

### **Información Importante**

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA  
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**Análisis de seguridad vial en una intersección de alta accidentalidad en el municipio de  
Aguazul-Casanare**

**Santiago Alexander Jara Niño, Edwin Alberto Mestre Hernández**

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la  
Construcción**

**Director**

**Carlos Andrés Ramírez Moreno**

**Especialista en Vías Terrestres**

**Candidato a Magíster en Ingeniería Civil**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Facultad de Arquitectura**

**2020**

### **Dedicatoria**

Esta monografía está dedicada primeramente a Dios; y a las personas que más nos han influenciado en la vida, con los mejores consejos, guía y haciéndonos personas de bien, con afecto esto va dedicado a:

A la familia Mestre Pulido, al señor Alberto Segundo Mestre y señora María Concepción Hernández.

A la familia Jara Niño y la señora Gloria Hernández.

**Contenido**

	<b>pág.</b>
Introducción	15
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos	16
2. Marco Referencial	16
2.1 Marco Teórico	16
2.1.1 Accidente de tránsito	16
2.1.2 Seguridad vial	17
2.1.3 Indicadores de seguridad vial	17
2.1.4 Intersección vial	18
2.1.5 Diseño geométrico	18
2.1.6 Geometría de la sección transversal	19
2.1.7 Geometría en planta	19
2.1.8 Tránsito	20
2.1.9 Indicadores del trazado	20
2.1.10 Estado de la malla vial	20
2.1.11 Dotaciones viales	21
2.1.12 Señalización	21
2.1.12.1 Características básicas	21
2.1.13 Análisis operacional	24
2.2 Marco Conceptual	24
2.2.1. Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles	24

2.2.1.1 <i>Fisuras</i>	24
2.2.1.2 <i>Deformaciones</i>	26
2.2.1.3 <i>Pérdidas de las capas de las estructuras</i>	27
2.2.1.4 <i>Daños superficiales</i>	28
2.2.1.5 <i>Otros daños</i>	28
2.2.2 Tipos de señalización	29
2.2.2.1 <i>Señales verticales</i>	29
2.2.2.2 <i>Señales horizontales</i>	30
2.2.3 Tipos de intersección	32
2.2.3.1 <i>Intersecciones a nivel y desnivel</i>	32
2.2.3.2 <i>Clasificación de intersecciones a nivel</i>	33
2.2.3.3 <i>Intersecciones canalizadas y no canalizadas</i>	36
2.2.4 Elementos canalizadores y reguladores	37
2.2.4.1 <i>Isletas</i>	37
2.2.4.2 <i>Tipos de Isletas</i>	38
2.2.5 Agencia Nacional de Seguridad Vial – ANSV	38
2.2.5.1 <i>Geo-visor de seguridad vial</i>	38
2.2.5.2 <i>Fuentes</i>	39
2.3 Marco Legal	39
3. Método	40
3.1 Localización	40
3.2 Recolección de Datos	41
3.3 Procesamiento de Datos	42
3.4 Identificación a la Zona de Estudio	43

ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL EN UNA INTERSECCIÓN	6
3.5 Levantamiento de la Zona de Estudio	44
3.6 Cumplimento de Normativa	52
3.6.1 Manual de Diseño Geométrico para Carreteras: Instituto Nacional de Vías, 2008	52
3.6.1.1 <i>Priorización de los movimientos</i>	54
3.6.1.2 <i>Consistencia en los volúmenes de tránsito</i>	54
3.6.1.3 <i>Sencillez y claridad</i>	54
3.6.1.4 <i>Separación de los movimientos</i>	54
3.6.1.5 <i>Visibilidad</i>	54
3.6.2 Manual de Señalización: Instituto Nacional de Vías, 2015	55
3.6.3 Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles: Instituto Nacional de Vías, 2006	56
3.7 Diagnostico	58
4. Resultados	58
4.1. Diseño Geométrico	58
4.2 Señalización Horizontal y Vertical	60
4.3 Estado Superficial de la Malla Vial	63
5. Conclusiones	71
6. Alternativas de Solución	73
Referencias Bibliográficas	75

**Lista de Figuras**

	<b>pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Ubicación longitudinal	23
<i>Figura 2.</i> Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel	33
<i>Figura 3.</i> Intersecciones de tres ramales.	34
<i>Figura 4.</i> Intersecciones de cuatro ramales	35
<i>Figura 5.</i> Intersección de más de cuatro ramales – intersección no recomendada	35
<i>Figura 6.</i> Esquema de intersección giratoria o rotonda	36
<i>Figura 7.</i> Intersección sin canalizar y canalizada	37
<i>Figura 8.</i> Ubicación Geográfica	40
<i>Figura 9.</i> Puntos de accidentalidad Municipio de Aguazul - Geovisor de seguridad vial	41
<i>Figura 10.</i> Intersección de estudio - calle 12 con Av. Marginal del Llano	43
<i>Figura 11.</i> Punto de Geo-referencia	44
<i>Figura 12.</i> Planeación de vuelo Drones 1 y 2	45
<i>Figura 13.</i> Tomas aéreas con Dron	45
<i>Figura 14.</i> Levantamiento intersección de estudio	46
<i>Figura 15.</i> Medición con cinta calle 12 acceso a la Av. Marginal del llano	46
<i>Figura 16.</i> Medición con cinta calle 12 carril derecho	47
<i>Figura 17.</i> Medición con cinta calle 12 carril izquierdo	47
<i>Figura 18.</i> Medición longitudinal reductor de velocidad Av. Marginal del llano	48
<i>Figura 19.</i> Medición longitudinal reductor de velocidad calle 12	48
<i>Figura 20.</i> Medición demarcación horizontal Av. Marginal del llano	49
<i>Figura 21.</i> Parte de la señalización vertical presente en la zona de estudio	49
<i>Figura 22.</i> Listado de señalización vial y convenciones	50

ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL EN UNA INTERSECCIÓN	8
<i>Figura 23.</i> Levantamiento de áreas lesionadas con cinta métrica	50
<i>Figura 24.</i> Muestra de fallas en la carpeta asfáltica	51
<i>Figura 25.</i> Plano intersección calle 12 con Av. Marginal del llano	51
<i>Figura 26.</i> Plano intersección calle 12 con Av. Marginal del llano	52
<i>Figura 27.</i> Imagen de intersección propuesta en el manual de diseño geométrico INVIAS	55
<i>Figura 28.</i> Clasificación general de los deterioros de los pavimentos asfálticos	57
<i>Figura 29.</i> Parámetros del diseño geométrico	60
<i>Figura 30.</i> Señalización horizontal y vertical – Av. Marginal del llano	60
<i>Figura 31.</i> Señalización horizontal y vertical – calle 12	61
<i>Figura 32.</i> Evasión reductor de velocidad Av. Marginal del llano	62
<i>Figura 33.</i> Evasión reductor de velocidad Av. Marginal del llano	62
<i>Figura 34.</i> Franja N° 1 para auscultación	63
<i>Figura 35.</i> Franja N° 2 para auscultación	64
<i>Figura 36.</i> Franja N° 3 para auscultación	64
<i>Figura 37.</i> Franja N° 4 para auscultación	65
<i>Figura 38.</i> Franja N° 5 para auscultación	65
<i>Figura 39.</i> Formato para la evaluación del pavimento flexible diligenciado	66
<i>Figura 40.</i> Registro fotográfico de la evaluación del pavimento	67
<i>Figura 41.</i> Detalle gráfico de área afectada por tramos	69
<i>Figura 42.</i> Distribución de los daños de severidad baja por tipo	69
<i>Figura 43.</i> Distribución de los daños de severidad media por tipo	70
<i>Figura 44.</i> Distribución de los daños de severidad alta por tipo	70
<i>Figura 45.</i> Propuesta de cambios en los sentidos viales	74
<i>Figura 46.</i> Esquema de alternativa de solución propuesta	74

**Lista de Tablas**

	<b>pág.</b>
Tabla 1. <i>Accidentalidad en intersecciones Municipio de Aguazul</i>	42
Tabla 2. <i>Procesamiento de datos</i>	68

### **Resumen**

La presente monografía se basa en un estudio de caso de seguridad vial, realizado desde la interventoría y supervisión de la construcción, en el municipio de Aguazul-Casanare. Donde, se evaluará una intersección vial existente con alto índice de accidentalidad, según reportes de la agencia nacional de seguridad vial ANSV. Por tal motivo, se llevará a cabo un análisis técnico de la intersección vial, evaluando los criterios que deben ser tenidos en cuenta para el diseño geométrico, señalización y estado actual de la malla vial, según metodologías y manuales establecidos por el Instituto Nacional de Vías INVIAS. Lo anterior, permitirá realizar en el caso puntual de estudio, un diagnóstico de los factores que tienen mayor incidencia en la accidentalidad; además, de establecer la aplicación o no de los manuales referentes a la señalización de vías y poder plantear la necesidad de mejoras en la intersección, en una revisión técnica de puntos a corregir. Con ello, se buscará la reducción de los índices de accidentalidad generando una mejor seguridad vial en el punto de intersección del municipio de Aguazul.

**Palabras Clave:** Seguridad vial, Intersección, análisis técnico, metodología.

**Abstract**

This monograph is based on a road safety case study, carried out from the interventory and supervision of construction, in the municipality of Aguazul-Casanare. Where, an existing road intersection with a high accident rate will be evaluated, according to reports from the national road safety agency ANSV. For this reason, a technical analysis of the road intersection will be carried out, evaluating the criteria that must be taken into account for the geometric design, signage and current state of the road mesh, according to methodologies and manuals established by the national highway institute. INVIAS. The above, will allow in the specific case of the study, a diagnosis of the factors that have the highest incidence in accidents. In addition, to establish the application or not of the manuals related to the signaling of roads and to raise the need for improvements at the intersection, in a technical review of points to be corrected; with this, the reduction of accident rates will be sought, generating better road safety at the intersection point of the Aguazul municipality.

**Key Word:** Road safety, Intersection, technical analysis, methodology.

## Glosario

**Acera o andén:** Parte de la vía dedicada al tránsito de peatones (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Bifurcación:** División de una vía en ramales, uno de los cuales, cuando menos, se aparta de la dirección original (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Calzada:** Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Carril:** Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Demarcación:** Son líneas, flechas, símbolos y letras que se aplican o adhieren sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, con el fin de regular, advertir e informar a los usuarios y canalizar el tránsito (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Diseño geométrico:** Creación de un bosquejo para establecer la disposición espacial más adecuada al territorio que se adapte a sus características (Zapata & González, 2014).

**Dispositivo para la regulación de tránsito:** Es cualquier señal, demarcación, semáforo o cualquier otro dispositivo usado para regular, advertir, o guiar el tránsito, colocados en, encima o adyacente a una calle, carretera o autopista o vía peatonal, público o privado con autorización de la entidad a cargo de la vía (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Distancia de legibilidad mínima:** Mínima distancia entre una señal y un conductor que se aproxima a ella a la velocidad máxima permitida y que le otorga el tiempo suficiente para leerla, entenderla y reaccionar apropiadamente (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Distancia de parada:** Es la distancia total necesaria para detener un vehículo. Depende de los

tiempos de percepción, de reacción y de frenado (Ochoa, 2009).

**Distancia de visibilidad:** Es la distancia sobre la vía que el conductor puede observar delante de él (Bonett & Yatto, 2017).

**Intersección:** Es el área donde dos o más caminos se cruzan. (Bonett & Yatto, 2017).

**Pavimento:** Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Seguridad vial:** Se refiere a aquello que está exento de peligro daño o riesgo (Raoul, 2009).

**Señal de tránsito:** Dispositivo físico o marca vial que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías; se instala a nivel de la vía para transmitir órdenes o instrucciones mediante palabras o símbolos (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Velocidad de diseño:** Velocidad seleccionada para proyectar y relacionar entre sí las características físicas de una vía que influyen en la marcha de los vehículos (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Velocidad de operación:** Una velocidad recomendada para todos los vehículos transitando por el tramo y se basa en el diseño de la vía y las características y condiciones presentes (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Vía:** Zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Visibilidad:** Condición que debe ofrecer el proyecto de una carretera al conductor de un vehículo de poder ver hacia delante la distancia suficiente para realizar una circulación segura y eficiente (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Volumen de tránsito:** Número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado (Amador & Jerez, 2016).

**Radio de curvatura:** Medida de la curvatura de una vía expresada en relación al eje de replanteo (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Radio de giro:** Radio del arco de la curva que describe la rueda delantera exterior de un vehículo en el transcurso de una maniobra de viraje (Instituto Nacional de Vías, 2015).

**Retroreflexión:** Propiedad física en la cual un componente importante de un rayo de luz que incide sobre una superficie retroreflectiva es devuelto a su origen (Instituto Nacional de Vías, 2015).

## **Introducción**

Debido a la necesidad de las personas de desplazarse de un lugar a otro, ocurren sucesos imprevistos en la vía denominados; accidentes de tránsito. Estos sucesos, causan un gran malestar en la calidad de vida de las personas ya que traen pérdidas económicas y en ocasiones se puede llegar a la pérdida de la vida humana. Uno de los puntos más complejos, donde ocurren la mayoría de accidentes de tránsito son las intersecciones, ya que en éstas convergen varias vías donde, el flujo vehicular se mueve en distintas direcciones. En tal sentido, cuando existe reiteración de accidentes en un punto de intersección, hace entrever que algo está fallando o no está funcionando de la forma adecuada alterando gravemente no solo la circulación sino también la seguridad vial.

De acuerdo con lo anterior, esta monografía está basada en el estudio de una intersección vial con alto índice de accidentalidad. El punto de estudio estará determinado por los datos de accidentalidad obtenidos de la Agencia Nacional de Seguridad Vial ANSV en el municipio de Aguazul-Casanare. Determinada la intersección se realizará un análisis técnico de la misma. Adicionalmente, se llevará a cabo un levantamiento de la zona de estudio y se evaluará los criterios de diseño geométrico, señalización y estado de la malla vial; basados en manuales del Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Como resultado, se generará un documento técnico, del proceso de chequeo de las condiciones encontradas, donde se evidenciarán los factores con mayor incidencia en la accidentalidad y se propiciará la búsqueda de acciones correctivas que los manuales y normativas ordenan que se cumplan, para reducir los riesgos de ocurrencia de accidentes de tránsito en la intersección.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Realizar el estudio técnico de una intersección con alto índice de accidentalidad en el municipio de Aguazul-Casanare, para lograr la reducción en la aplicación de metodologías de normativa en un ámbito técnico de la interventoría y supervisión.

### 1.2 Objetivos Específicos

Determinar la intersección de estudio según los índices de accidentalidad de la agencia nacional de seguridad vial (ANSV) en el Municipio de Aguazul-Casanare.

Verificar el cumplimiento los parámetros mínimos de funcionamiento del diseño geométrico de la intersección según el “Manual de Diseño Geométrico-INVIAS”

Verificar el cumplimiento de los requerimientos mínimos de señalización horizontal y vertical de la intersección según el “Manual Señalización 2015-INVIAS”

Verificar el estado superficial de la malla vial de la intersección según el “Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles-INVIAS”

Proponer medidas correctivas desde la interventoría y supervisión para la reducción de los índices de accidentalidad debido al análisis de factores.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Marco Teórico

**2.1.1 Accidente de tránsito.** La Organización Mundial de la Salud estudia de manera cercana las eventualidades referentes a los accidentes de tránsito. En este sentido, según lo estableció el

Congreso de la República de Colombia (2002) en la ley 769 de ese mismo año, un accidente de tránsito es un evento involuntario, en el que se involucra por lo menos un vehículo en movimiento y el cual genera daños sobre personas y bienes. Por otra parte, Mosquera (2018) en el marco de la seguridad vial, define un accidente de tránsito como el resultado de la orientación e incidencia de cada uno de los componentes del contexto y del sentido que el actor le da a cada uno de sus elementos, que en última instancia terminaría configurando la situación de riesgo de la accidentalidad vial de la ciudad.

**2.1.2 Seguridad vial.** La Seguridad Vial, según la Ley 1702 del año 2013, se identifica como las acciones y políticas orientadas a prevenir, controlar y disminuir los índices de riesgo de muerte o de lesiones a las que se encuentran expuestas las personas durante sus desplazamientos viales, ya sea en medios motorizados o no. Por lo tanto, según este criterio se trata de los enfoques planteados desde distintas perspectivas acerca de las medidas que tienen participación en los escenarios que contribuyen a los accidentes de tránsito, los cuales van, desde el diseño vial, equipamiento, mantenimiento de red vial, regulación del tráfico, diseño vehicular y los elementos de protección activa y pasiva. Así como, la inspección del parque automotor, la capacitación de conductores y los reglamentos bajo los cuales estos deben regirse, además de la capacitación e información de los usuarios de la red vial, los lineamientos concernientes a la supervisión policial y las sanciones a imponer y por último la gestión de las instituciones al respecto y la atención a las víctimas de accidentalidad vial. Finalmente, según Amador & Jerez (2016), la seguridad vial, es la proyección deseable de una situación futura en cuanto a la vialidad y se fundamenta primordialmente en la postulación teórica sobre las diferentes maneras cómo interactúan o deberían interactuar los distintos elementos concernientes a la red vial.

**2.1.3 Indicadores de seguridad vial.** Según los autores Amador & Jerez (2016), cuando se habla de indicadores de seguridad vial se está haciendo referencia a la importancia de medir la

magnitud de los problemas presentados a nivel vial. Lo anterior, con el fin de evaluar el riesgo y determinar el impacto sobre la gestión de la seguridad vial. Los mismos, describen la problemática ocasionada por el tránsito, con la finalidad de evaluar el desempeño de los factores asociados a la red de seguridad vial.

**2.1.4 Intersección vial.** A propósito de las intersecciones viales, según Reyna (2015) son aquellos puntos donde confluyen elementos interrelacionados dentro del sistema vial que representan un grado de complejidad. En este sentido, cabe destacar que estas, representan un punto crítico donde se desarrollan focos evidentes de conflictos debidos primordialmente a la congestión vehicular presente en el área vial identificada como intersección. En ese sentido, estos puntos presentan una frecuencia mayor de incidentes por lo que la regulación se hace indispensable. Partiendo de allí, y en miras de minimizar los índices de conflictividad en las intersecciones, es necesario en primer lugar identificar las características de la misma, especificando factores como topografía, geometría y flujo vehicular.

En esa misma línea de pensamiento, las intersecciones pueden ser definidas como aquella vialidad compartida, cuyo propósito es facilitar al cambio de dirección. Por otra parte, los grados de complejidad de una intersección varían desde un cruce sencillo de vías en ángulos rectos a cruces de más de dos vías dentro de la misma área y en diferentes direcciones.

**2.1.5 Diseño geométrico.** El autor Raoul (2009) describe un diseño geométrico como la parte esencial dentro de todo proyecto vial, debido a que es aquí, donde se le da una estructuración visible en tres dimensiones a un proyecto de expansión vial. En otras palabras, es mediante el diseño geométrico que se define lineamientos referentes a la estructura que caracterizará una red vial, su operatividad y los demás elementos y particularidades que integrarán la vialidad. Lo anterior, con la finalidad de atender criterios relativos a seguridad, comodidad, estética, respecto ambiental y aspectos económicos del proyecto.

Siguiendo con estos criterios, el diseño geométrico debe estar acorde con las expectativas de los usuarios en cuanto a características y apego a la necesidad vial que busca atender. Por lo tanto, coherencia y armonía deben ser términos asociados al diseño geométrico. Adicionalmente, con el fin de ofrecer seguridad a la vialidad, se deben atender puntos concretos como planta, perfiles y transversalidad del proyecto. Lo anterior con la finalidad, de prestar atención a elementos como, comodidad, compatibilidad y cuidado del medio ambiente. La idea, es buscar elementos que permitan al proyecto ser sostenible ambiental y económicamente. En este señalamiento, entran criterios como; el trazado, el tránsito, las dotaciones viales y el estado de los elementos de la vía.

**2.1.6 Geometría de la sección transversal.** La sección transversal es ese punto de la vialidad donde a través de un corte se definen elementos como la disposición, dimensiones, diseño de carriles, circulación, acotamiento, bordillos, sistema de drenaje, cortes y terraplenes que integran la vialidad (Raoul, 2009).

**2.1.7 Geometría en planta.** Este aspecto, es reseñado por el Instituto Nacional de Vías (2008) como aquellos elementos viales que se encuentran finamente relacionados con la intención de brindar seguridad a un ritmo constante y monitoreado de la vía. El mismo, debe acoplarse perfectamente con los condicionamientos generales de la red vial. Esto, es posible mediante una dirección del proyecto que se adecue a los lineamientos de velocidad, valor, curvatura y peralte de la infraestructura del diseño vial. Por lo tanto, el diseño geométrico de una red vial solo es evidente cuando involucra dentro de los criterios técnicos y económicos la velocidad de avance de cada tramo permitiendo homogeneidad en el tiempo. En ese sentido, un pertinente alineamiento horizontal, es aquel que permite pasar de alineamientos curvos a rectos o viceversa o entre curvas de diferentes factores de curvatura de una forma cómoda y segura acorde con la velocidad del diseño.

**2.1.8 Tránsito.** Según Raoul (2009), identificar el flujo vehicular o tráfico que transitará por una estructura vial constituye un dato fundamental en términos valorativos de seguridad. Por lo tanto, es absolutamente necesario, tener la información precisa sobre el número total de vehículos, tipo y distribución en el espacio de tiempo, además del factor de crecimiento de todos los aspectos mencionados. Lo anterior, es con la finalidad de determinar los aspectos relacionados con las longitudes máximas permitidas, secciones transversales, magnitud de capas que formaran parte de la estructura pavimentada, entre otras.

**2.1.9 Indicadores del trazado.** Según Raoul (2009), este indicador está relacionado de manera directa con la consistencia del diseño geométrico de una estructura vial. En tal sentido, puede interpretarse como la relación existente entre las características geométricas de la vialidad y las que normalmente un conductor esperaría encontrar en la misma. De esta manera, cuando lo que el conductor ve es lo que esperaría ver en una red vial, se interpreta que existe consistencia vial, de este modo, se aumenta la seguridad vial al minimizar el riesgo de maniobras inseguras que conlleven a errores fatales.

Cabe señalar, que la consistencia es un elemento unido con las características geométricas, las cuales permiten que estas permanezcan por más tiempo dentro de un periodo prolongado a lo largo de un trayecto. Por lo tanto, entre menos cambios existan en la vía se incrementará la seguridad vial asociada a esta.

**2.1.10 Estado de la malla vial.** Una estructura de pavimento flexible pueden presentar daños y estos pueden ser clasificados en cuatro grupos: fisuras, deformaciones, pérdida de capas estructurales, daños superficiales y otros daños. En esa misma línea, dentro de cada grupo existen diferentes daños que se presentan por diferentes razones. Los mismos, han sido identificados mediante la revisión bibliográfica, mientras que otros se han evidenciado mediante evaluación de campo y ensayos realizados en laboratorios. Por tanto, mediante estos procedimientos se ha

detectado la forma de medir el daño y las unidades de medida, sus posibles causas y la evolución probable del mismo. En atención a lo expuesto, el fin de la inspección de pavimentos es determinar qué porcentaje del área estudiada del pavimento se encuentra afectado y de este modo establecer los tipos de daño que se presentan, su extensión, severidad y recurrencia; estos, son factores que orientan al ingeniero en el momento de definir las causas que pudieran estar ocasionando los daños a fin de programar actividades de campo y de laboratorio para su estudio. Para obtener los datos que permitan evidenciar los daños del pavimento durante la inspección visual, se desarrollará un formato que permitirá registrar los tipos de deterioro. Evidentemente, en este formato se debe especificar cada daño con su severidad asociada y las dimensiones y características del mismo (INVIAS, 2006).

**2.1.11 Dotaciones viales.** Para Raoul (2009), dentro de este elemento se encuentra la señalización horizontal y vertical de la vía, los que tienen un importante papel en la seguridad de una carretera, así como la iluminación que debe existir en las intersecciones, además de las defensas y otros aspectos que contribuyen a la seguridad vial.

**2.1.12 Señalización.** Según el manual de señalización vial del Instituto Nacional de Vías (2015), la correcta señalización vial de las vías, tanto rurales como urbanas destinadas a la circulación de vehículos se rige regido por el Ministerio de Transporte colombiano. En general, toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir con su objetivo que es proporcionar seguridad: en primer lugar debe ser necesaria, visible y llamativa, legible y de fácil entendimiento, oportuna; permitiendo tiempo suficiente al conductor para responder adecuadamente, infundir respeto y debe ser creíble.

#### **2.1.12.1 Características básicas.**

- **Mensaje.** El mensaje transmitido por una señalización debe ser inequívoco al usuario del sistema vial, lo que se logra a través símbolos o leyendas. Al respecto, estas se componen

de palabras o números. En ese sentido, las condiciones similares deben siempre anunciarse siguiendo la misma línea de señalamiento, independientemente de dónde ocurran. Por lo tanto, puesto que los símbolos se entienden más rápidamente que las leyendas, se recomienda dar prioridad al uso de ellos (INVIAS, 2015).

- **Forma y color.** Con respecto, a la forma y color que debe caracterizar una señal de tránsito está pensado para facilitar su reconocimiento y comprensión por los conductores. Partiendo de allí, el color de la señal de tránsito se puede establecer mediante el color de material retrorreflectivo, aplicando sobre éste tintas traslúcidas, tintas de transferencia térmica por impresión digital o mediante un sobre laminado traslúcido coloreado o mediante una sobrecapa translúcida (INVIAS, 2015).
- **Ubicación.** Este aspecto encaminado para asegurar la eficacia de una señal de tránsito, su localización debe considerar los siguientes aspectos; distancia entre la señal y la situación a la cual se refiere, distancia entre la señal y la calzada o ubicación lateral, altura apropiada de la señal y orientación del tablero (INVIAS, 2015).
- **Ubicación longitudinal.** Además, el Instituto Nacional de Vías (2015) establece que la ubicación longitudinal de cada señal debe garantizar al usuario que transita en la vía, ver, leer y comprender su mensaje con suficiente tiempo. De modo, que este pueda reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada, satisfaciendo uno de los siguientes objetivos: Indicar el inicio o fin de una restricción o autorización, seguido de advertir e informar sobre condiciones de la vía o de acciones que se estén llevando a cabo sobre la misma. En ese sentido, en las etapas de este proceso se definen las siguientes distancias: distancia de visibilidad mínima, de legibilidad mínima de lectura, de toma decisión, de maniobra, de ubicación longitudinal.

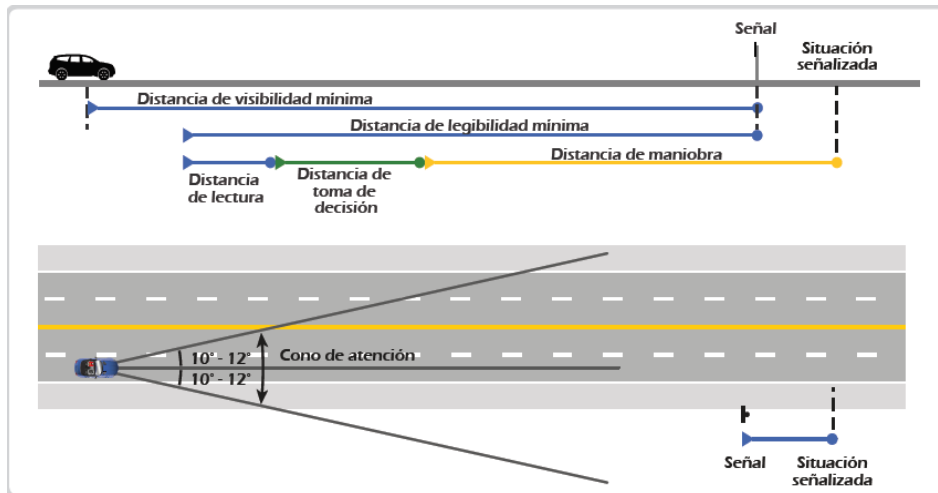


Figura 1. Ubicación Longitudinal

Adaptado de Instituto Nacional de Vías. (2015). *Manual de señalización*. Bogotá: INVIAS.

- **Ubicación lateral.** Para que las señales puedan ser percibidas por los conductores es preciso que éstas se ubiquen dentro de su cono de atención, esto es, dentro de  $10^\circ$  respecto de su eje visual, evitando instalarlas alejadas de la calzada, demasiado elevadas o muy abajo respecto del nivel de ésta. Para lograr una buena visibilidad nocturna de las señales, se recomienda ubicarlas en lugares donde puedan ser adecuadamente iluminadas por los focos de los vehículos.
- **Visibilidad y retro reflexión.** Siguiendo con estas líneas de pensamiento, las señales de tránsito deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática. Por ello, se construyen o elaboran con materiales apropiados y se someten a procedimientos que aseguran su retrorreflexión. Esta propiedad permite que las mismas sean más visibles en la noche o en condiciones de baja luminosidad al ser iluminadas por las luces de los vehículos, puesto que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa (INVIAS, 2015).

**2.1.13 Análisis operacional.** Según Mosquera (2018), la operación vehicular es la forma como los vehículos se comportan dentro de las vías al interactuar con otros vehículos, con los peatones y pasajeros y con la misma infraestructura vial. En este aspecto, dentro de la dinámica de interacción vehículo–vehículo se distinguen los siguientes movimientos: cruce, convergencia, divergencia, entrecruzamiento; los cuales al realizarse pueden generar maniobras inseguras. Por lo tanto, en la interacción vehículo-peatón se tiene en cuenta especialmente el peatón cuando realiza cruces a nivel por las vías donde circulan vehículos, sobre todo si estos cruces no son controlados, ya que en ellos existen el mayor riesgo de atropello.

Igualmente, en la interacción vehículo – pasajeros el análisis de la operación de las zonas de paraderos son de vital importancia, ya que, si las paradas de bus y acciones de descensos y ascenso se realizan en cualquier lugar, provocan turbulencia en la corriente vehicular haciendo que la circulación sea lenta y peligrosa. Además, el pasajero corre el riesgo de estar expuesto directamente al flujo vehicular, ya que el ascenso y descenso se realiza en lugares inadecuados para este fin. Adicionalmente, se debe realizar la caracterización de los planeamientos de semaforización para determinar si suplen la operación del entorno vial.

## **2.2 Marco Conceptual**

Para comprender las técnicas utilizadas en el desarrollo de la temática, es necesario definir diferentes términos relacionados con el estudio de la intersección. Las mismas, permiten tener un enfoque amplio para llevar a cabo el análisis de diversos factores empleados en la monografía. A continuación, se exponen algunas definiciones para introducir de una manera concisa en los conceptos relacionados con el tema a tratar.

### **2.2.1 Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles.**

#### **2.2.1.1 Fisuras.**

- **Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT).** Según el Instituto Nacional de Vías (2006), las fisuras son definidas como aquellas discontinuidades en la carpeta asfáltica, que se marcan en la misma dirección del tránsito o transversales a éste. Las mismas, se tratan de un indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. Por lo tanto, la localización de las fisuras dentro de los carriles termina siendo un indicativo eficaz de las causas que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de tramos específicos.
- **Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT).** Según el Instituto Nacional de Vías (2006), las fisuras longitudinales o transversales son aquellas que se generaron por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación. Por lo tanto, se encuentran localizadas en el eje de la vía, coincidiendo con el ancho de los carriles, zonas de ensanche y con las zonas de unión entre dos etapas de colocación de pavimento asfáltico.
- **Fisuras en bloque (FB).** Respecto a esto, cuando se presenta fisuras en bloque en la superficie del asfalto, se debe a la presencia de divisiones en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lados en promedio mayor que 0,30 m a 3m. Este deterioro, difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito. Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente está formada por bloques con más lados y ángulos agudos (INVIAS, 2006).

- **Fisuración incipiente (FIN).** Este tipo de característica es la que corresponde, según el Instituto Nacional de Vías (2006) a un número continuado de fisuras contiguas y cerradas, que generalmente no se interceptan. Las mismas, suelen afectar el concreto asfáltico de manera superficial pero por ser daños muy leves no poseen niveles de severidad asociados.
- **Piel de cocodrilo.** Este tipo de daño es aquel que presenta una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. En este sentido, la fisuración en este particular tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Por lo tanto, las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas ante la repetición de cargas de tránsito; las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo, de allí el nombre. En ese orden de ideas, las piezas angulares características de este daño, tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.

La piel de cocodrilo ocurre generalmente en áreas que están sometidas a cargas de tránsito, sin embargo, es usual encontrar este daño en otras zonas donde se han generado deformaciones en el pavimento que no están relacionadas con la falla estructural (por tránsito o por deficiencia de espesor de las capas) sino con otros mecanismos como por ejemplo problemas de drenaje que afectan los materiales granulares, falta de compactación de las capas, reparaciones mal ejecutadas y subrasantes expansivas, entre otras. (INVIAS, 2006, p. 54)

#### ***2.2.1.2 Deformaciones.***

- **Ondulación (OND).** Esta deformación, es definida por el INVIAS (2006) como la corrugación o rizado en el concreto que se caracteriza por la presencia de ondas en la

superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores que 1,0 m.

- **Hundimiento (HUN).** Este tipo de deformaciones, es definido por INVIAS (2006) como depresiones localizadas en el pavimento a nivel rasante. Por lo general, ocasiona problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidropneumático. En tal sentido, los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de media luna, en cualquier caso, el reporte del daño debe incluir en las aclaraciones la orientación o la forma del hundimiento y si es fácilmente identificable en campo.
- **Ahuellamiento (HUN).** Se trata de una depresión de la zona localizada sobre las marcas de las llantas de los vehículos. El mismo, es con frecuencia acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de figuración (INVIAS, 2006).

### *2.2.1.3 Pérdidas de las capas de las estructuras.*

- **Descascaramiento (DC).** El descascaramiento es una pérdida de estructura que se caracteriza por el desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas complementarias (INVIAS, 2006).
- **Baches (BCH).** Se trata, según INVIAS (2006) de la desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. En tal sentido y dentro de este tipo de deterioro se encuentran los conocidos como ojos de pescado, los cuales corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales del asfalto.

#### ***2.2.1.4 Daños superficiales.***

- **Desgaste superficial (DSU).** El desgaste superficial es aquel identificado como el deterioro del pavimento generado por acción del tránsito vehicular y agentes abrasivos o erosivos. El mismo, se presenta como pérdida de ligante y mortero. Además, suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos, este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito (INVIAS, 2006).
- **Pérdida de agregado (PA).** Esta afectación, también es conocida como desintegración y corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura asfáltica debido a una pérdida gradual de componentes, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos (INVIAS, 2006).
- **Pulimiento de agregado.** Este tipo de daño permite evidenciar la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento vehicular (INVIAS, 2006).

#### ***2.2.1.5 Otros daños.***

- **Separación de la berma (SB).** La separación de la berma hace referencia al incremento en la separación de la junta existente entre la calzada y la berma. El mismo, se caracteriza por permitir la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro (INVIAS, 2006).
- **Afloramiento de finos.** Este afloramiento corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie cercana al borde de las grietas indica la existencia del fenómeno. Se encuentra principalmente en pavimentos semirrígidos (con base estabilizada). (INVIAS, 2006, p. 45)

### 2.2.2 Tipos de señalización.

**2.2.2.1 Señales verticales.** Según INVIAS (2006), las señales verticales tienen como función principal, establecer las limitaciones, prohibiciones o restricciones, además de advertir los peligros presentes, informar acerca de rutas, direcciones, destinos y sitios de interés. Por lo tanto, son esenciales en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales y en aquellos puntos donde los peligros no son de por sí evidentes. De acuerdo con la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 4 grupos:

- **Señales reglamentarias.** Son aquellas que tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, también sirven para establecer las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Por lo tanto, su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito (INVIAS, 2006).
- **Señales preventivas.** Son aquellas señales cuyo propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y situaciones imprevistas que pueden presentarse en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también advertencia de peligro (INVIAS, 2006).
- **Señales informativas.** Son aquellas que tienen como fin guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa. También, son aquellas que informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros (INVIAS, 2006).
- **Señales transitorias.** Son aquellas señales que por su naturaleza, modifican transitoriamente el régimen normal de utilización de la vía. Las mismas, pueden ser estáticas o dinámicas, indicando mensajes reglamentarios, preventivos o informativos.

Además, se caracterizan por entregar mensajes que tienen aplicación acotada en el tiempo, siendo también denominadas señales de mensaje variable (INVIAS, 2006).

**2.2.2.2 Señales horizontales.** La señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se adhieren sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como a los dispositivos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Éstas, se conocen como demarcaciones, ya que se ubican en la calzada. Por lo tanto, presentan ventajas frente a otros tipos de señales, permitiendo, transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención del carril en que circula. Las mismas, son difíciles de robar o hacer objeto de vandalismo una demarcación; sin embargo, presentan como desventaja que son percibidas a menor distancia, su visibilidad se ve afectada por lluvia, neblina, polvo o por otros vehículos que circulen en la vía (INVIAS, 2006).

En algunos casos, la demarcación es usada para complementar las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como las señales verticales y semáforos; en otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, lo que las hace mucho más comprensibles. En este sentido, las marcas viales o demarcaciones deberán ser retrorreflectivas y los pasos peatonales tipo cebra deberán elaborarse con material retrorreflectante y antideslizante (INVIAS, 2006).

#### **1. Según su forma:**

- **Líneas longitudinales.** Son aquellas que se emplean para delimitar carriles y calzadas y para indicar zonas con/sin prohibición de adelantar o de cambio de carril. Además, de zonas con prohibición de estacionar y para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos (INVIAS, 2006).

- **Líneas transversales.** Son aquellas que se emplean fundamentalmente en intersecciones para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar senderos destinados al cruce de peatones o de bicicletas (INVIAS, 2006).
- **Demarcaciones para cruces.** Se trata de aquellas que se emplean en las intersecciones de vías o cruces y que requieren de una señalización vertical y/o semaforización que establezca la prioridad entre ellos; las señales verticales y/o semáforos, en el caso de vías pavimentadas, deben ser complementadas con demarcaciones que también definan los lugares de cruce (INVIAS, 2006).
- **Demarcación de líneas de estacionamiento.** Son aquellas destinadas al parqueo vehicular (INVIAS, 2006).
- **Demarcación de paraderos.** Son aquellas destinadas a señalar zonas de paradero para peatones y tránsito de transporte público (INVIAS, 2006).
- **Símbolos y leyendas.** Son aquellas que se emplean tanto para guiar y advertir al usuario de las vías como para regular la circulación de vehículos y peatones. Las mismas, incluyen demarcaciones como flechas, símbolos, triángulos, ceda el paso y leyendas tales como pare y despacio, solo bus, entre otras señales (INVIAS, 2006).
- **Otras demarcaciones.** Son aquellas demarcaciones que no son posible clasificar dentro de las anteriores, ya que ninguno de sus componentes (longitudinales, transversales o simbólicos) predomina por sobre los otros (INVIAS, 2006).

## 2. Según su altura:

- **Planas.** Son aquéllas de hasta 6 mm de altura.
- **Elevadas.** Son aquéllas demarcaciones de más de 6 mm y hasta 21 mm de altura para las tachas y 150 mm para los otros delineadores de piso y que son utilizadas para

complementar a las primeras. Cabe resaltar, que este tipo de demarcación al ser elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los vehículos, aún en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente, la demarcación plana no es eficaz (INVIAS, 2015).

### **2.2.3 Tipos de intersección.**

**2.2.3.1 Intersecciones a nivel y desnivel.** Se denomina como intersección a nivel, al área que es compartida por dos o más caminos y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta. La intersección a nivel varía en complejidad desde un simple cruce, con sólo dos caminos que se cruzan entre sí en ángulo recto, hasta una intersección más compleja, en la cual se cruzan tres o más caminos dentro de la misma área. En este sentido, las intersecciones a nivel resultan ser muy convenientes porque presentan mayor facilidad de proyecto y construcción, debido a que requieren menor superficie para alojarlas y además son más económicas que otras alternativas, tales como puentes, túneles o desniveles. Sin embargo, los problemas en este tipo de intersecciones se generan cuando el flujo vehicular aumenta y el tipo de intersección no tiene la capacidad de servicio requerida, sobre todo en horas pico.

Por otro lado, un paso a desnivel es un conjunto de ramales que se proyectan para facilitar el paso de tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes. Además, puede ser la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible. En este sentido, un claro ejemplo del mejoramiento del tránsito vehicular en una intersección muy congestionada con la ayuda de un paso a desnivel, es el del Puente Lord. Éste fue construido originalmente en 1959 en la ciudad de Lowell, Massachusetts (Betancourt & Bencomo, 2015).

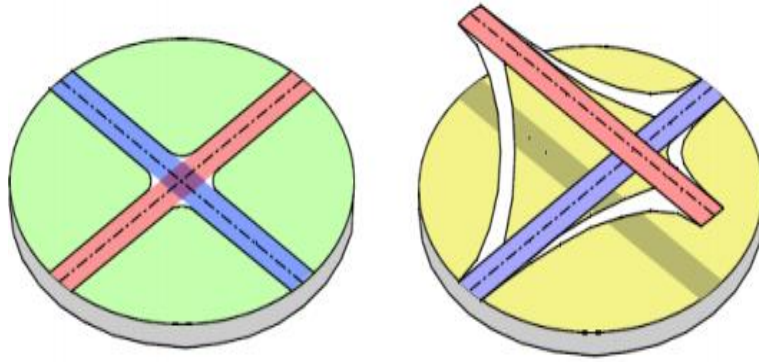


Figura 2. Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel

Adaptado de Betancourt, G., Bencomo, O. & Esparza, R. (2015). *Vialidad: Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas, Causas y Soluciones. Cultura Científica y Tecnológica*, (56).

**2.2.3.2 Clasificación de intersecciones a nivel.** Los tipos de intersecciones a nivel se diferencian principalmente por el número de ramales que posee. Además, involucra variables como la topografía, la forma geométrica y finalmente el servicio requerido, siendo así como distinguen una serie de intersecciones. Sin embargo, se han podido distinguir dos tipos de clasificaciones. El primer tipo de clasificación hace alusión al número de ramales, mientras que la segunda clasificación hace referencia a la forma de sus parterres. En cuanto a la primera forma de clasificar, las intersecciones se encuentran definidas por el número de ramales que convergen en la misma. Por lo tanto, se pueden encontrar intersecciones del siguiente tipo: intersecciones tipo T, Y o de 3 ramales, intersecciones de 4 ramales, intersecciones multi-ramales y rotondas. La segunda clasificación de intersecciones se hace tomando en cuenta la geometría de sus islas o parterres: se distinguen dos modelos, las canalizadas y las no canalizadas. Finalmente, las intersecciones a nivel requieren algún control para que puedan operar de forma segura, es decir requiere de algún tipo de señalización como: ceda el paso, pare o semáforo (Villacreses, 2015).

**1. Intersecciones de tres ramales.** Según INVIAS (2015) Este tipo de intersecciones se emplean para la resolución de encuentros entre carreteras principales y secundarias, quedando estas últimas absorbidas por las primeras. Por su disposición geométrica en planta, se diferencian claramente en dos tipos:

- **Intersecciones en T.** Se trata de los ramales que concurren formando ángulos mayores de  $60^\circ$ , es decir, con direcciones sensiblemente perpendiculares.
- **Intersecciones en Y.** Son aquellas en las que al menos uno de los ángulos formados entre los ramales es menor de  $60^\circ$ .

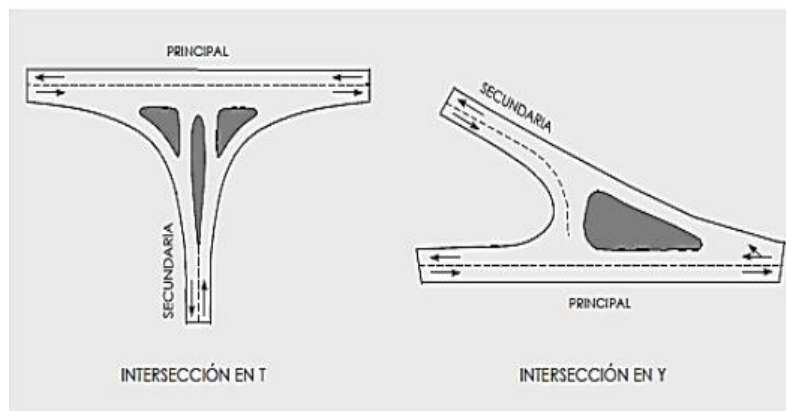


Figura 3. Intersecciones de tres ramales

Adaptado de Instituto Nacional de Vías. (2015). *Manual de señalización*. Bogotá: INVIAS.

**2. Intersecciones de cuatro ramales.** Según los lineamientos expresados por Villacreses (2015), son aquellas en las que se produce un cruce de dos vías cuatro ramales en total, generalmente de rango similar. Al igual que en las anteriores, se distinguen dos tipos:

- **Intersecciones en cruz.** Los ramales concurren formando en cualquier caso ángulos mayores de  $60^\circ$ , con direcciones sensiblemente perpendiculares.
- **Intersecciones en X.** Los ramales forman dos ángulos menores de  $60^\circ$ .

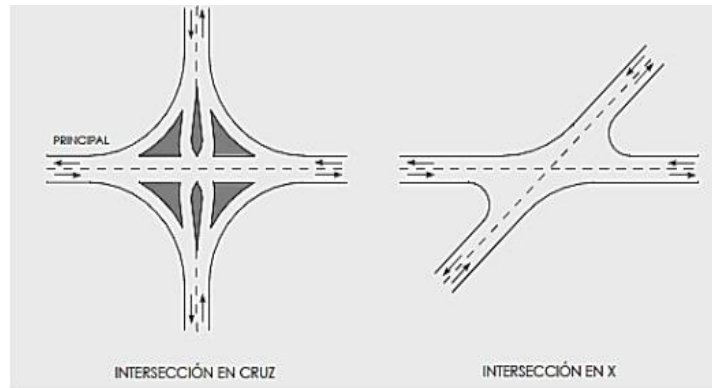


Figura 4. Intersecciones de cuatro ramales

Adaptado de Villacreses, J. (2015). *Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la república del Ecuador, aplicado a una intersección en el país*. [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

**3. Intersecciones estrella o de más de cuatro ramales.** Las intersecciones de más de cuatro ramales con prioridad fija de paso presentan un elevado número de puntos de conflicto. Incluso en el caso de regularlos mediante prioridad alternativa resultan muy complejos y pueden parecer confusos a los conductores.

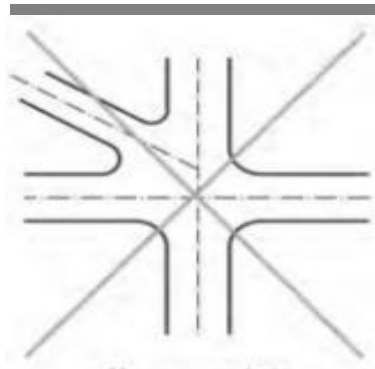
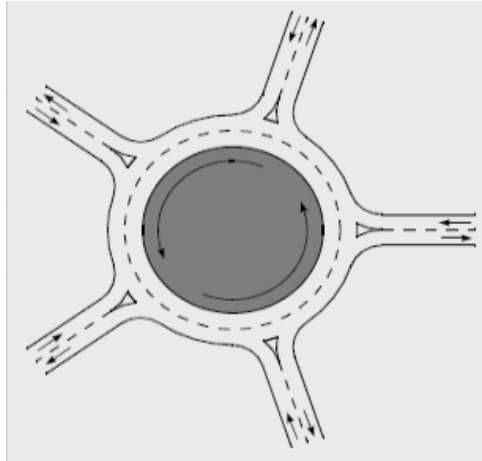


Figura 5. Intersección de más de cuatro ramales – intersección no recomendada

Adaptado de Villacreses, J. (2015). *Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la república del Ecuador, aplicado a una intersección en el país*. [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

**4. Intersecciones giratorias o rotonda.** La rotonda o intersección giratoria se caracteriza por la confluencia de los ramales en un anillo de circulación rotatoria en sentido anti horario alrededor de una isleta central, teniendo prioridad de paso a aquellos vehículos que circulan por ella. Cabe destacar, que este tipo de intersección surge como un intento de remediar los incipientes problemas de congestión y accidentalidad en las ciudades (Bonett & Yatto, 2017).



*Figura 6.* Esquema de intersección giratoria o rotonda

Adaptado de Bonett, P. & Yatto, E. (2017). *Análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio-3er paradero de Ttio, Av. la Cultura-Manuel Prado, prolongación Av. la Cultura-Universidad Andina del Cusco; en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación.* [Tesis de grado]. Universidad Andina del Cusco. Cusco, Perú.

**2.2.3.3 Intersecciones canalizadas y no canalizadas.** Este tipo de intersecciones consisten en implementar islas de canalización, las cuales tienen como objetivo separar los movimientos de giros más importantes de la intersección en cruces independientes, conservando de esta manera la seguridad en la intersección. En este sentido, las islas de canalización deben ser trazadas de manera técnica, para esto se toma en cuenta tres aspectos fundamentales: realineación del

pavimentado terminado, sección transversal del carril, dimensiones mínimas aplicables a la isla de canalización (Bonett & Yatto, 2017).

Por otra parte, en las intersecciones sin canalizar se debe pavimentar completamente toda la superficie de la intersección y generalmente se debe emplear curvas sencillas con un solo radio de giro (Villacreses, 2015).

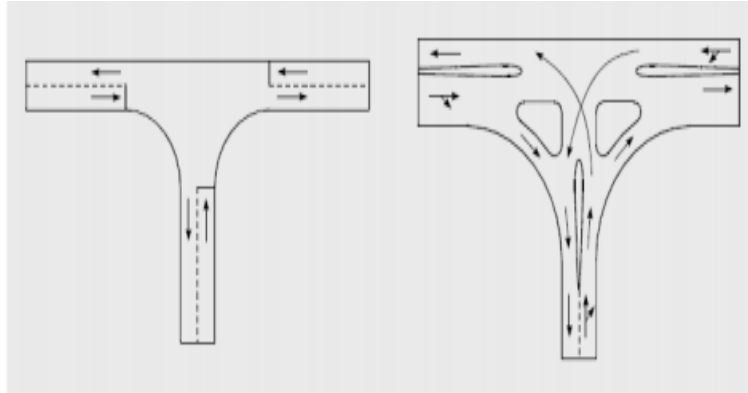


Figura 7. Intersección sin canalizar y canalizada

Adaptado de Villacreses, J. (2015). *Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la república del Ecuador, aplicado a una intersección en el país*. [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

**2.2.4 Elementos canalizadores y reguladores.** Según Villacreses (2015), existe una serie de elementos que regulan y canalizan el acceso y la circulación en una intersección. Entre los existentes, destacan dos de ellos: isletas o elementos canalizadores y semáforos o elementos reguladores.

**2.2.4.1 Isletas.** Las isletas son zonas bien definidas, situadas entre carriles de circulación, destinadas a guiar el movimiento de los vehículos y a servir de eventual refugio a los peatones. Su materialización puede realizarse de dos formas:

- **Mediante marcas viales pintadas sobre el pavimento.** Esta solución es la más

económica, pero no supone ningún tipo de barrera para los vehículos, que pueden invadirla con total libertad.

- **Mediante elevaciones de la superficie.** Conformando verdaderas islas rodeadas de asfalto, esta elevación supone un obstáculo para el tráfico vehicular canalizándolo adecuadamente al no permitir fácilmente su invasión y sirviendo además de refugio a peatones que eventualmente crucen la vía.

#### ***2.2.4.2 Tipos de Isletas.***

- **Isletas direccionales.** Son de forma triangular sirven de guía al conductor a lo largo de la intersección indicándole la ruta por seguir (INVIAS, 2008).
- **Isletas separadoras.** Tienen forma de lágrima y se usan principalmente en las cercanías de las intersecciones, en carreteras no divididas (INVIAS, 2008).

**2.2.5 Agencia Nacional de Seguridad Vial – ANSV.** unidad administrativa especial del orden nacional, que forma parte de la Rama Ejecutiva, con personería jurídica, autonomía administrativa, financiera y patrimonio propio, adscrita al Ministerio de Transporte (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2019).

**2.2.5.1 Geo-visor de seguridad vial.** El Geoportal del Observatorio Nacional de Seguridad Vial pone a disposición de los usuarios en general, información geográfica de Siniestralidad Vial actualizada. El mismo, a través de un conjunto de mapas interactivos permite conocer la distribución geográfica de los siniestros viales, de las muertes y lesionados en carreteras según diferentes fuentes de reporte. Además, de la ubicación de las cámaras salva vidas y muchas otras variables importantes cuando de salvar vidas en la vía se trata.

Se trata de una herramienta fundamental para cumplir con la labor de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) la cual es la máxima autoridad para la aplicación de las políticas y

medidas de seguridad vial nacional, coordinando los organismos y entidades públicas y privadas comprometidas con la seguridad vial (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2019).

**2.2.5.2 Fuentes.** Información procesada por el Observatorio Nacional de Seguridad vial, registros administrativos del registro nacional de accidentes de tránsito (RNAT) – administrado por el RUNT 2017 2018.

Información de siniestros viales reportada por las concesiones viales ANI a la Súper transporte 2018.

Información de siniestros viales reportada por INVIAS a través del servicio HERMES 2018 (Geovisor de Seguridad Vial, 2020).

## **2.3 Marco Legal**

En Colombia, el diseño y la construcción de una intersección a nivel debe realizarse según las normas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en el cual se indica información muy conceptual para el diseño y se presentan pocos datos específicos para que el diseñador tenga elementos suficientes de trabajo.

En este trabajo se presentan los criterios que se deben ser tenidos en cuenta para el diseño de una intersección a nivel según los manuales de INVIAS, y se hace un estudio de una intersección existente y los manuales de diseño para evaluar un caso puntual, la aplicación o no de los manuales y la necesidad de mejoras de diseño y construcción. Los manuales a tener en cuenta son los siguientes:

Manual de diseño Geométrico para Carreteras. Instituto Nacional de Vías (2008).

Manual Señalización Colombiano: Instituto Nacional de Vías (2015).

Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles. Instituto Nacional de Vías (2006).

### 3. Método

#### 3.1 Localización

El desarrollo de la presente monografía se llevó a cabo en el municipio de Aguazul-Casanare. Es un municipio de Colombia ubicado en el departamento de Casanare, dista de la capital departamental Yopal a 27 km y de Bogotá a 361 km. Limita al norte con los municipios de Pajarito (Boyacá) y Recetor (Casanare), al sur con Tauramena y Maní (Casanare), al oriente con la capital del departamento, Yopal, y al occidente con Tauramena y Recetor (Casanare) (Alcaldía de Aguazul Casanare, 2019).

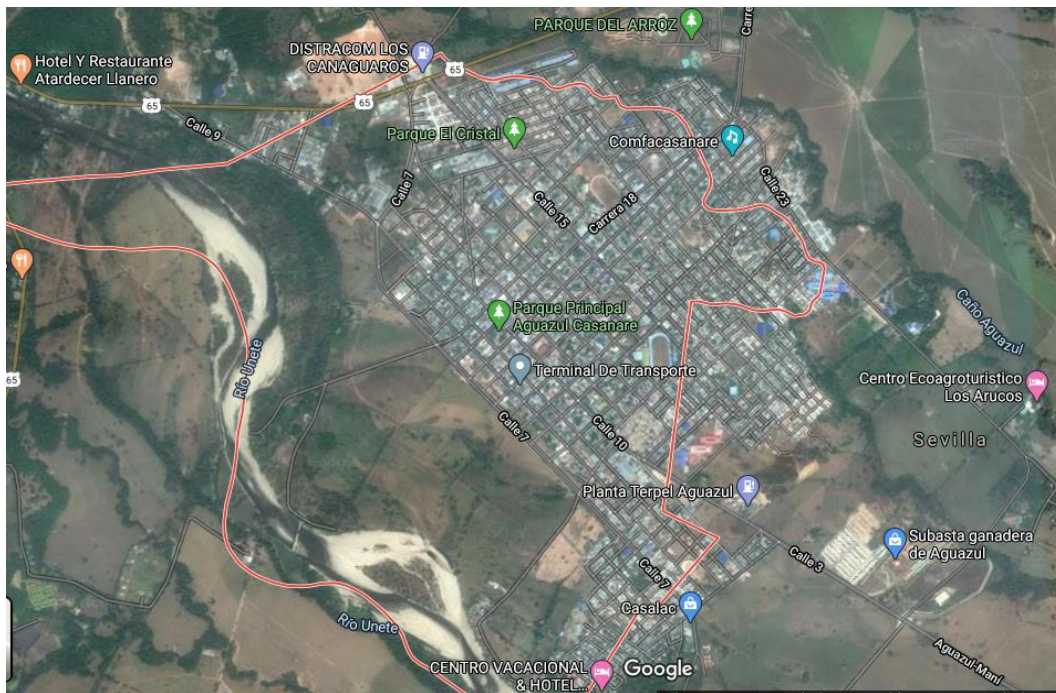


Figura 8. Ubicación Geográfica

Adaptado de Google Map. (2020). Ubicación Municipio Aguazul Casanare. Recuperado el 01 07 2019 de la fuente: <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?msa=0&hl=es&ie=UTF8&t=m&source=embed&vpsrc=0&z=7&mid=1ZLx8K79z9mMVHglR9eXp0AB5CvI&ll=4.206674917617718%2C-74.28336000000002>

### 3.2 Recolección de Datos

Como primera medida se identificó la intersección con mayor índice de accidentalidad en el municipio de Aguazul-Casanare, la cual fue objeto de estudio en la presente monografía. Para la selección de la intersección de estudio se ingresó a la página de la Agencia Nacional de Seguridad Vial ANSV (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2019), una vez allí se ingresó a la herramienta Geovisor de seguridad vial, herramienta que proporciona información geográfica de siniestralidad vial disponible en la actualidad, a través de un conjunto de mapas interactivos. Con ayuda del Geovisor se localizó el municipio de Aguazul y se visualizaron los puntos de accidentalidad registrados en las vías del área urbana, una vez visualizados los puntos de accidentalidad se tomaron datos referentes únicamente a intersecciones.



Figura 9. Puntos de accidentalidad Municipio de Aguazul - Geovisor de seguridad vial

Adaptado de Geovisor de Seguridad Vial. (2020). Recuperado el 01/07/2019, de <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=5a1bdb5c4fe041e0bb982fd3748cf6a>

### 3.3 Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de la información, se tomaron datos referentes a la ubicación de la intersección, número de accidentes registrados y la presencia de lesionados y/o fallecidos. Al realizar un filtro de la información se obtuvo, como punto más crítico de accidentalidad la intersección conformada por la Calle 12 con Av. Marginal del Llano.

Tabla 1. *Accidentalidad en intersecciones Municipio de Aguazul*

<b>Dirección</b>	<b>Accidentes</b>	<b>Lesionados</b>	<b>Fallecidos</b>
Calle #12-Av. Marginal	3	4	0
Cra 22 con calle 14	1	1	0
Cra 20 con calle 9	1	1	0
Cra 19 con calle 13	1	1	0
Cra 18 con calle 11	1	1	0
Cra 18 con calle 15	2	2	0
Cra 17 con calle 10	1	1	0
Cra 17 con calle 12	1	1	0
Cra 17 con calle 15	1	0	1
Cra 16 con calle 14	1	1	0
Cra 16 con calle 16	2	3	0
Cra 15 con calle 21	1	1	0
Cra 13 con calle 14	1	1	0
Cra 12 con calle 11	1	1	0
Cra 12 con calle 13	1	1	0
Cra 10 con calle 10	2	3	0
Cra 10 con calle 18	1	1	0
Cra 9 con calle 15	1	1	0
Cra 8 con calle 17	1	1	0
Cra 8 con calle 18	1	2	0
Cra 7 con calle 16	1	1	0

*Nota:* Accidentes registrados en intersecciones del área urbana municipio de Aguazul.

Adaptado de Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2019). Información institucional. Recuperado

el 01 07 2019, de <https://ansv.gov.co/index.html#>

### 3.4 Identificación de la Zona de Estudio

Ya definida la intersección a estudiar, se realizó una visita de campo para determinar sus características tanto de operación como de funcionabilidad. Esto, con el fin de tener una visión más global de la zona y establecer parámetros de estudio y lineamientos al momento de su evaluación.



*Figura 10.* Intersección de estudio - Calle 12 con Av. Marginal del Llano.

La calle 12 con Av. Marginal Del Llano, es una intersección donde surge el encuentro entre dos vías secundarias con una vía primaria. Es una intersección a nivel, como su nombre lo indica, ubicada en el cruce entre vías y se encuentra al mismo nivel. Según el número de ramales (3) es una intersección de tipo “Y”, los ángulos formados entre los ramales es menor de  $<60^\circ$ . Es una intersección canalizada con isleta direccional. La misma, está destinada a guiar el movimiento del conductor a lo largo de la intersección indicándole la ruta por donde seguir. Es una isleta de

elevación de superficie rodeada de asfalto que supone un obstáculo para el tráfico rodado canalizándolo adecuadamente al no permitir su invasión.

### 3.5 Levantamiento de la Zona de Estudio

Se realizó el levantamiento de la zona de estudio en las condiciones actuales de la intersección, en cuanto a diseño geométrico, señalización vertical y horizontal y estado actual de la malla vial. En el reconocimiento de la zona de estudio se realizaron tomas aéreas utilizando dos “Drones”, uno para levantamiento y registró fotográfico y otro para video de operación y funcionalidad, obteniendo así una visión más global de la zona.



*Figura 11.* Punto de Geo-referencia.



*Figura 12.* Planeación de vuelo Drones 1 y 2.

Una vez establecido el punto de Geo-referencia y la planeación y ejecución de vuelo de los Drones, se dio inicio al reconocimiento de la intersección por vía aérea.



*Figura 13.* Tomas aéreas con Dron.

Una vez en el aire los Drones iniciaron el levantamiento correspondiente con el trazado de puntos y toma de registros.



*Figura 14.* Levantamiento intersección de estudio.

Durante la segunda visita a la zona de estudio se realizó toma de medidas en campo con Cinta y GPS a elementos presentes en la intersección como: accesos, salidas, radios de curvatura, anchos de carril, anchos de calzada, e isleta divisoria entre otros.



*Figura 15.* Medición con cinta calle 12 acceso a la Av. Marginal del llano.



*Figura 16.* Medición con cinta calle 12 carril derecho.



*Figura 17.* Medición con cinta calle 12 carril izquierdo.

A su vez se realizó la medición y ubicación de señalización horizontal y vertical y elementos controladores de tráfico existentes.



*Figura 18.* Medición longitudinal reductor de velocidad Av. Marginal del Llano.



*Figura 19.* Medición longitudinal reductor de velocidad Calle 12.



*Figura 20.* Medición demarcación horizontal Av. Marginal del llano.

Para la señalización vertical se realizó un listado de la señalización existente con su respectiva ubicación dentro de la zona de estudio.



*Figura 21.* Parte de la señalización vertical presente en la zona de estudio.

Convenciones		Listado de Señalización Vial		
	Sentido de Circulación	#	Código de la Señal	Descripción
	Anden en tableta	1	SR-26	Prohibido adelantar
	Señal Reglamentaria	5	SR-01	Pare
	Señal Informativa	6	SR-28	Prohibido parquear
	Poste de concreto	7	SR-02	Ceda el paso
	Línea blanca de borde	9	SP-25	Proximidad de resalto
	Línea amarilla de centro	13	SR-01	Pare
	Reductor de velocidad (resalto)	14	N.A.	Mantenga su derecha
		15	SR-02	Ceda el paso
		16	SP-25A	Ubicación de resalto
		17	SR-02	Ceda el paso
		18	SP-25A	Ubicación de resalto
		20	SR-16	Prohibido girar a la izquierda
		21	SR-26	Prohibido adelantar
		23	J. Turística	Cerro de la Cruz
		24	SR-28	Prohibido parquear
		25	SR-28	Prohibido parquear

Figura 22. Listado de señalización vial y convenciones.

Como tercera visita de obra se tomaron datos en campo del estado superficial del pavimento de la intersección objeto de estudio, según el Anexo A consignado en el Manual para la inspección visual de Pavimentos Flexibles (INVIAS, 2006)



Figura 23. Levantamiento de áreas lesionadas con cinta métrica.



Figura 24. Muestra de fallas en la carpeta asfáltica.

Con toda la información obtenida del trabajo de campo se elaboraron planos de diseño de la intersección Calle 12 con Av. Marginal junto con la ubicación de señalización horizontal y vertical existente.



Figura 25. Plano intersección Calle 12 con Av. Marginal del llano.

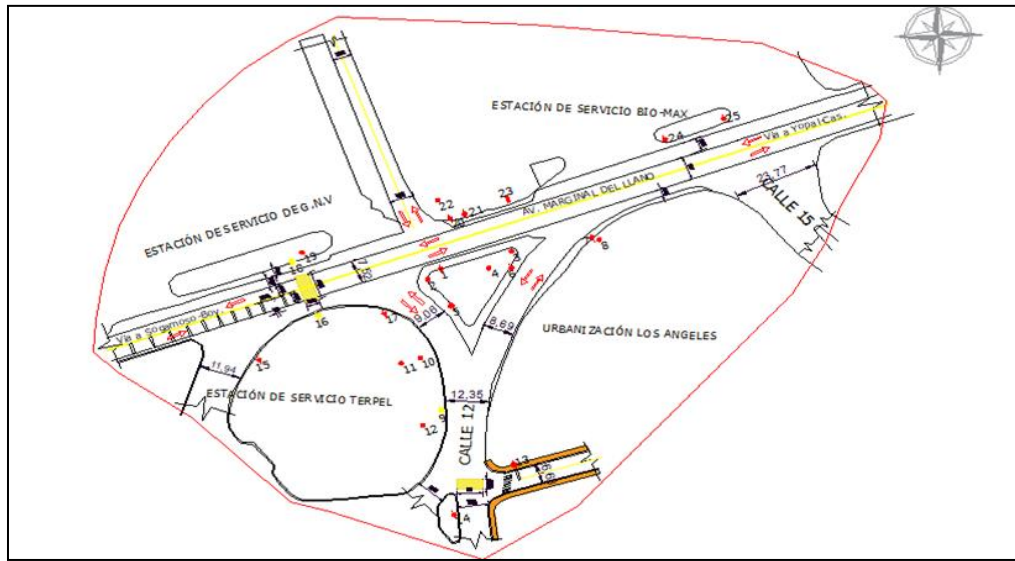


Figura 26. Plano intersección Calle 12 con Av. Marginal del llano.

En este sentido, los planos brindaron la posibilidad obtener y verificar información contenida en los parámetros de la vía como tipo de intersección, bifurcaciones, accesos y salidas, radio de curvatura, anchos de carril, anchos de calzada, señalización horizontal y vertical, disipadores de velocidad, controladores de tráfico, entre otros. Relativo a esto, la relación de los factores previamente descritos dio lugar a identificar los causales de un conflicto en la zona vial que fueron motivo de evaluación y análisis técnico.

### 3.6 Cumplimiento de Normativa

Se establecieron criterios de chequeo para el análisis técnico de la intersección en cuanto a diseño geométrico, señalización horizontal y vertical y el estado superficial de la malla vial según la siguiente normativa:

**3.6.1 Manual de diseño geométrico para carreteras. Colombia: Instituto Nacional de Vías, 2008.** La intersección que se seleccionó para el presente estudio, es de gran complejidad dado el alto número de tipo de participantes (ciclistas, peatones, motociclistas, vehículos livianos

y de carga, entre otros). Por lo tanto, es indispensable el cumplimiento de los distintos parámetros geométricos, para así garantizar un adecuado espacio para giros sin necesidad de invadir ocupar los dos carriles de cada calzada. Además, de proveer los peraltes necesarios para favorecer la circulación de los vehículos en una curva.

A continuación, se presenta el análisis realizado a la intersección seleccionada, para verificar el cumplimiento de los parámetros y/o requisitos indicados en el Manual de diseño Geométrico para Carreteras (INVIAS, 2008). En este capítulo, se expone que estas soluciones viales dependen de la topografía del sitio, las características geométricas de las vías involucradas y las condiciones del flujo vehicular. En este orden de ideas, el manual recomienda que los ingenieros civiles deben proponer alternativas para ser evaluadas y entre sus resultados seleccionar la más conveniente.

Es importante aclarar, que el manual no restringe un número de intersecciones a proponer, esto lo deja a la creatividad del ingeniero diseñador, no obstante, propone algunos diseños típicos, donde establece un cierto número de criterios mínimos a cumplir como normatividad. Es relevante acotar, que una intersección como mínimo de constar de:

Estudio de tránsito de la intersección y análisis de la situación existente, utilizando si se requieren.

Programa de computador apropiado.

Formulación de alternativa de funcionamiento.

Selección de alternativa más eficiente.

Diseño definitivo de la solución adoptada.

Por otro lado, con el objetivo de que la intersección sea la más sencilla y comprensible para el usuario, es importante que la solución más adecuada conste de lo siguiente:

**3.6.1.1 Priorización de los movimientos.** En este capítulo lo importante es identificar el movimiento principal para darle prioridad sobre el otro o los otros, con el objetivo de limitar los movimientos secundarios, los cuales deben tener una señalización adecuada.

**3.6.1.2 Consistencia con los volúmenes de tránsito.** Las dimensiones de los elementos de cada uno de los elementos de la intersección deben satisfacer los volúmenes de tránsito actuales y atraídos en un periodo T de diseño que se pretende tener en funcionamiento dentro de la intersección.

**3.6.1.3 Sencillez y claridad.** La intersección a implementar debe ser lo más sencilla y comprensible, con el fin de evitar movimientos inequívocos, molestos y demasiados largos.

**3.6.1.4 Separación de los movimientos.** A partir de los resultados de ingeniería de tránsito, según los flujos de diseños determinados para cada caso, puede ser necesario dotar algunos movimientos con vías de sentidos únicos, complementándola con carriles de aceleración o desaceleración de ser necesario. Ahora bien, las isletas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas.

**3.6.1.5 Visibilidad.** La velocidad de los vehículos que accedan a la intersección deben limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detección total, con el fin de que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso.

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreras (INVIAS, 2008) clasifica la intersección producto de esta monografía como una intersección a nivel y canalizada, la cual debe cumplir como mínimo los siguientes parámetros:

El ángulo de entrada entre la isleta y el eje de la vía a interceptar o principal (en este caso la vía nacional Aguazul-Yopal), debe estar comprendido entre sesenta y noventa grados ( $60^\circ$  y  $90^\circ$ ).

El radio mínimo de las curvas debe corresponder al radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado.

Las pendientes longitudinales de las calzadas que confluyen deben ser, en lo posible, menor del (4%) para facilitar el arranque de los vehículos que accedan a la calzada principal.

Salvo que la intersección se encuentra en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida con la calzada principal y de longitud superior a 30 m.

La intersección debe satisfacer la distancia de visibilidad de cruce ( $D_c$ ).

Debe contener carriles de cambio de velocidad.

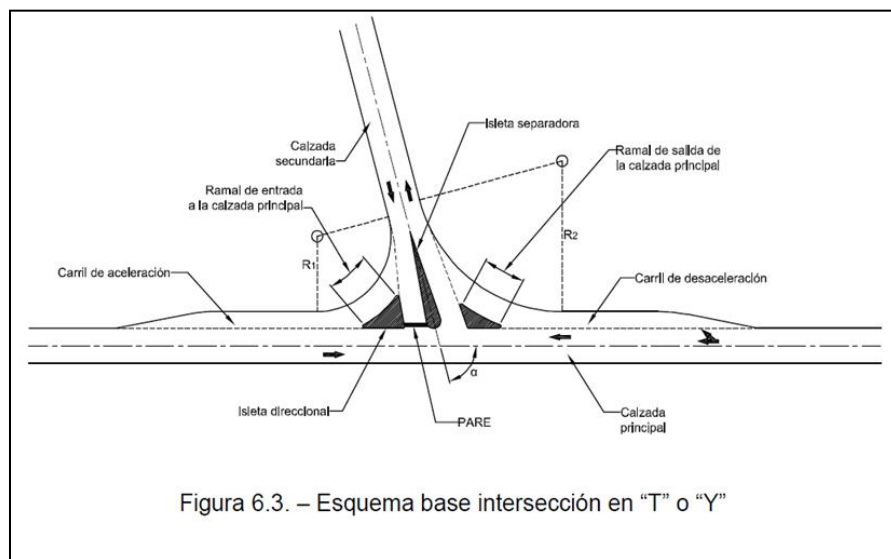


Figura 27. Imagen de intersección propuesta en el manual de diseño geométrico INVIAS

Adaptado de Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*.

Bogotá: INVIAS.

**3.6.2 Manual de señalización: Instituto Nacional de Vías, 2015.** Otro componente a revisar dentro del estudio de la intersección Calle #12-Av Marginal, corresponde estrictamente al estado actual de la señalización preventiva y demarcación vial, la cual constituye uno de los más

importantes ejes de la seguridad vial. Para llegar a este concepto. Se debe tomar en cuenta las siguientes premisas:

Verificar que se encuentren las señales necesarias para el manejo de la intersección sin saturar y confundir a los usuarios.

Las dimensiones de las demarcaciones (pintura vial) se encuentran dentro del rango exigido.

Las señales verticales se encuentran a la altura y distancia adecuada, para ofrecer al conductor una buena percepción.

La señalización es congruente en el tipo de información y su ubicación con respecto de lo que se quiere advertir.

Demás características básicas como: mensaje, forma, color, tamaño, visibilidad, retroflexión, entre otros.

**3.6.3 Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles: Instituto Nacional de Vías, 2006.** La intersección Calle #12- Av. Marginal, se encuentra a nivel de pavimento asfáltico. Por lo que es necesario, revisar el estado actual de la capa de rodadura, ya que la presencia de lesiones severas en el pavimento podría generar accidentes futuros. El presente análisis no se centró en establecer si la estructura de pavimento (capa de rodadura y capas granulares subyacentes) se encuentra o no en buen estado o si es o no suficiente para las cargas actuales de trabajo a las cuales está siendo sometida, sino que se procura determinar el estado de la superficie como tal, como componente principal de la seguridad vial.

Para determinar el estado actual de la superficie de rodadura se utilizó la terminología y metodología descrita en el Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles (INVIAS, 2006). Esto, para poder definir el tipo de daño así como su severidad y registro de la información. Los procesos de auscultación de la ingeniería de pavimentos catalogan los deterioros de la estructura, considerando los agentes que podrían afectarla, siendo agentes como el clima, el

tránsito, materiales utilizados y el proceso constructivo que generan un consumo de la estructura. Así mismo, estos factores enmarcan la clasificación global del tipo de daño del pavimento dividida entre funcionales y estructurales. Por lo tanto, reconocer el tipo de falla y la causa es la esencia para determinar la intervención adecuada en la estructura de pavimentos.

Según la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras, se mostraron las clases, tipos y causas de origen de los deterioros de los pavimentos asfálticos, información inicial para establecer las estrategias de intervención. A continuación, se anexaron algunos de los deterioros más comunes en nuestra infraestructura nacional, así como la causa que los originaron:

CLASE	TIPO DE DETERIORO	CAUSADO ORIGINALMENTE POR EL TRÁNSITO	CAUSADO ORIGINALMENTE POR LOS MATERIALES, EL CLIMA O LA CONSTRUCCIÓN
Fisuramientos <sup>1</sup>	Fisuramiento por fatiga (grietas longitudinales en la huella y piel de cocodrilo)	X	
	Fisuramiento en bloque		X
	Fisuramiento de borde		X
	Fisuramiento longitudinal (no de fatiga)		X
	Fisuramiento transversal		X
	Fisuras parabólicas		X
	Fisuras de reflexión	X	X
Deformaciones	Ahuellamiento	X	
	Abultamientos		X
	Depresiones (baches)		X
	Desplazamientos de borde		X
	Deterioro de parches	X	X
	Expansiones		X
Desprendimientos	Separación entre calzada y berma		X
	Pulimento de agregados	X	
	Ojos de pescado	X	
	Descascaramiento		X
	Pérdida de película de ligante		X
	Pérdida de agregado		X
Afloramientos	Exudación		X
	Afloramiento de agua		X
	Afloramiento de finos	X	X
Otros deterioros	Desintegración de los bordes del pavimento	X	
	Escalonamiento entre calzada y berma		X
	Erosión de las bermas		X
	Segregación		X

Figura 28. Clasificación general de los deterioros de los pavimentos asfálticos.

Adaptado de Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*.

Bogotá: INVIAS.

### **3.7 Diagnostico**

Como resultado, se generó un documento técnico del proceso de chequeo de las condiciones encontradas y de la aplicación o no de los manuales, además, de la evidencia de los factores con mayor incidencia en la accidentalidad en la intersección de estudio. Se buscó y encontró alternativas que podrían solucionar los problemas de accidentalidad en ese punto del municipio. Estas alternativas, están basadas en acciones correctivas que los manuales y normativas mandan a que se cumplan, acordes con el entorno encontrado en el área de estudio, con el fin de lograr la reducción de los índices de accidentalidad y por ende una mejor seguridad vial.

## **4. Resultados**

### **4.1 Diseño Geométrico**

Siguiendo los criterios básicos de diseño para intersecciones a nivel, canalizadas, Capítulo 6 del manual de diseño geométrico para carreteras (INVIAS, 2008).

Se obtuvieron los siguientes resultados:

La isleta tiene un ángulo de posicionamiento con respecto al eje de la vía principal de 90°, cumpliendo con este parámetro establecido en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008.

En cuanto al radio de giro, los 2 ramales superan los 14 metros que recomienda la norma, y el ancho de calzada supera los 7.80 m para este tipo de vehículo (C3S3), de igual manera el ángulo de giro es considerable.

Sus pendientes de empalme de transición son inferiores al 1%, el terreno es plano.

En cuanto a la distancia de visibilidad de cruce ( $D_c$ ) se evidencia que está dentro del rango 147m vehículo (C3S3), es decir es eficiente, se debe tener mucha precaución, sobre todo en el

ramal de incorporación a la vía principal, se recomienda generar señalización rígida en este ramal, que obligue a parar, con el fin de tomarse el tiempo adecuado para ver panorámicamente el comportamiento vehicular de la vía principal. Adicionalmente, en el ramal de salida de la misma no hay problema, este parámetro también cumple en la totalidad de la intersección.

En cuanto al carril de desaceleración, hay que tener en cuenta que según la última señal vertical, antes de la intersección, limita la velocidad a 40 km/h a pesar de ser una vía de 80km/h. Es decir, para salir de la vía principal a esa velocidad que es reglamentaria, el carril en cuestión necesitaría como mínimo 45 m según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008. Por lo tanto, la intersección cuenta con 46 m aproximadamente con un ancho de carril superior a 4 metros, la norma recomienda ancho de carril no menor a 3.30m.

En cuanto al carril de aceleración, hay que tener en cuenta que la velocidad debe ser entre 30 y 40 km, es decir, para entrar a la vía principal hay que restringir la siguiente intersección en salida con pare, si y solo si se presenta esta condición, el carril en cuestión necesitaría como mínimo entre 45 y 55 m, según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAE (2008), siendo que la intersección cuenta con 54 m aproximadamente y con un ancho de carril superior a 4 metros, la norma recomienda ancho de carril no menor a 3.30m.

En general, desde el punto de vista geométrico la intersección cumple con los criterios básicos de diseño para intersecciones canalizadas y a nivel del capítulo 6 consignado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAE (2008).

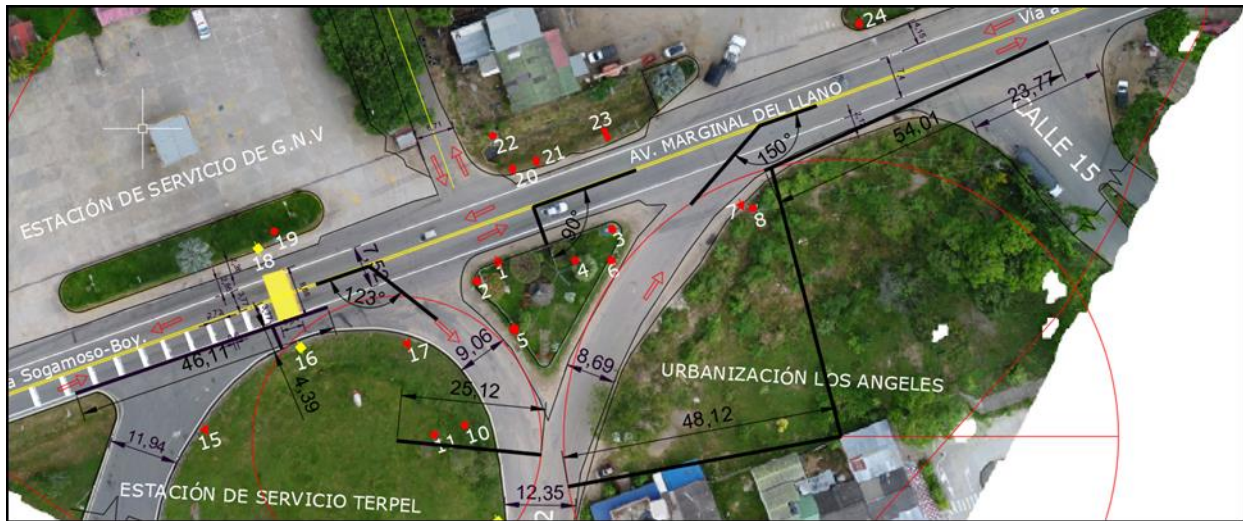


Figura 29. Parámetros del diseño geométrico.

#### 4.2 Señalización Horizontal y Vertical

En aspectos generales, se puede evidenciar que la señalización existente sobre la vía nacional es bastante completa y cumple la normatividad de señalización del Ministerio de Transporte (2015) y se observa en buen estado y con las dimensiones mínimas requeridas.



Figura 30. Señalización horizontal y vertical – Av. Marginal del llano.

Las dimensiones de las demarcaciones (pintura vial) se encuentran dentro del rango exigido 12 a 15 cm.

Las señales verticales se encuentran a la altura 2m y distancia adecuada 30cm a la derecha del carril, para ofrecer al conductor una buena percepción.

La señalización es congruente en el tipo de información y su ubicación con respecto de lo que se quiere advertir.

El sector de la vía nacional que hace parte de la intersección, no se encontró saturada por señales de tránsito, que puedan en un momento dado confundir al usuario y que este perciba la información de una manera errónea. Ahora bien, es necesario aclarar que la señalización que se encuentra instalada en los accesos que conforman la intersección por la calle 12, no es la adecuada, ya que carece de objetos tridimensionales que obliguen al usuario a hacer detenciones preventivas con el objetivo de hacer el cruce de la mejor manera posible sin ocasionar traumatismo y ni accidentalidad. De igual manera, la demarcación vial es totalmente deficiente y casi imperceptible a la vista, esto por falta de mantenimiento. Por su parte, la señalización vertical es un poco menos deficiente, aunque escasa.



*Figura 31.* Señalización horizontal y vertical – calle 12.

Se evidencio que en la Av marginal, durante las inspecciones realizadas al sitio, un gran número de usuarios evaden los reductores de velocidad por las bermas. Debido a esto, existe un alto riesgo de ocasionar accidentes, ya que no solo no disminuyen su velocidad, sino que hacen maniobras peligrosas al salir y al incorporarse nuevamente a la calzada de la vía.



*Figura 32.* Evasión reductor de velocidad Av Marginal del llano.



*Figura 33.* Evasión reductor de velocidad Av. Marginal del llano.



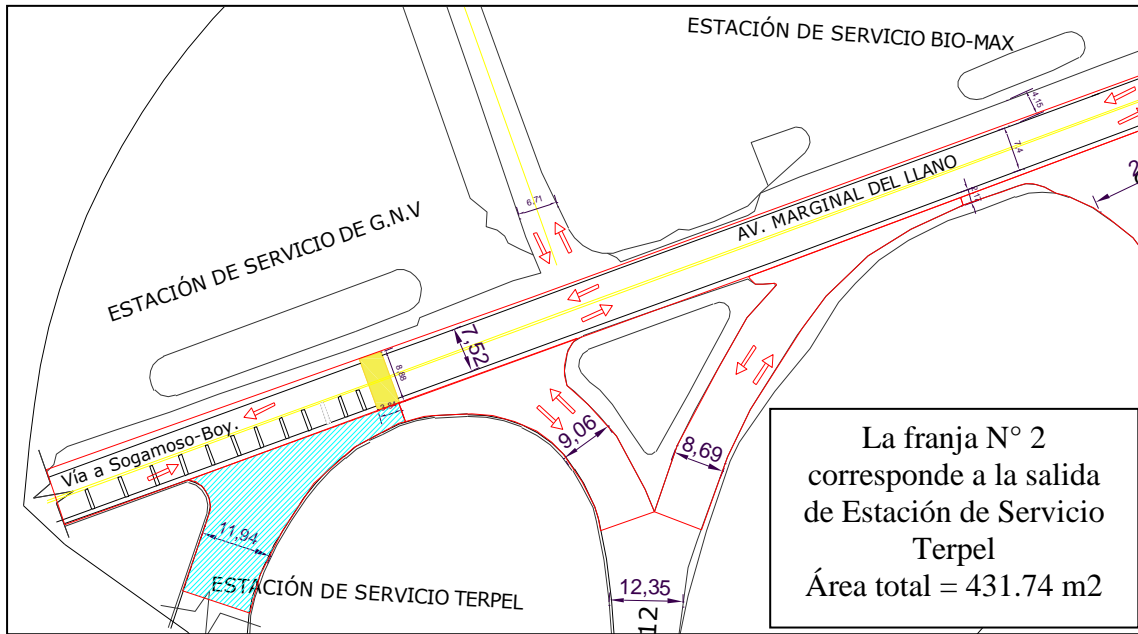


Figura 35. Franja N° 2 para auscultación.

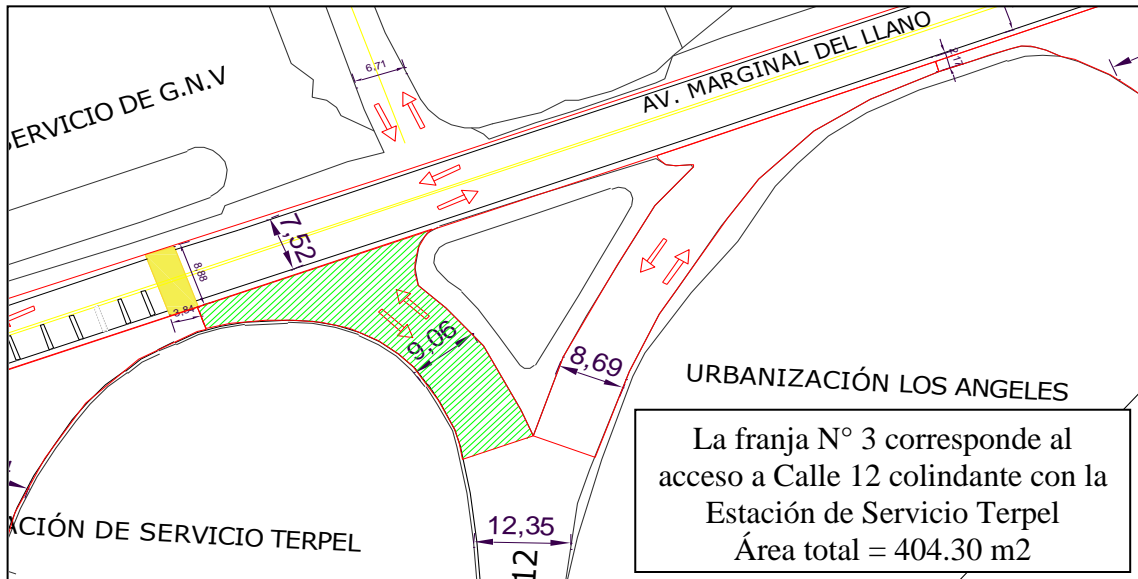


Figura 36. Franja N° 3 para auscultación.

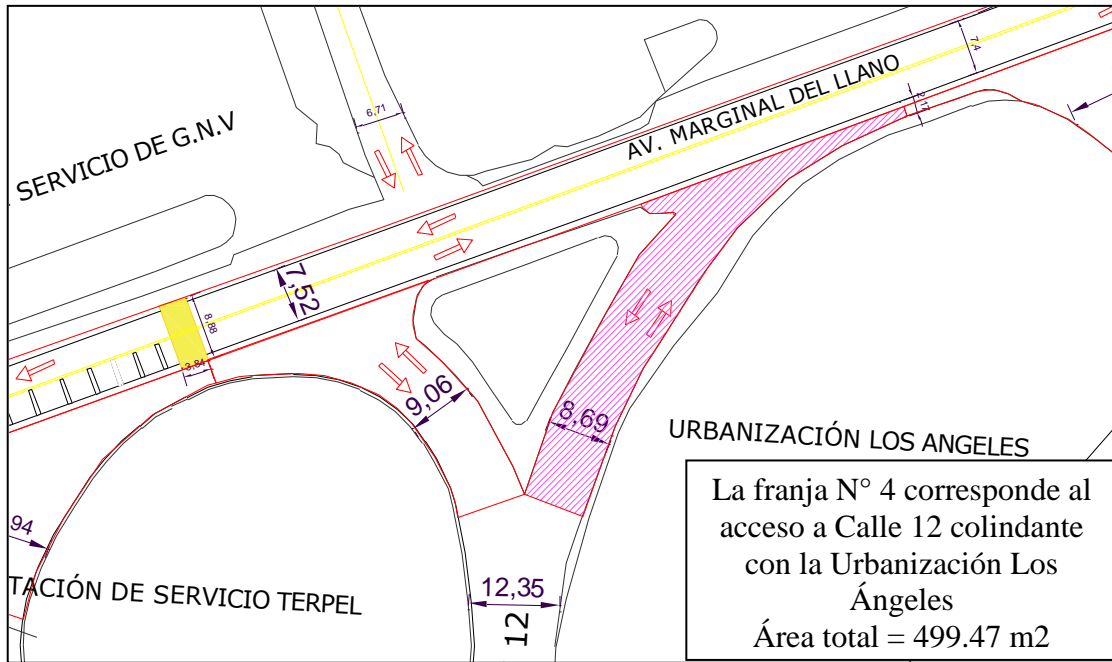


Figura 37. Franja N° 4 para auscultación.

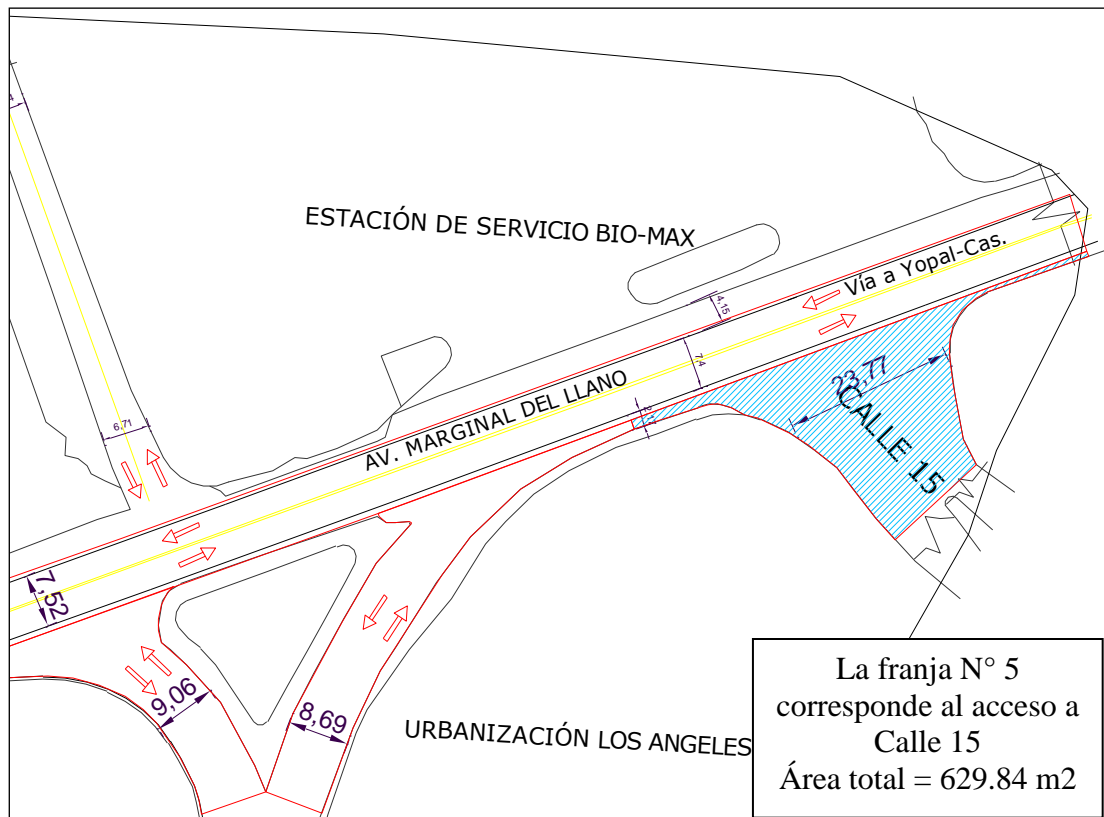


Figura 38. Franja N° 5 para auscultación.



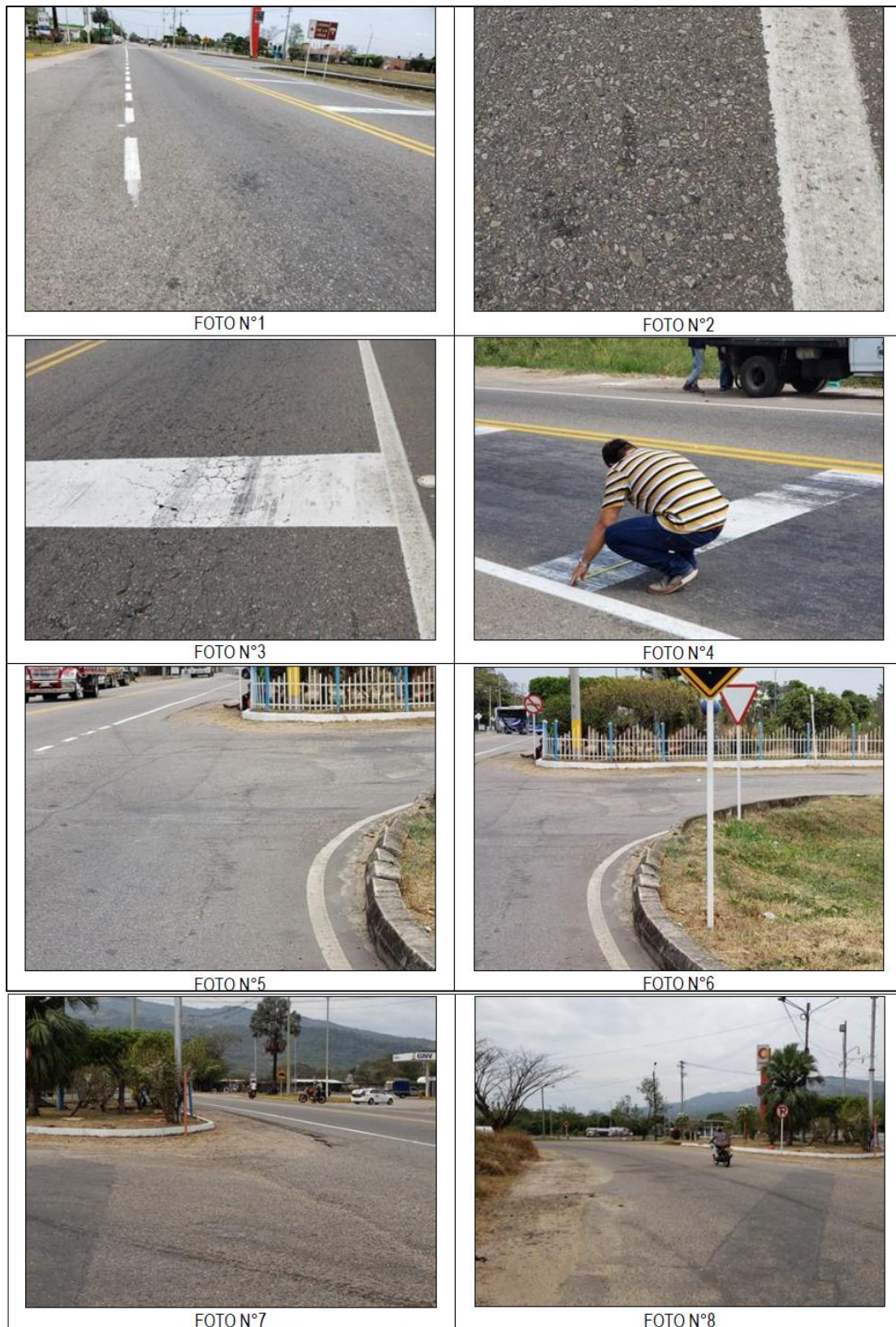


Figura 40. Registro fotográfico de la evaluación del pavimento.



Por tramos, se encontró que la franja más afectada es la que corresponde a la vía nacional, claro que es la que mayor área de inspección tiene.

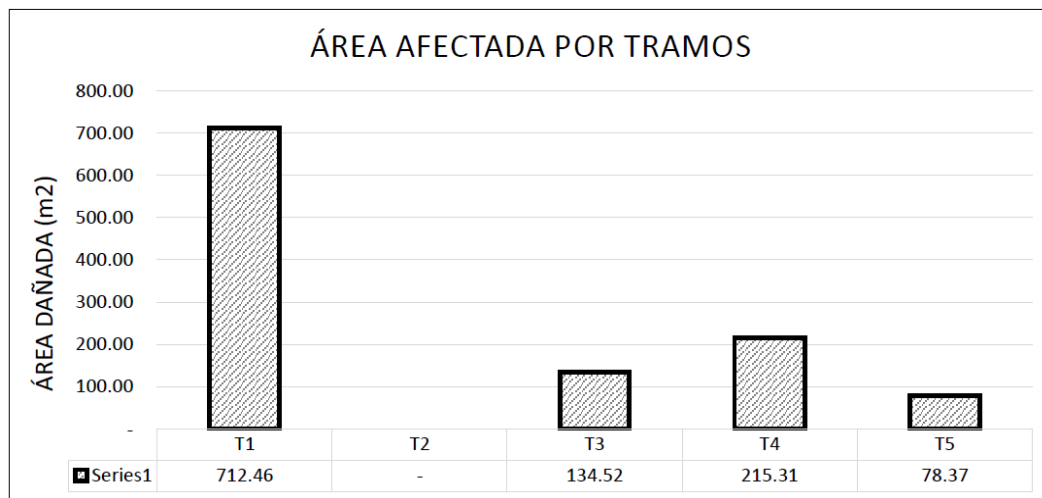


Figura 41. Detalle gráfico de área afectada por tramos.

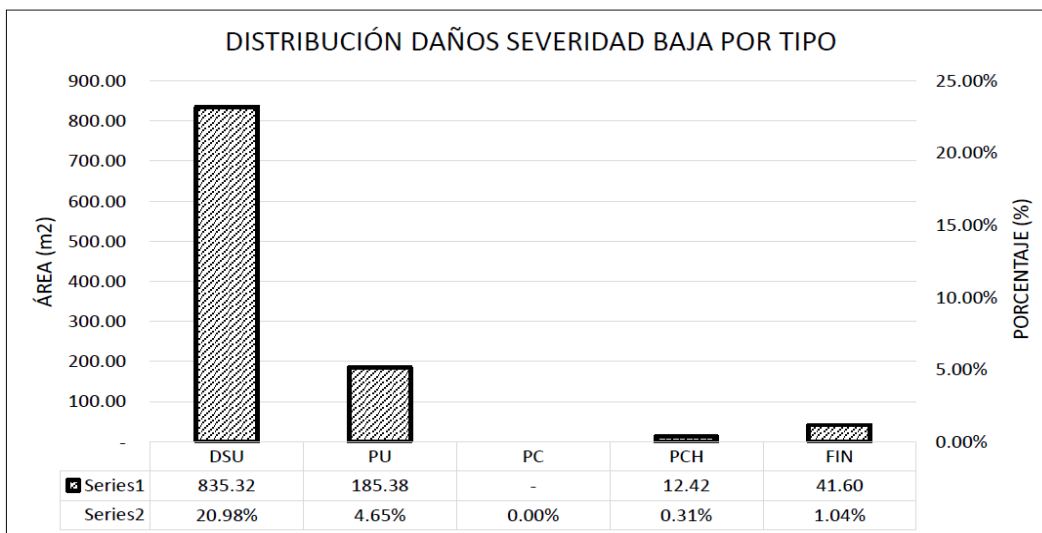


Figura 42. Distribución de los daños de severidad baja por tipo.

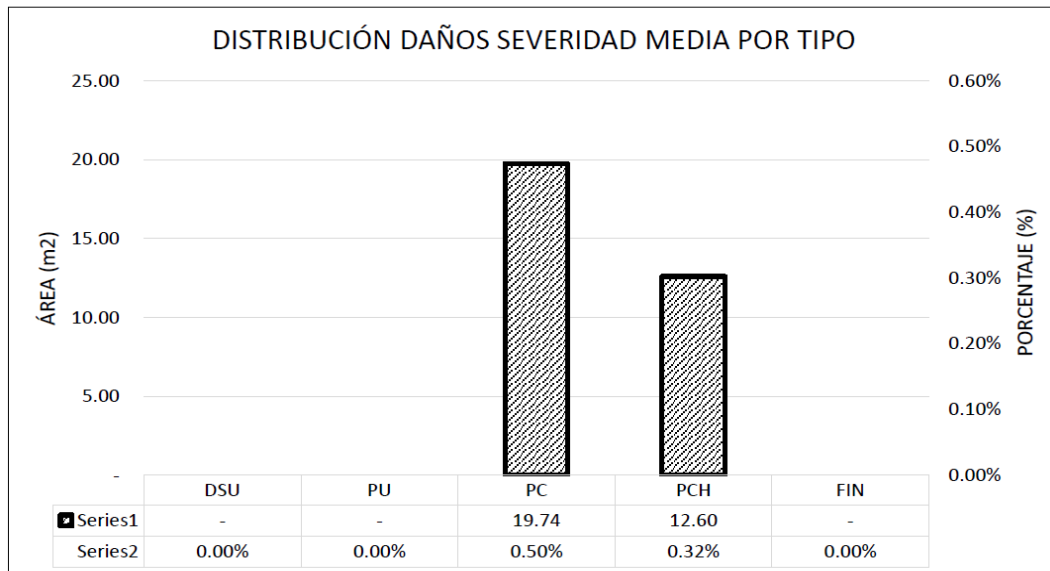


Figura 43. Distribución de los daños de severidad media por tipo.

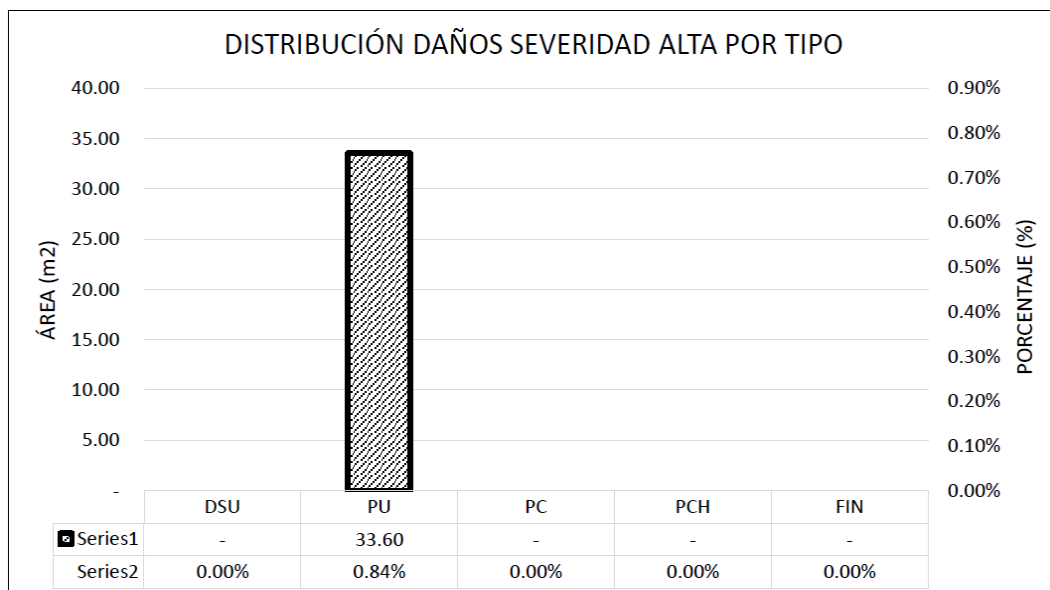


Figura 44. Distribución de los daños de severidad alta por tipo.

De las anteriores gráficas se puede extraer lo siguiente: Si bien la intersección analizada presenta un porcentaje de daño del 28.64%, la gran mayoría son de severidad baja con un 26.99% mientras que las de severidad media y alta solo tienen un 0.81% y 0.84% respectivamente.

## 5. Conclusiones

Luego de verificar el cumplimiento de normativa vigente y realizados los análisis de los diferentes componentes que podrían ser generadores de la accidentalidad que se ha venido presentando en la intersección de estudio, en un ámbito técnico de la interventoría y supervisión se pudo determinar lo siguiente:

El diseño geométrico de la intersección está cumpliendo con los principales parámetros normativos consignados en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS (2008). En cuanto a este componente, no se requiere de la intervención física de la intersección, es decir, que no se requieren modificaciones constructivas, ni ampliaciones ni la construcción de elementos adicionales.

La auscultación realizada al pavimento mostró que en general este se encuentra en muy buenas condiciones. Las lesiones halladas fueron muy pocas y no representan ningún riesgo de accidentalidad, ya que se trata de fisuración simple, algo de desgaste superficial por uso, pulimento de agregados en algunos pequeños sectores y reparcheos. La gran mayoría de las patologías evidenciadas se solucionan con la aplicación de un sello con arena asfalto o un micropavimento. Esto, con el fin de devolver el acabado superficial al concreto asfáltico. Por otra parte, en la zona de fisuras longitudinales, se deberán hacer los respectivos parcheos, para evitar que se termine de deteriorar el pavimento y evolucione a un daño de mayor consideración y riesgo para los usuarios como el caso de baches.

En cuanto a la señalización, luego de revisar la normatividad y compararla con lo que se encuentra actualmente en la intersección, la que corresponde a la vía nacional que está en muy buen estado, en funcionamiento y cumple con la normatividad vigente, mientras, que la señalización de los accesos es muy escasa y deficiente, y esto podría llegar a generar nuevos

accidentes.

Ahora bien, de acuerdo con el análisis mostrado anteriormente, la accidentalidad en la intersección Calle 12 – Av Marginal, se puede atribuir principalmente a uno solo de los tres componentes analizados; la señalización. A esto, se suma que en el municipio de Aguazul existe una tendencia a hacer caso omiso de las regulaciones de tránsito, ya sea por desconocimiento o por falta de disciplina.

Esta situación deberá corregirse de manera inmediata, con la ampliación del reductor de velocidad, de manera tal que este ocupe el ancho total de la franja total de pavimento disponible.

Otro aspecto que se debe considerar, es que la distancia entre los dos reductores de velocidad existentes (uno a cada lado de la intersección) es notablemente larga ya que tiene más de 165 m. Esto, le permite a los conductores de vehículos livianos y de motociclistas, alcanzar altas velocidades dentro de esta franja cuando pasan por las zonas de empalme con los acceso a la Calle 12, lo cual es otro parámetro de alto riesgo de colisión. Para esto, se recomienda la construcción de más reductores tipo bandas en concreto, con el fin de controlar la velocidad de circulación en este tramo. Con lo anterior, se quiere una reducción en la posibilidad de accidente sobre esta franja de vía, incluso en el escenario en que los conductores no respeten las señales de pare instaladas.

## 6. Alternativas de Solución

Las alternativas de solución para mitigar la accidentalidad que se ha venido presentando en la intersección Calle 12 – Marginal, incluye lo siguiente:

Implementar la señalización y demarcación vial sobre la Calle 12 en lo que respecta a sus accesos a la vía Nacional.

Cambiar el sentido del acceso a la calle 12, el cual en la actualidad es bidireccional en sus dos empalmes con la vía Nacional, dejando los empalmes unidireccionales de manera que el de la izquierda sea solo para ingreso a tomar la calle 12 y el empalme de la derecha sea solo, con el fin de acceder a la vía nacional. Los vehículos que pretendan tomar la vía nacional hacia Tauramena, lo deberán hacer por la calle 15. De igual manera, los vehículos que vienen de Yopal y que necesiten ingresar al municipio, lo deberán hacer por la misma calle 15.

Ampliar el reductor de velocidad ubicado frente a la Estación de Servicio Terpel, de manera que este quede ocupando la totalidad de la franja de pavimento disponible.

Construir y señalizar un nuevo reductor de velocidad a la salida de la Calle 12 antes de tomar la vía nacional. Éste, deberá cumplir con las dimensiones establecidas en el Manual de Señalización del Ministerio de Transporte, según (INVIAS, 2008).

Construir y señalizar nuevos reductores de velocidad tipo bandas en concreto en dos sectores: uno frente a la isleta en donde se encuentra la imagen de La Virgen y otro, frente a la estación de Servicio Biomax. Ambos deberán tener como mínimo 20 m. entre la primera y la última banda. Estas bandas, deberán ocupar la totalidad de la franja de pavimento disponible, para evitar que los usuarios hagan maniobras tratando de esquivarlas. La finalidad, de este nuevo reductor tipo banda es inducir al usuario en lo posible a detener su vehículo en su totalidad en el caso en que se requiera y con ello tenga el tiempo suficiente entre reacción y acción.



Figura 45. Propuesta de cambios en los sentidos viales.

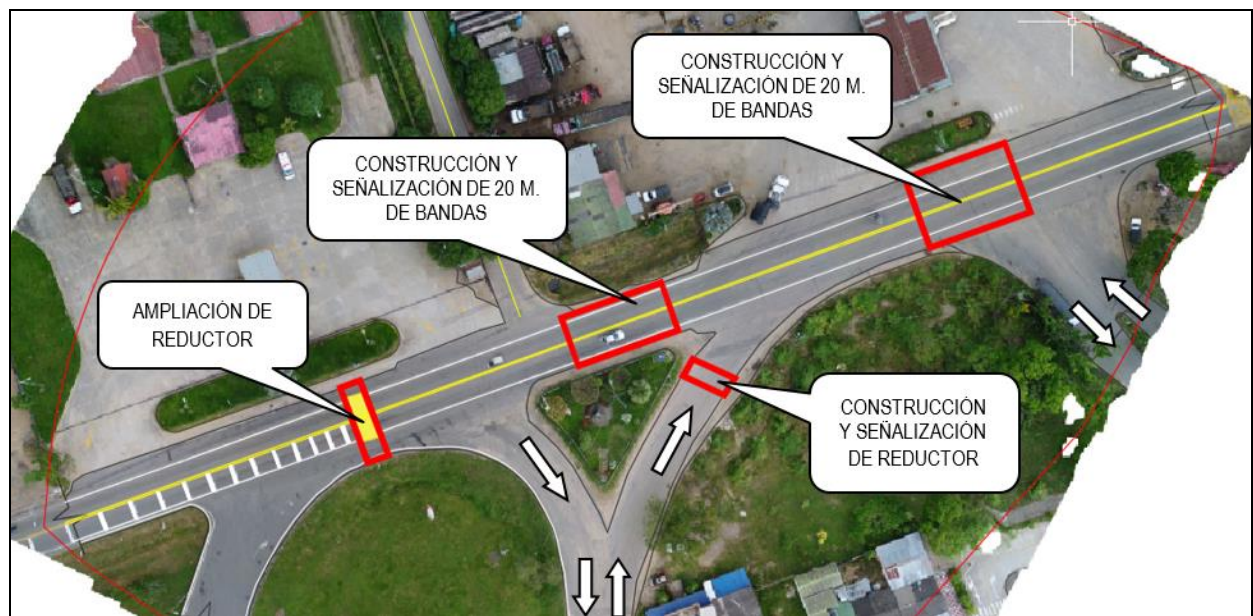


Figura 46. Esquema de alternativa de solución propuesta.

### Referencias Bibliográficas

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2019). *Información institucional*. Recuperado el 01 07 2019, de <https://ansv.gov.co/index.html#>
- Alcaldía del Municipio de Aguazul Casanare. (2019). Información institucional. Recuperado el 01 07 2019, de <http://www.aguazul-casanare.gov.co/municipio/informacion-general>
- Amador, J. & Jerez, B. (2016). *Estudio sobre los indicadores de la seguridad vial en el Centro Histórico de la Ciudad de Tunja*. [Tesis de grado]. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- Betancourt, G., Bencomo, O. & Esparza, R. (2015). Vialidad: Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas, Causas y Soluciones. *Cultura Científica y Tecnológica*, (56).
- Bonett, P. & Yatto, E. (2017). *Análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av. 28 de Julio-3er paradero de Ttio, Av. la Cultura-Manuel Prado, prolongación Av. la Cultura-Universidad Andina del Cusco; en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación*. [Tesis de grado]. Universidad Andina del Cusco. Cusco, Perú.
- Geovisor de Seguridad Vial. (2020). Información institucional. Recuperado el 01 07 2019, de <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=5a1bdb5c4fe041e0bb9892fd3748cf6a>
- Google Maps. (2020). Ubicación Municipio Aguazul Casanare. Recuperado el 01 07 2019, de <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?msa=0&hl=es&ie=UTF8&t=m&source=embed&vpsrc=0&z=7&mid=1ZLx8K79z9mMVHglR9eXp0AB5CvI&ll=4.206674917617718%2C-74.28336000000002>

Higuera Sandoval, C. (2012). Conservación y mantenimiento de carreteras. *Nociones Sobre Evaluación y Rehabilitación de Estructuras de Pavimento*, (352)

Instituto Nacional de Vías. (2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos*. Bogotá: INVIAS.

Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: INVIAS.

Instituto Nacional de Vías. (2015). *Manual de señalización*. Bogotá: INVIAS.

Instituto Nacional de Vías. (2016). *Manual de mantenimiento de carreteras*. Bogotá: INVIAS.

*Ley 769 de 2002. Por la cual se expide el código nacional de tránsito terrestre y se dictan otras disposiciones*. (6 de julio de 2002). No. 44.932 en el Diario Oficial

*Ley 1702 de 2013. Por la cual se crea la agencia nacional de seguridad vial y se dictan otras disposiciones*. (27 de diciembre de 2013). No. 49.016 en el Diario Oficial.

Mosquera, D. (2018). *El diseño de intersecciones y su utilidad en la seguridad vial para la prevención de accidentes (caso de estudio calle 25 con avenida 2N en Santiago de Cali)*. [Tesis doctoral]. Universidad del Valle. Valle del Cauca, Colombia.

Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (2019). Salvemos vidas en la vía. Recuperado el 01 07 2019, de <https://ansv.gov.co/observatorio/index6a93.html?op=Contenidos&sec=78>

Ochoa, E. (2009). *Estudio de los criterios de diseño geométrico de las intersecciones a nivel según la AASHTO*. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Raoul, L. (2009). *Evaluación de la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado de la carretera*. [Tesis doctoral]. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara, Cuba.

Reyna, P. (2015). *Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones*. [Tesis de grado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.

- Sierra, C. & Rivas, A. (2016). *Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (DG 78 bis sur – Calle 84 sur) En la upz Yomasa*. [Tesis de grado]. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Villacreses, J. (2015). *Desarrollo de un manual de diseño de intersecciones a nivel para la república del Ecuador, aplicado a una intersección en el país*. [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Zapata, L. & González, E. (2014). *Estudio de seguridad vial, en intersecciones críticas en el tramo vial de la calle 17 entre carrera 11 hasta la carrera 29 de la ciudad de pasto*. [Tesis de grado]. Pontificia Universidad de Nariño. San Juan, Pasto.