vigentes de la nación.

5.6.7. Estado actual de los dispositivos de control del tránsito

Los corredores en referencia se encuentran en malas condiciones en cuanto a señalización y demarcación; ya que la cantidad de señales que rigen el comportamiento de los usuarios a través de las vías es insuficiente; a continuación, se presenta un listado de las características de la señalización o ausencia de la misma en la intersección del estudio.



Fuente: elaboración propia

5.6.8. Señalización y demarcación del proyecto

En esta sección, se presenta a nivel general los detalles con los cuales se lleva a cabo el diseño de la señalización y demarcación del proyecto; no se precisa en características como la dimensión, color, materiales y demás detalles de los dispositivos que se utilicen. Los detalles deben consultarse en el "MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL, DISPOSITIVOS PARA LA



REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORUTAS” del Ministerio de Transporte y el Instituto nacional de Vías.

Debido a la importancia que las señales y marcas tienen en el funcionamiento de las vías, ya que por medio de ellas se informa a los usuarios la forma correcta y segura de transitar, será responsabilidad de las autoridades encargadas, que las señales y marcas permanezcan en su sitio y bajo condiciones óptimas de visibilidad y conservación, de tal manera que se garantice su funcionalidad.

Cualquier dispositivo debe cumplir cinco requisitos fundamentales que son:

- ✓ Satisfacer una necesidad importante.
- ✓ Llamar la atención.
- ✓ Transmitir un mensaje claro.
- ✓ Imponer respeto a los usuarios del camino.
- ✓ Estar en el lugar apropiado con el de dar tiempo de reaccionar.

Por tal motivo, sus características deben ser tales que llamen la atención de los conductores, que su significado sea simple y comprensible, y que su tamaño y ubicación permitan disponer del tiempo necesario para reaccionar.

5.6.9. Señalización

La función de las señales más utilizadas y su respectiva codificación es la siguiente:

- ✓ **SR-01: Pare:** Esta señal se emplea para notificar que se debe detener completamente el vehículo.
- ✓ **SR-02: Ceda el paso:** Esta señal se empleará para notificar al conductor la prelación de la vía en la cual se va a incorporar.
- ✓ **SR-30: Velocidad máxima:** Se emplea para notificar la velocidad máxima a que se puede circular, expresada en Km/hora.
- ✓ **SR-39: Sentido de Circulación Doble:** Se emplea para notificar el doble sentido de circulación en la vía a la cual se va a entrar o a interceptar.
- ✓ **SI- 26: Nomenclatura Urbana:** Esta señal se empleará para informar a los usuarios de las vías urbanas acerca de la nomenclatura vial de la ciudad.

5.6.10. Demarcación

Las demarcaciones son el rayado, símbolos o letras que se pintan sobre el pavimento y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento, con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

Líneas centrales o líneas divisoras de sentidos de circulación. Estas son continuas, de color blanco, cuando son vías de doble canal en cada sentido, la línea debe ser doble continua y de color amarillo.

Para que la demarcación tenga buena visibilidad nocturna, a la mezcla se le agregan incrustaciones de vidrio, (pequeñas esferas o perlas) para así producir una superficie que refleje luz.

5.6.11. Planos de señalización.

Como referencia se establecen los planos de señalización en su versión final, para las dos alternativas de diseño en los siguientes anexos.

Ver anexo 10 Planos de señalización vial (1 plano)

Ver anexo 11 Planos de señalización vial (1 plano)

5.7. SEGURIDAD VIAL

La seguridad vial se ha convertido en una prioridad de la política pública de Colombia. El reto es reducir el número de fatalidades por año, un reto complejo que involucra infraestructura segura, equipos y vehículos de calidad, reglas de juego que promuevan un sistema seguro y un comportamiento seguro de parte de quienes usan las vías. El logro de una mejor seguridad vial implica corresponsabilidad. Todos tienen un rol que cumplir para que el sistema sea seguro y proteja la integridad de quienes se movilizan en Colombia, independientemente del modo que elijan para hacerlo.

La infraestructura segura es uno de los principales pilares de un sistema seguro. Parte del principio de aceptar que los seres humanos se equivocan, cometen errores de juicio y toman decisiones desafortunadas. El error es intrínseco a la naturaleza humana. De otra parte, es necesario aceptar que el cuerpo humano es frágil y vulnerable al impacto de la energía que libera un choque.

El cuerpo puede resistir impactos hasta de 30 Km por hora, pero por encima de esta velocidad las consecuencias pueden ser fatales. Aceptar estas realidades implica diseñar soluciones de ingeniería que sean compatibles con las características de los seres humanos.

Los principales riesgos para la seguridad vial en el uso de carreteras son colisiones frontales, golpes con objetos laterales, choques en ángulo y el riesgo de atropellamiento (especialmente en espacios en los que conviven modos vulnerables, como bicicleta con modos rápidos como carros). El análisis busca evaluar estos riesgos y proponer soluciones para su mitigación.

5.7.1. Recopilación de información

Como información primaria del proyecto se tiene el registro fotográfico y la experiencia de ver durante varios días el comportamiento de los vehículos y peatones en el sitio de estudio.



En este punto tenemos, problemas de colas acumuladas de 100 metros en cinco ciclos durante horas pico, se presentan invasiones de carriles contrarios por falta de radios de giro o por imprudencia de los usuarios en el afán de adelantamiento, hay estacionamientos prohibidos disminuyendo la capacidad de la vía por interferencia de los carriles, se presentan pasos peatonales esporádicos por sitios de no cruzamiento.

en cuanto a la información secundaria, por conocimiento de los usuarios y la gente de la zona de influencia, se dice que se presentan accidentes constantes, no obstante, durante la grabación del estudio de tránsito no hubo accidentes, se solicitó reporte de accidentalidad con los entes encargados de la concesión y la policía de tránsito pero fue infructuoso el acceso a esta información.

5.7.2. Análisis de la información

Analizando la poca información de la intersección, se establece como necesidad prioritaria la implementación de una buena señalización vial cumpliendo con la normatividad vigente, siendo necesario una capacitación y campañas de sensibilización de la comunidad en el buen uso y conocimiento de las normas de tránsito.

Además, se establece un diseño geométrico que disminuye los entrecruzamientos, y evita la invasión de carriles.

5.7.3. Reporte Final

Como reporte final del proceso de mejoramiento en la seguridad vial se tiene el diseño final de señalización vial en las dos alternativas de diseño.

Ver anexo 10 Planos de señalización vial (1 plano)

Ver anexo 11 Planos de señalización vial (1 plano)

5.8. SIMULACIÓN DE LA INTERSECCIÓN

5.8.1 Capacidad y nivel de servicio.

5.8.1.1 Determinación del nivel de servicio.

El nivel de servicio de la intersección está directamente relacionado con la demora promedio por vehículo, Aunque la demora se ha estimado para cada grupo de carriles y agregada para cada acceso y la intersección como un todo, el nivel de servicio, para cada componente, se puede determinar con base en la tabla 16.

Tabla 19 Determinación del nivel de servicio, HCM 2000

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA POR VEHÍCULOS (s)
A	≤ 0
B	>10 y ≤ 20
C	>20 y ≤ 35
D	>35 y ≤ 55
E	>55 y ≤ 80
F	>80

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras
(Highway Capacity Manual (HCM) 2000. Transportation Research Board.)

El **nivel de servicio A**, se presenta cuando la progresión es extremadamente favorable y la mayoría de los vehículos arriban durante la fase verde. La gran mayoría de los vehículos no paran del todo. Longitudes de ciclo cortas tienden a conducir a valores bajos de demoras.

El **nivel de servicio B**, generalmente ocurre con buena progresión y longitudes de ciclo cortas.

En el **nivel de servicio C**, las demoras crecen, debido progresiones regulares y longitudes de ciclo mayores. A este nivel empiezan ciclos individuales malogrados. Estos ciclos malogrados, cuando una fase verde dada no sirve a todos los vehículos en cola, por lo que ocurren sobre-flujos. El número de vehículos que paran es significativo.

En el **nivel de servicio D**, la influencia de la congestión se empieza a notar. Las demoras mayores pueden resultar por progresión desfavorable, ciclos largos y altas relaciones volumen a capacidad v/c. Muchos vehículos paran, y al proporción de los que no paran decrece.



El **nivel de servicio E**, se presenta cuando hay muy poca progresión, longitudes de ciclo largas y altos valores de v/c . El número de ciclos malogrados es más frecuente.

El **nivel de servicio F**, considerado como inaceptable por la mayoría de los conductores, a menudo ocurre con sobre-saturación, esto es, cuando la tasa de flujo de llegadas excede la capacidad del grupo de carriles. Ocurren valores elevados de v/c , con muchos ciclos individuales malogrados. La pobre progresión y las longitudes de ciclo largas, también conducen significativamente a que se produzcan altos niveles de demoras.

El análisis de capacidad y nivel de servicio se realiza teniendo en cuenta el modelo de micro simulación realizado de la zona de influencia directa del proyecto, el cual contempla la intersección entre las rutas 45 Y 45HLC, en el municipio de Pitalito (Huila). Este modelo se realiza en la plataforma de VISSIM, el software más utilizado actualmente en el mundo.

5.8.2 Uso de la modelación en ingeniería de tránsito.

La complejidad y gran número de las variables que afectan la circulación del tránsito hacen casi imposible, para las personas que tienen su responsabilidad, concebir su comportamiento y en forma acertada proponer alternativas de solución a los problemas tales como, las demoras en intersecciones, colas, congestión, contaminación ambiental, accidentes.

Dejar la toma de decisiones sujeta a la experiencia y voluntad del proyectista, ha hecho que muchos de los proyectos viales encaminados a dar solución a los problemas del tránsito en nuestras ciudades no hayan producido resultados óptimos. Diversas condiciones de tipo técnico y económico principalmente, han hecho que modelos de simulación desarrollados para países con condiciones diferentes a las nuestras deban ser adaptados para dar soluciones serias a los problemas del tránsito y transporte que día a día se agudizan en tal magnitud que son casi insolubles.

Los modelos computacionales como el Modelo de Simulación Microscópica del Tránsito VISSIM, reproducen en forma aproximada la realidad, permitiendo comparar diferentes alternativas para un mismo problema de una manera prácticamente rápida y con seguridad eficiente. El modelo puede utilizarse para evaluar desde intersecciones individuales y arterias hasta un gran entramado de redes.

5.8.3 Acerca de VISSIM.

Es un programa que puede analizar la operación del transporte público y privado bajo condiciones como configuración de carriles, composición vehicular, semáforos, paradas TP, etc., convirtiéndose así en una herramienta útil para la evaluación de diferentes alternativas, basadas en ingeniería de transporte y planeación de indicadores de desempeño. Adicionalmente, los flujos peatonales también pueden ser modelados, de forma exclusiva o combinados con el transporte público y/o privado.

VISSIM puede ser aplicado como una herramienta útil en una variedad de configuraciones del problema de transporte. La siguiente lista provee una selección general de las aplicaciones previas de VISSIM:

- Desarrollo, evaluación y ajuste-detallado de lógicas de prioridad semafórica: VISSIM puede usar varios tipos de lógica de control semafórico. Adicional a la funcionalidad de tiempo-fijo incorporada hay varios controles de semaforización actuada idénticos a los software de control semafórico instalados en campo. En VISSIM algunos están incorporados, otros pueden ser acoplados mediante módulos opcionales y otros pueden ser simulados mediante el generador de estados semafóricos externos (VAP) que permite el diseño de lógicas de control semafórico definidas por el usuario. Así, todos los controles semafóricos (incl. SCATS, SCOOT) pueden ser virtualmente modelados y simulados en VISSIM, si los detalles del controlador están disponibles o existe una interfaz de VISSIM directa disponible (p.ej. VS-PLUS).
- Evaluación y optimización (interfaz a Signal) de la operación del tráfico en una red que combina semáforos actuados y coordinados.
- Factibilidad y estudios de impacto al tráfico para integración de tren ligero en redes urbanas.
- Análisis de reducción de velocidad en áreas de entrecruzamiento.
- Fácil comparación de alternativas de diseño incluyendo intersecciones semaforizadas y de prioridad, glorietas e intercambios viales a desnivel.
- Análisis de capacidad y operación de trazados de estaciones complejas para sistemas de bus y tren han sido analizados con VISSIM.
- Soluciones de tratamiento preferencial para buses (p.ej. saltos de cola, extensiones de bordillo, carriles solo-bus) han sido evaluadas con VISSIM.
- Con su modelo incorporado de Asignación Dinámica, VISSIM puede responder preguntas sobre elección de ruta, tales como, los impactos de señales de mensajes variables o el potencial de desvío de tráfico en barrios para redes de hasta el tamaño de las ciudades medianas.
- La modelación y simulación de flujos de personas - en calles y edificaciones - permite un rango amplio de nuevas aplicaciones. VISSIM puede también simular y visualizar las interacciones entre tráfico vehicular y personas.

5.8.4 Funcionamiento del modelo.

El modelo VISSIM, funciona con base en distribuciones estadísticas de parámetros que definen la circulación de vehículos en una red determinada. Para una simulación, el modelo afecta aleatoriamente esas distribuciones dependiendo de variables como el tipo de conductor, tipo de carril, maniobras que realiza un conductor, tipo de vehículo, o entre otros.

Las distribuciones estadísticas son el resultado del procesamiento y análisis de datos de los estudios de campo. El modelo las utiliza para caracterizar la circulación del tránsito en una red determinada. Cada distribución corresponde a un parámetro del tránsito y representa sus variaciones en la realidad.

El usuario del modelo suministra valores promedios de parámetros que caracterizan un fenómeno específico, los cuales son afectados por el modelo mediante factores aleatorios que imparten una variabilidad a los parámetros, similar a la que experimentarían en la realidad. En el caso de la velocidad a flujo libre, para cada arco se especifica un valor medio, que corresponde al comportamiento de la mayor parte de los vehículos que por él circulan. Este promedio es afectado multiplicativamente por los factores de la correspondiente distribución en forma aleatoria pero dependiente del tipo de conductor que se simula, hasta reproducir un valor similar al de la realidad.

El modelo de simulación VISSIM (programa de Simulación de Sistemas de Tránsito), simula la circulación del tránsito en una red de calles en forma microscópica. Su nivel de detalle puede representar los movimientos de cada vehículo, en cada segundo y su trayectoria en la red.

El modelo produce estimativos detallados de la calidad de la circulación para las diferentes condiciones que se simulan. VISSIM, simula los problemas del tránsito en una red urbana, lo cual sirve para evaluar posibles soluciones, antes de que éstas se apliquen en la realidad, lo que ahorra tiempo y dinero, y evita posibles riesgos y trastornos.

Entre las bondades que el modelo pone a disposición del usuario está la posibilidad de poder adecuarlo a diferentes condiciones mediante la modificación de diversas variables denominadas parámetros de calibración. A continuación, se resumen los parámetros disponibles para calibrar el modelo:

- Calibración de giros
- Máxima velocidad permitida para girar
- Brechas aceptables para cambiar de carril
- Probabilidad de giros adelantados a izquierda
- Probabilidad de obstrucción en intersecciones a causa de rebose de cola.
- Probabilidad de giro a izquierda de la cola
- Longitud efectiva de vehículos
- Probabilidad de aceptación de brechas
- Brechas cuando hay señal de "Pare"
- Factor aditivo para brechas
- Reacción al intervalo amarillo
- Aceptación de brechas en giros
- Brechas para giro a izquierda
- Brechas para giro a derecha
- Demoras causadas por peatones
- Demora vehicular por flujo peatonal
- Duración de la interacción peatonal
- Velocidad a flujo libre
- Sucesos de corta duración
- Intervalo de descarga vehicular
- Tiempo perdido en el arranque
- Tiempo de permanencia de buses en los paraderos

5.8.5 Construcción del modelo.

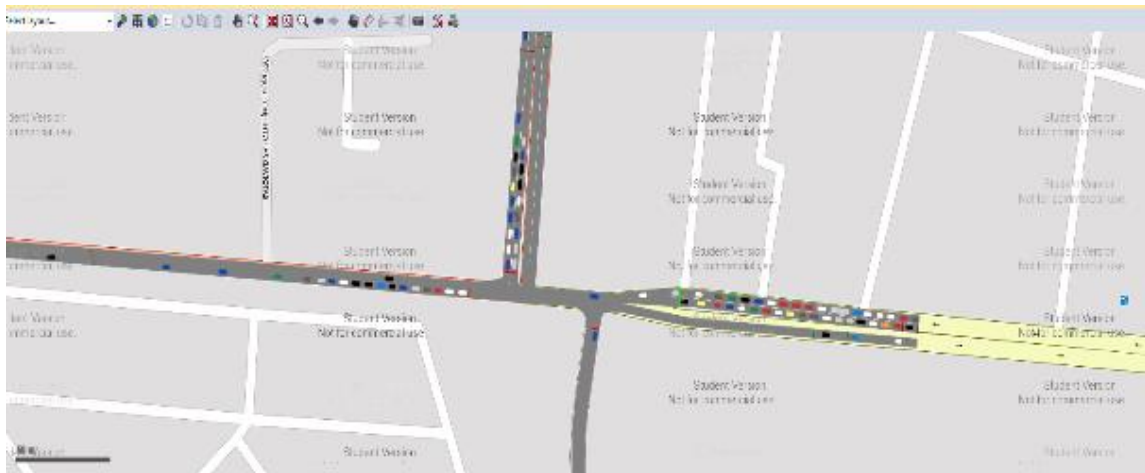
La construcción del modelo se divide en cuatro etapas.

5.8.5.1 Topología:

Consiste en la introducción de la información que tiene que ver con la geometría de las vías e intersecciones que componen la red a analizar, adicionalmente de todos los elementos de control, como semáforos o pasos a prioridad. La construcción de la topología contiene los siguientes elementos.

- Introducción de arcos y nodos que conforman la red.
- Anchos de carriles
- Pendientes
- Rutas del flujo vehicular y peatonal.
- Introducción de tipo de control en las intersecciones.
- Tiempos de semáforo

Ilustración 17 Topología de la red condición actual



Fuente: PTV Vissim

Ilustración 18 Topología de la red con proyecto



Fuente: PTV Vissim

5.8.5.2 Parámetros:

Consiste en la introducción de todos los parámetros de necesarios para el funcionamiento, en este caso la información primaria tomada en campo en cuanto al flujo vehicular y peatonal. Estos parámetros son los siguientes.

- Volumen vehicular.
- Volumen peatonal.
- Distribuciones en las intersecciones.
- Composiciones vehiculares

5.8.5.3 Calibración del modelo:

Para que el modelo sea válido se debe comprobar que la información introducida en el programa corresponda a la realidad, es decir, la tasa de flujo que pasa en el programa debe ser similar a la tasa de flujo que pasa en los corredores de acuerdo con datos aforados. Para ello se realiza un proceso de balanceo de la red, donde se verifica principalmente que el volumen vehicular que entra a la red debe ser igual al que sale, sin embargo, existen otros procesos de calibración, donde se verifican otros parámetros como velocidad de operación del tramo, o longitud de colas.

A partir de los volúmenes relacionados se realizó el proceso de calibración de la simulación, el cual se efectuó empleando el estadístico GEH¹¹:

$$GEH = \sqrt{\frac{(Vol_a - Vol_s)^2}{0.5(Vol_a + Vol_s)}}$$

Donde:

Vol_a , Corresponde a los volúmenes vehiculares aforados en campo

Vol_s , Corresponde a los volúmenes vehiculares simulados por el Software

Para que un modelo sea válido, se necesita que el GEH sea menor a 5, es decir, que el promedio de la diferencia en todos los puntos sea menor a 20%.

Tabla 20 GEH Intersección.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH	
				GEH	ACEPTACIÓN
1	1 SAN AGUSTIN 664	664	670	0.2	1
2	2 PALESTINA 364	364	365	0.1	1
3	3 AVE. PASTRANA 592	592	625	1.3	1
4	4 VARIANTE 544	544	531	0.6	1
		2,164	2,191	0.6	100%
		TOTAL OBSERVADO	TOTAL MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN
					ERROR PRECISIÓN
					1%

Fuente: Elaboración propia

La calibración del modelo se realiza mediante un proceso de aproximación, en el cual se asumen algunas distribuciones en las intersecciones, las cuales reparten los volúmenes en toda la red, que posteriormente son comparados con los obtenidos en el Estudio de Atracción y Generación de viajes. El proceso se repite hasta obtener una diferencia entre los dos, menor del 20%.

¹¹ Estadística GEH - fuente Departamento de Transporte de California (2002) -es una fórmula utilizada en ingeniería de tráfico, modelización de transporte y modelización de tráfico, para comparar dos conjuntos de volúmenes de tránsito vehicular.

6 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación aplicada en la intersección de las rutas 45 y 45HLC, del municipio de Pitalito, Huila, son la aplicación de los conocimientos obtenidos en la Maestría de Ingeniería de Vías Terrestres de la Universidad del Cauca. Conocimientos suficientes para garantizar el objetivo general de esta investigación, el cual es mejorar la intersección en los aspectos geométrico, de seguridad vial y realizar su simulación garantizando su capacidad y nivel de servicio.

Dando cumplimiento a lo anterior, la investigación arroja como resultado dos alternativas de diseño geométrico:

6.1 ALTERNATIVA 1: diseño geométrico de intersección con glorieta a nivel y un paso elevado, sin giros a la derecha independientes.

Ilustración 19. Alternativa 1



Fuente: Elaboración propia

Esta alternativa se presenta detalladamente en el ANEXO 10.

6.1 ALTERNATIVA 2: diseño geométrico de intersección con glorieta a nivel y un paso elevado, con giros a la derecha independientes.

Ilustración 20 Alternativa 2



Fuente: Elaboración propia

Esta alternativa se presenta detalladamente en el ANEXO 11.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como primera medida de análisis se observó que las alternativas de diseño planteadas son viables geoméricamente, y que el puente elevado que se plantea es igual para las dos alternativas. Sin embargo, por conocimiento previo y experiencia en el manejo de glorietas, se encuentra que cuando el ángulo de entrada a la glorieta es paralelo o desviado a la derecha del alineamiento, los vehículos tienden a omitir la señal de ceda el paso, cuando ingresan a la glorieta y van a tomar la primera salida, por ello se plantea la alternativa 2, la cual elimina el ingreso de vehículos que tomarán la primera salida.

Se busca entonces hacer una revisión de los pro y los contras de las posibles alternativas de solución, de la intersección a la cual se dedica este estudio. Encontrando así, un camino para la escogencia de la mejor, en varios factores: económico, social, técnico, geométrico, capacidad, nivel de servicio, etc.

Uno de los ámbitos que se buscó para el análisis y que tiene incidencia directa en lo económico, pero sobre todo en lo social, es el tema de afectación de los predios donde se encontró lo siguiente:

7.1. Afectación de predios en la alternativa 1, sin giros directos.

Al analizar la línea de chaflanes sobre los predios de la intersección, (ver anexo 11.10.4. zona de afectación de predios) tenemos lo siguiente: por la zona nor-occidental se afecta el cerramiento del conjunto cerrado Gaviotas, y un predio privado sin construcción, para un área de afectación aproximada de 1000 m²

Ilustración 21. Afectación predial zona nor-occidental. Sin giros directos



Fuente: Elaboración propia

En la zona nor-oriental hay afectación en 10 predios, con una longitud de 2 metros máximo en toda la fachada, dejando claro que se puede intervenir sin afectar la totalidad del predio.

En la parte sur-oriental, no se afectan los predios, solo los antejardines.

Ilustración 22. Afectación predial zona oriental, sur y norte. Sin giros directos



Fuente: Elaboración propia

En la zona norte, con la construcción del ramal que viene de la ruta 45HLC, se debe afectar un predio privado sin construcción en su totalidad, ya que lo atraviesa para poder empatar con la glorieta.

Ilustración 23. Afectación de predios, zona norte. Sin giros directos.



Fuente: Elaboración propia

En la zona sur, se encuentra la afectación más grande, ya que se deben comprar unos 12 predios en total, porque su afectación es en todo el ancho y unos 5 metros de profundidad, lo que no da espacio para dejar un área aprovechable. Más hacia el sur en el ramal de Palestina hay afectación en 5 predios más en sus fachadas, afectando 1 o 2 metros de profundidad.

Ilustración 24. Afectación predial, zona sur. Sin giros directos.



Fuente: Elaboración propia

Como resultado aproximado de la afectación predial, tenemos, 12 predios totales, con un área promedio de $(8 \times 15) \text{m}^2$, 15 predios en las fachadas con 2 metros de profundidad, predios privados sin construcciones con un área de 11.000m^2 , y el cerramiento del conjunto con unos 1000m^2 , Las demás zonas son espacio público.

Tabla 21. Análisis económico de la afectación predial. Sin giros directos

TIPO DE PREDIO	CANTIDAD DE PREDIOS	ÁREA EN (m ²)	VALOR DEL M2 EN PESOS	VALOR TOTAL
LOTE SIN CONSTRUCCIÓN	1	11000	\$100,000	\$1,100,000,000
CERRAMIENTO, Y ÁREA	1	1000	\$500,000	\$500,000,000
FACHADAS	15	20	\$1,200,000	\$360,000,000
PREDIO CON INFRAESTRUCTURA	12	120	\$1,200,000	\$1,728,000,000
			TOTAL	\$ 3,688,000,000

Fuente: Elaboración propia

7.2. Afectación de predios en la alternativa 2, con giros directos.

Al analizar la línea de chaflanes sobre los predios de la intersección, (ver anexo 11.11.4. zona de afectación de predios) tenemos lo siguiente, por la zona nor-occidental se afecta el cerramiento del conjunto cerrado gaviotas, y un predio privado sin construcción, para un área de afectación aproximada de 1000 m² muy similar a la afectación de la alternativa 1.

Ilustración 25. Afectación predial zona nor-occidental. Con giros directos



Fuente: Elaboración propia

En la zona nor-oriental hay afectación en 10 predios, con una longitud de 2 metros máximo en toda la fachada afectando en los primeros tres predios con un metro más que en la alternativa 1.

En la parte sur-oriental, no se afectan los predios, solo los antejardines.

Ilustración 26. Afectación predial zona oriental, sur y norte. Con giros directos



Fuente: Elaboración propia

En la zona norte, con la construcción del ramal que viene de la ruta 45HLC, se debe afectar un predio privado sin construcción en su totalidad, ya que lo atraviesa para poder empatar con la glorieta, igual que en la alternativa 1.

Ilustración 27, Afectación de predios, zona norte. Con giros directos.



Fuente: Elaboración propia

En la zona sur, se encuentra la afectación más grande como en la alternativa 1, pero en este caso la intervención en la profundidad de los predios aumenta, sin embargo, se deben comprar los mismos 12 predios en la totalidad de su área, porque su afectación no da para dejar un área aprovechable. Más hacia el sur, en el ramal de Palestina, hay afectación en 5 predios más en sus fachadas, afectando 2 metros de profundidad.

Ilustración 28. Afectación predial, zona sur. Con giros directos.



Fuente: Elaboración propia

Como resultado aproximado de la afectación predial, tenemos: 12 predios totales, con un área promedio de $(8 \times 15) \text{m}^2$, 15 predios en las fachadas con 2.2 metros de profundidad, predios privados sin construcciones con un área de 11.000m^2 , y el cerramiento del conjunto con unos 1000m^2 , las demás zonas son espacio público.

Tabla 22. Análisis económico de la afectación predial. Con giros directos.

TIPO DE PREDIO	CANTIDAD DE PREDIOS	AREA EN (m2)	VALOR DEL M2 EN PESOS	VALOR TOTAL
LOTE SIN CONSTRUCCION	1	11000	\$100,000	\$1,100,000,000
CERRAMIENTO, Y AREA	1	1000	\$500,000	\$500,000,000
FACHADAS	15	22	\$1,200,000	\$396,000,000
PREDIO CON INFRAESTRUCTURA	12	120	\$1,200,000	\$1,728,000,000
			TOTAL	\$ 3,724,000,000

Fuente: Elaboración propia

7.3. Análisis de la simulación de la intersección.

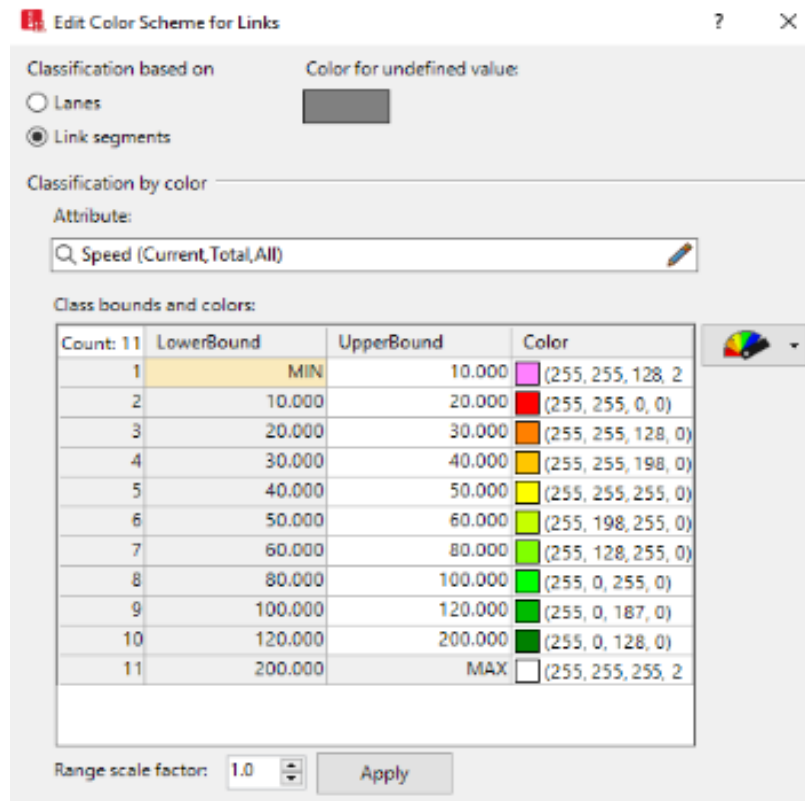
Teniendo en cuenta el análisis financiero que se realizó en las dos alternativas y que el impacto social es el mismo, porque afecta los mismos predios, se considera que la mejor opción de diseño es la alternativa 2, por lo tanto, se le realizó la simulación en el programa PTV VISSIM a la alternativa 2.

7.3.1. Velocidad de operación en 10, 15 y 20 años, como periodos de diseño.

Esta etapa corresponde a los resultados que arroja el programa, en este caso velocidades de operación, demoras en las intersecciones, longitud de colas, información que servirá para el análisis del nivel de servicio, tanto de los corredores como de las intersecciones.

El software PTV Vissim 10.0, calcula las velocidades promedio en el modelo. Con ellas se pueden generar gráficas de distribución en escalas de colores, donde rosado representa la velocidad mínima, que es inferior a 10Km/h , y en verde las velocidades superiores a 60Km/h . A continuación, se presenta la ilustración de la tabla de colores utilizada en el programa.

Ilustración 29. Convenciones velocidades programa vissim



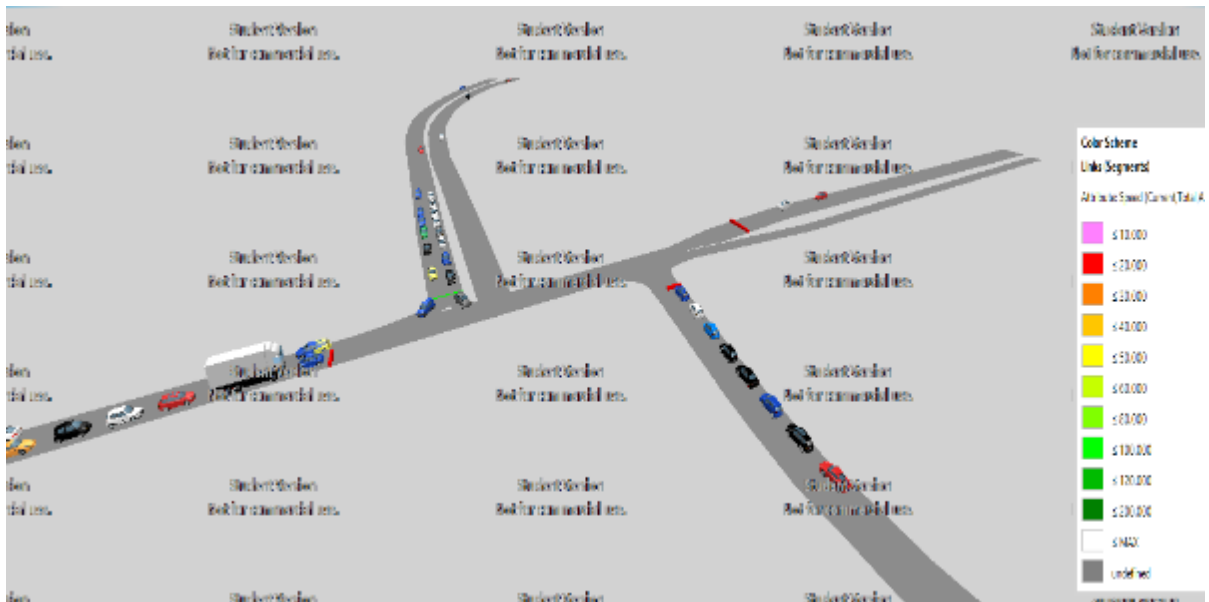
Fuente: Software PTV Vissim 10.0

Ilustración 30. Condición actual modelo de simulación.



Fuente: Software PTV Vissim 10.0

Ilustración 31. Condición actual modelo de simulación



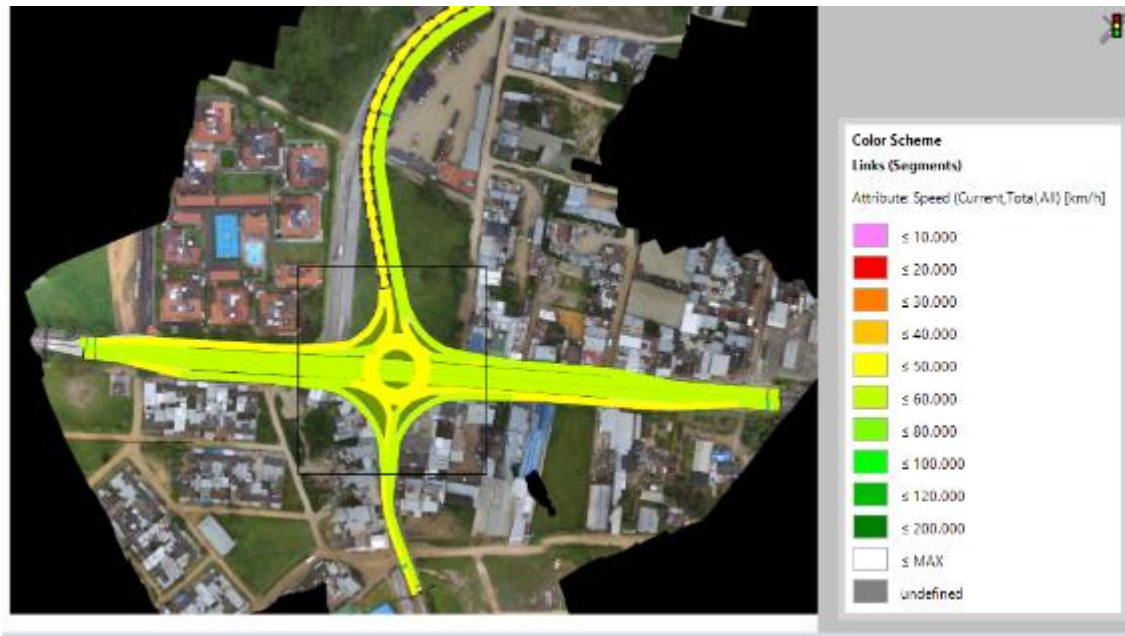
Fuente: Software PTV Vissim 10.0

Ilustración 32. Velocidades de operación con la alternativa 2 a 10 años.



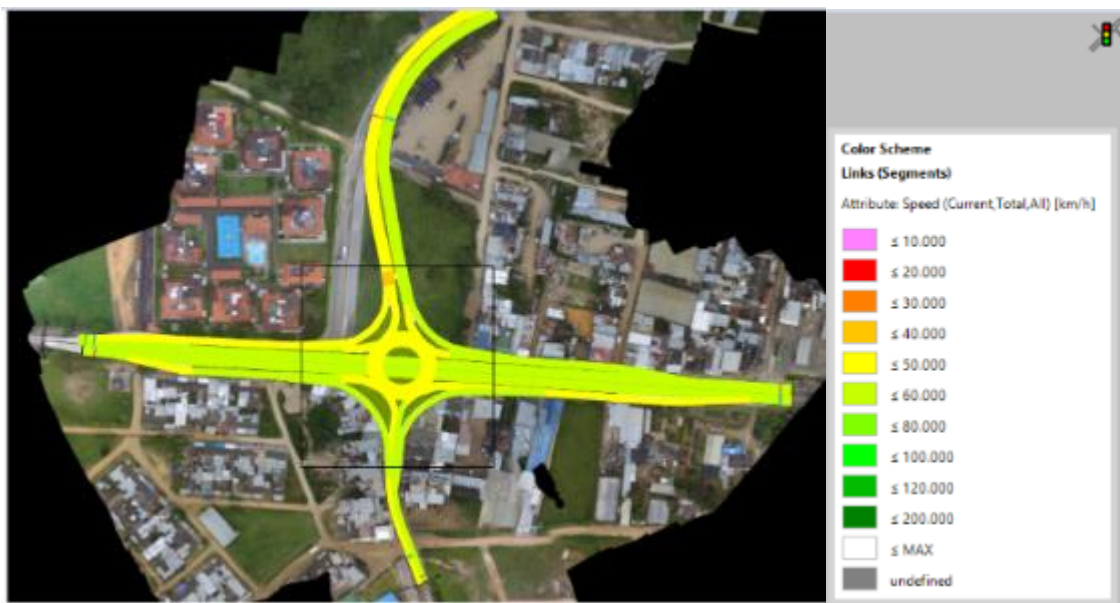
Fuente: Software PTV Vissim 10.0

Ilustración 33. Velocidades de operación con la alternativa 2 a 15 años.



Fuente: Software PTV Vissim 10.0

Ilustración 34. Velocidades de operación con la alternativa 2 a 20 años.



Fuente: Software PTV Vissim 10.0

A continuación, se presentan los principales resultados del desempeño de la red, obtenidos del proceso de micro simulación

7.3.2. Desempeño de la red.

Tabla 23 Desempeño Red Diseño Existente T1-1

INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC																		
10 años	INTERSECCION	NIVEL DE SERVICIO ACCESOS				NIVEL DE SERVICIO INTERSECCION	DEMORAS VEHÍCULO (s)				DEMORAS POR DETENCION				PARADAS POR VEHICULO			
	ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC	Norte	Sur	Este	Oeste		Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste
		A	A	A	A		A	1.56	0.92	1.46	0.90	2.52	0.01	0.12	0.01	0.04	0.00	0.02
INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC																		
15 años	INTERSECCION	NIVEL DE SERVICIO ACCESOS				NIVEL DE SERVICIO INTERSECCION	DEMORAS VEHÍCULO (s)				DEMORAS POR DETENCION				PARADAS POR VEHICULO			
	INTERSECCIÓN ENTRE LAS	Norte	Sur	Este	Oeste		Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste
		A	A	A	A		A	2.05	1.06	2.10	0.95	6.55	0.01	1.31	0.01	0.05	0.00	0.03
INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC																		
20 años	INTERSECCION	NIVEL DE SERVICIO ACCESOS				NIVEL DE SERVICIO INTERSECCION	DEMORAS VEHÍCULO (s)				DEMORAS POR DETENCION				PARADAS POR VEHICULO			
	INTERSECCIÓN ENTRE LAS	Norte	Sur	Este	Oeste		Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste
		A	A	A	A		A	3.06	1.61	2.48	1.24	10.24	0.02	1.52	0.01	0.09	0.02	0.03

Fuente: Elaboración propia

Como análisis final se presenta un matriz tipo DOFA o FODA que es un método de planificación que debería ser aplicado por todo proyecto con alternativas diversas, ya que permite tener los enfoques claros de cuáles son los aspectos buenos y malos de la situación actual y las alternativas, permitiendo de tal forma buscar soluciones adecuadas para sus aspectos negativos.

Tabla 24: Matriz FODA de la situación actual



Fuente: elaboración propia

Tabla 25: Matriz FODA de la alternativa 1



Fuente: elaboración propia

Tabla 26: Matriz FODA de la alternativa 2



Fuente: elaboración propia



8 RECOMENDACIONES

- El Diseño Geométrico del proyecto MEJORAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS RUTAS 45 Y 45HLC, EN EL MUNICIPIO DE PITALITO, (HUILA), se presenta con el fin de indicar acerca de la metodología, parámetros y resultados obtenidos para el tramo, partiendo de un estudio topográfico detallado, con el que se pueden inferir las condiciones y parámetros de diseño de la vía existente y así realizar las correspondientes rectificaciones de alineamiento y ajustes, en sitios de obligatorio cumplimiento por razones de seguridad vial.
- El trazado del eje en planta obedece principalmente a condiciones de predios (propiedad privada). A lo largo de todo el corredor se encuentran cercos y paramentos de lado y lado, que impiden un mejoramiento total en el tramo de estudio, Bajo esta condición, se decide proyectar el trazado al lado de la línea de cercos, evitando en lo posible afectación a construcciones de la zona.
- El Diseño Geométrico se realizó basado en la sección transversal existente a lo largo del eje de la vía, en la cual se encontró un ancho de carril promedio de 3.0 m, ancho de calzada de 6.0m, sin bermas ni cunetas, el diseño se ajustó a los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008.
- Con la propuesta de Diseño Geométrico se busca un mejoramiento en la sección transversal a lo largo del eje de la vía, que cumpla con las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (INV-2008)
- Se recomienda adoptar una velocidad máxima de tránsito de 40km/h, debido al flujo peatonal que existe en la zona.
- Se recomienda en caso de implantación de esta propuesta, un análisis más detallado de la afectación predial, teniendo en cuenta que el realizado es un aproximado.
- Se recomienda, la Alternativa 2, por cumplir con todos los parámetros técnicos y garantizar una mejor movilidad en cuanto a los giros a la derecha, evitando un cruzamiento y que financieramente no aumenta considerablemente, respecto a la Alternativa 1.
- Se recomienda la alternativa 2 por el análisis DOFA que se le realizó, arrojando mayores fortalezas y oportunidades de mejoramiento, respecto a la alternativa 1 y la situación actual.
- Se debe realizar un estudio minucioso de redes de servicios públicos en caso de implantación de este diseño, posiblemente deban realizar ajustes al mismo, por consecuencia de estos.



- Se debe recalcar que las dimensiones, colores y demás detalles deben cumplir las especificaciones dadas por el "MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL, DISPOSITIVOS PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORUTAS" del Ministerio de Transporte y el Instituto nacional de Vías o en su defecto las normas que se encuentren vigentes a nivel nacional, en el momento de llevarse a cabo la demarcación correspondiente.



9 CONCLUSIONES

- Se realiza el diseño geométrico para el mejoramiento de la intersección entre las rutas 45 y 45HLC, en el municipio de Pitalito, (Huila), Colombia, cumpliendo con la exposición de dos (2) alternativas de diseño geométrico, que cumplen con los parámetros y la normatividad colombiana en planta, perfil y secciones transversales, que además mejoran la calidad y el nivel de servicio de la intersección.
- Se mejora la seguridad vial de la intersección entre la ruta 45 y 45HLC, para los usuarios, vehículos y peatones; planteando dos alternativas con su respectiva señalización vial, de acuerdo con el Manual de señalización vigente
- Se implanta la micro simulación del comportamiento vehicular de la intersección entre la ruta 45 y 45HLC, con la alternativa que a criterio de los investigadores mejor se adapta a la situación actual, teniendo en cuenta factores económicos, técnicos y sociales.
- Se garantiza que las alternativas planteadas cumplen con las necesidades que se generan en un periodo de diseño de 10, 15 y 20 años.
- Se mejora con la implantación de cualquiera de las alternativas, la capacidad y el nivel de servicio de la intersección actual, solucionando el problema inicial de colas, tiempos de retraso, conflictos y entrecruzamientos.
- Se garantiza una mejora en el sector, en los aspectos ambiental y de imagen, con la implantación de la intersección.
- Se integra el proyecto a un mejoramiento del desarrollo urbano regional para una modernización de la infraestructura vial del país, meta planteada en los planes de desarrollo de las entidades locales, regionales y nacionales.
- La práctica de los conocimientos adquiridos en la Maestría de Ingeniería de Vías Terrestres de la Universidad del Cauca, se ve reflejada en el desarrollo de esta investigación aplicada.



10. BIBLIOGRAFÍA

- United States of America. American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets: AASHTO.
- Colombia. Ministerio de Transporte. (2008. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)
- Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (2011); Vías Urbanas.
- Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (mayo de 2000). (2da. Ed). (diciembre de 2000). Calculo y Diseño De Glorietas. AC Editores. Santiago de Cali.
- Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de Infraestructura Dirección General de Servicios Técnicos. (2018). Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018. Tercera edición 2018 Corregida y aumentada.
- Colombia. Ministerio de Transporte. (2018. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Vías Multicarril. 1ra Versión. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)
- Colombia. Ministerio de Transporte. (2018. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles. 3ra Versión. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)
- Pitalito. Alcaldía Municipal. (2002) Plan de desarrollo municipal de Pitalito – Huila: POT
- Colombia. Ministerio de Transporte. (2015. Manual de Señalización Vial, Dispositivos Uniformes para la Regulación del Tránsito en las Calles, carreteras y Ciclorutas de Colombia. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)