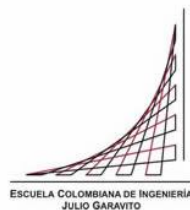


**Maestría en Ingeniería Civil**

**Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en  
Proyectos Viales Interurbanos en Colombia**

**Ing. Juan Nicolás González Sarmiento**

**Bogotá, D.C., 26 de octubre de 2018**



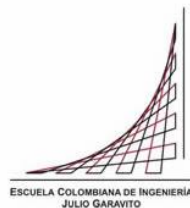
**Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en  
Proyectos Viales Interurbanos en Colombia**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con  
énfasis en Tránsito y Transporte**

**Ing. Ada Romina Katz M. Sc.**

**Director**

**Bogotá, D.C., 26 de octubre de 2018**

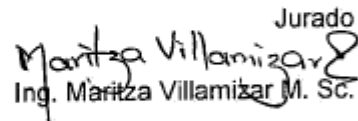


La tesis de maestría titulada “Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia”, presentada por Juan Nicolás González Sarmiento, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.



Director de la tesis

Ing. Ada Romina Katz M. Sc.

Jurado  
  
Ing. Maritza Villamizar M. Sc.

Jurado  
  
Ing. Santiago Henao M. Sc.

Bogotá, D.C., 26 de octubre de 2018

## **Agradecimientos**

A mis profesores, compañeros y colegas que me apoyaron con su conocimiento para la elaboración del presente documento.

## Resumen

Actualmente, en Colombia, con el fin de aumentar la competitividad del país, se han generado un gran número de proyectos viales que pretenden mejorar la infraestructura vial del territorio y el sistema de transporte en general. Estos proyectos requieren de una gran inversión y dado que los recursos que dispone un país para invertir en infraestructura vial son limitados, aquellos proyectos que sean los elegidos para ser ejecutados deben ser aquellos que brinden los mayores beneficios al transporte. Lo anterior debe estar soportado por estudios confiables y alta calidad.

En Colombia, si bien existen algunos documentos que, de manera muy general, indican las consideraciones que se deben tener en cuenta para la elaboración de los estudios de tránsito, esta se deja, en gran medida, al criterio del profesional que los va a realizar. La metodología utilizada hoy por los profesionales del área es casi exclusivamente la basada en la experiencia que no ha sido escrita. La falta de lineamientos conlleva al uso de múltiples metodologías, lo cual implica gran incertidumbre respecto a la validez de los resultados obtenidos y dificultan la toma de decisiones. Por esta razón, se hace necesario establecer criterios claros y completos de análisis que generen los mejores pronósticos y estimen los beneficios al transporte, logrando estandarización y alta calidad en los productos entregados, para que las decisiones sean tomadas contando con la información necesaria y asegurando que la misma es obtenida adecuadamente.

Finalmente, el documento desarrollado en esta tesis, se convierte en un aporte fundamental para la elaboración, evaluación y análisis de proyectos viales, ya que funciona como una herramienta de suma utilidad que permite al profesional, por un lado, elaborar el estudio de tránsito siguiendo una guía metodológica estandarizada y por el otro, a la parte interesada en la realización del proyecto (Gobierno, empresario, estructurador, consultor o constructor) poder evaluarlo siguiendo una serie de criterios y tomar una correcta decisión sobre la conveniencia de invertir o no sus recursos.

**Palabras claves:** Estudios de tránsito, herramientas de análisis de tránsito, lineamientos

## Índice general

Capítulo 1. Introducción.....	15
1.1 Motivación .....	15
1.2 Descripción del Problema.....	16
1.3 Contenido .....	17
Capítulo 2. Revisión Bibliográfica .....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Identificación de las Necesidades de Transporte.....	21
2.2.1 Metodología CPC-S para identificar la problemática.....	21
2.3 Localización y Área de Influencia.....	23
2.4 Recopilación de Información.....	24
2.4.1 Información Secundaria.....	25
2.4.2 Información Primaria.....	26
2.5 Modelos y Proyecciones .....	29
2.5.1 Modelos de Estimación de Demanda .....	30
2.5.2 Modelos de Simulación Macroscópica .....	35
2.5.3 Modelos de Simulación Microscópica .....	36
2.5.4 Modelos de Simulación Mesoscópica .....	36
2.5.5 Modelos de uso del suelo - transporte y expansión urbana .....	36
2.6 Capacidad y Niveles de Servicio.....	37
2.7 Proyecciones .....	37
2.8 Costo de transporte .....	38
2.9 Manuales y guías consultadas.....	39
Capítulo 3. Marco Teórico .....	40

3.1	Características generales de los proyectos de infraestructura vial.....	40
3.1.1	Fases de un Proyecto de Infraestructura Vial .....	40
3.1.2	Casos de Proyectos Viales .....	42
3.1.3	Clasificación de Carreteras.....	43
3.2	Estudios de tránsito .....	43
3.3	Herramientas de Análisis de Tránsito .....	44
3.4	Definición del Contenido del Estudio de Tránsito.....	45
3.4.1	Descripción del proyecto de infraestructura vial.....	48
3.4.2	Objetivos del Estudio de Tránsito .....	48
3.4.3	Definición del área de influencia .....	48
3.4.4	Metodología.....	49
3.4.5	Recopilación de Información.....	49
3.4.6	Selección y aplicación de Herramientas de Análisis de Tránsito.....	50
3.4.7	Flujos y proyecciones del tránsito.....	52
3.4.8	Capacidad y niveles de servicio.....	54
3.4.9	Costos de transporte .....	54
Capítulo 4.	Lineamientos.....	56
4.1	Lineamientos propuestos.....	56
4.2	Identificación de la necesidad.....	58
4.3	Descripción del proyecto de infraestructura .....	59
4.4	Objetivos del estudio de tránsito.....	60
4.5	Área de Influencia.....	60
4.6	Recopilación de Información.....	62
4.7	Selección y aplicación de herramientas de análisis de tránsito.....	67
4.8	Flujos y proyecciones del tránsito .....	70
4.9	Costos de transporte .....	73

4.10	Características generales del documento .....	73
4.11	Lista de chequeo del estudio de tránsito .....	74
Capítulo 5.	Aplicación Caso Práctico.....	81
PRODUCTO 1.	DOCUMENTO INICIAL COMPUESTO POR LA DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA, SU COORDINACIÓN CON PROGRAMAS Y PLANES DEL GOBIERNO NACIONAL Y LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN IDENTIFICADAS ...	81
PRODUCTO 2.	DOCUMENTO RESUMIDO QUE DESCRIBE LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	86
PRODUCTO 3.	DOCUMENTO QUE CONTIENE LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO	89
PRODUCTO 4.	DOCUMENTO QUE CONTIENE LA DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE FORMA DETALLADA Y JUSTIFICADA CON SU RESPECTIVA REPRESENTACIÓN GRÁFICA .....	89
PRODUCTO 5.	DOCUMENTO POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA Y LA ENTIDAD CONTRATANTE CON LA APROBACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	91
PRODUCTO 6.	DOCUMENTO QUE CONTIENE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA RECOPIADA ACOMPAÑADA DE ANEXOS Y BASES DE DATOS ...	92
PRODUCTO 7.	DOCUMENTO QUE CONTIENE LA METODOLOGÍA DE LA TOMA DE INFORMACIÓN Y APROBACIÓN DE ESTA POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA Y ENTIDAD CONTRATANTE .....	105
PRODUCTO 8.	DOCUMENTO QUE PRESENTA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA ACOMPAÑADO DE ANEXOS Y BASES DE DATOS	105
PRODUCTO 9.	DOCUMENTO RESUMIDO QUE PRESENTE LA CALIBRACIÓN DEL AÑO BASE JUNTO A SUS CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES DE ACEPTACIÓN. LO ANTERIOR, DEBE ESTAR ACOMPAÑADO DE LOS ARCHIVOS DE SIMULACIÓN Y DEMÁS ARCHIVOS NECESARIOS PARA SU REVISIÓN .....	107



PRODUCTO 10. DOCUMENTO DE APROBACIÓN POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA Y ENTIDAD CONTRATANTE A LA SITUACIÓN BASE CALIBRADA

116

PRODUCTO 11. DOCUMENTO QUE CONTIENE EL VALOR DEL TRANSITO ACTUAL, SU ANÁLISIS Y DIFERENTES HIPÓTESIS DE ASIGNACIÓN..... 116

PRODUCTO 12. DOCUMENTO QUE DESCRIBE LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO, JUNTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FINALMENTE, LOS ANTERIOR DEBE SER APROBADO POR LA ENTIDAD CONTRATANTE Y LA INTERVENTORÍA..... 122

PRODUCTO 13. DOCUMENTO QUE CONTIENE LA ESTIMACIÓN DEL TRÁNSITO FUTURO, SU ANÁLISIS Y CONCLUSIONES. .... 127

PRODUCTO 14. DOCUMENTO QUE CONTIENE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE TRANSPORTE ..... 129

Capítulo 6. Conclusiones y lecciones aprendidas..... 132

## Índice de tablas

Tabla 2-1 Procedimiento general para la identificación de la problemática .....	22
Tabla 2-2 Área de influencia según su alcance geográfico .....	23
Tabla 2-3 Área de influencia según su impacto.....	23
Tabla 2-4 Herramientas para la elaboración de Trabajos de Campo .....	29
Tabla 2-5 Factores que afectan la Selección Modal.....	34
Tabla 2-6 Datos de entrada para la estimación de costos de transporte .....	38
Tabla 2-7 Resultados obtenidos por la metodología .....	39
Tabla 2-8 Manuales y guías consultadas .....	39
Tabla 3-1 Clasificación Vial Según su Funcionalidad .....	43
Tabla 3-2 Contenido del estudio de tránsito.....	47
Tabla 3-3 Información a recopilar.....	49
Tabla 3-4 Herramientas de Análisis en función del Área de Influencia .....	51
Tabla 4-1 Lista de Chequeo - Identificación de la necesidad .....	58
Tabla 4-2 Lista de Chequeo - Descripción del proyecto .....	59
Tabla 4-3 Lista de Chequeo - Objetivos del estudio de tránsito .....	60
Tabla 4-4 Lista de Chequeo - Área de influencia .....	61
Tabla 4-5 Lista de Chequeo - Recopilación de información secundaria .....	62
Tabla 4-6 Lista de Chequeo - Recopilación de información primaria.....	64
Tabla 4-7 Lista de chequeo - Selección y aplicación de herramientas de análisis de tránsito.....	67
Tabla 4-8 Lista de chequeo – Estimación de flujos y proyecciones del tránsito.....	71
Tabla 4-9 Lista de chequeo - Costos de transporte.....	73
Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito .....	74
Tabla 5-1 Interesados del proyecto.....	85
Tabla 5-2 Parámetros de diseño geométrico de cada una de las alternativas.....	97
Tabla 5-3 Transito Promedio Diario Estación 881 Fábrica de Cementos del Valle - Yumbo .....	99
Tabla 5-4 Transito Promedio Diario Estación 270: Vijes –Mediacanoa .....	100
Tabla 5-5 Transito Promedio Diario Estación 271: Loboguerrero – Mediacanoa...	101
Tabla 5-6 Transito Promedio Diario Estación 269: Yumbo – Vijes .....	102
Tabla 5-7 Indicadores Estadísticos Estación 269 Yumbo - Vijes.....	103

Tabla 5-8 Velocidad, Capacidad y Función Flujo demora en función de su clasificación funcional .....	110
Tabla 5-9 %RMSE para Vehículos Livianos.....	111
Tabla 5-10 %RMSE para Buses .....	112
Tabla 5-11 %RMSE para Camiones .....	113
Tabla 5-12 TPDS Actual para cada una de las alternativas evaluadas .....	117
Tabla 5-13 Modelos de Proyección evaluados.....	124
Tabla 5-14 Estadística Descriptiva Tasas de Crecimiento para vehículos livianos	126
Tabla 5-15 Estadística Descriptiva Tasas de Crecimiento para buses .....	126
Tabla 5-16 Estadística Descriptiva Tasas de Crecimiento para camiones .....	127
Tabla 5-17 TPDS Actual + TPDS Generado para cada una de las alternativas evaluadas .....	128
Tabla 5-18 TPDS Futuro para cada una de las alternativas evaluadas .....	128
Tabla 5-19 Costos de operación por tipo de vehículo en la situación base .....	130
Tabla 5-20 Costos de operación por tipo de vehículo en la situación con proyecto	131

## Índice de figuras

Figura 2-1 Línea de Tiempo, Directrices generales para la elaboración de Estudios de Tránsito Fuente: Elaboración Propia.....	19
Figura 2-2 Diagrama CPC (Causas – Problemática – Consecuencias) Fuente: Medina (2014) .....	22
Figura 2-3 Área de influencia según su alcance geográfico. Fuente: Elaboración Propia .....	24
Figura 2-4 Fuentes de Información Secundaria Fuente: Elaboración Propia.....	26
Figura 2-5 Fuentes de Información Primaria Fuente: Elaboración Propia .....	27
Figura 2-6 Modelo de Cuatro Etapas Fuente: Elaboración Propia.....	30
Figura 3-1 Fases de un Proyecto de Infraestructura Vial, Fuente: Elaboración Propia .....	40
Figura 3-2 Manuales y guías consultadas. Fuente: Elaboración propia.....	46
Figura 3-3 Componentes del tránsito futuro. Fuente: Cal & Mayor y Cárdenas (2007) .....	53
Figura 4-1 Metodología, Fuente: Elaboración propia.....	57
Figura 5-1 Árbol de Objetivos Fuente: Perfil del Proyecto Contrato FOANDE 215050 (2016) .....	83
Figura 5-2 Árbol de Problemas Fuente: Perfil del Proyecto Contrato FOANDE 215050 (2016) .....	84
Figura 5-3 Localización general del Proyecto Fuente: Elaboración propia a partir de Google maps .....	88
Figura 5-4 Área de influencia Fuente: Elaboración propia a partir de Google maps	91
Figura 5-5 Pirámides Poblacionales Vives 2005 – 2020 Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por el DANE.....	93
Figura 5-6 Pirámides Poblacionales Restrepo 2005 – 2020 Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por el DANE.....	94
Figura 5-7 Variación del PIB por Actividades Departamento del Valle del Cauca Fuente: Elaboración propia a partir de Información del DANE .....	96
Figura 5-8 Estaciones INVIAS Valle del Cauca Fuente: INVIAS (2016) .....	98
Figura 5-9 Transito Promedio Diario Estación 881 Fábrica de Cementos del Valle – Yumbo Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015) .....	99

Figura 5-10 Transito Promedio Diario Estación 270: Vijes –Mediacanoa Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015) .....	100
Figura 5-11 Transito Promedio Diario Estación 271: Loboguerrero – Mediacanoa Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015) .....	101
Figura 5-12 Transito Promedio Diario Estación 269: Yumbo – Vijes Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015) .....	102
Figura 5-13 Proyecciones Liviano, Bus y Camión Fuente: Elaboración Propia a partir de información INVIAS (2015) .....	104
Figura 5-14 Zonas y enlaces para la situación actual y con proyecto Fuente: Elaboración propia.....	109
Figura 5-15 Calibración del Modelo para vehículos livianos (Coeficiente de Determinación) Fuente: Elaboración propia .....	111
Figura 5-16 Calibración del Modelo para buses (Coeficiente de Determinación) Fuente: Elaboración propia .....	112
Figura 5-17 Calibración del Modelo para camiones (Coeficiente de Determinación) Fuente: Elaboración propia .....	113
Figura 5-18 Asignación Situación base Fuente: Elaboración propia.....	114
Figura 5-19 Relación Volumen Capacidad Situación base Fuente: Elaboración propia .....	115
Figura 5-20 TPDS para cada una de las alternativas evaluadas Fuente: Elaboración propia .....	118
Figura 5-21 Alternativa 1 Fuente: Elaboración propia .....	119
Figura 5-22 Alternativa 2 Fuente: Elaboración propia .....	120
Figura 5-23 Alternativa 3 Fuente: Elaboración propia .....	121

## Índice de anexos

Anexo 1 Bases de datos recopilación de información .....	138
Anexo 2 Modelo de Simulación Macroscópica .....	139
Anexo 3 Lista de chequeo aplicación caso práctico .....	140

# Capítulo 1.

## Introducción

### 1.1 Motivación

Es común oír, a nivel mundial, sobre la necesidad de nuevos proyectos de infraestructura vial que satisfagan las necesidades de la población en general; no obstante, estos proyectos requieren de una amplia inversión y sus beneficios se ven reflejados a largo plazo.

Actualmente, en Colombia, con el fin de aumentar la competitividad del país, se han generado un gran número de proyectos viales que pretenden mejorar la infraestructura vial del territorio. Estos proyectos requieren de una gran inversión y los recursos son limitados. En la Ley 1682 de 2013 del Ministerio de Transporte, se adoptan medidas y disposiciones generales para los proyectos de infraestructura de transporte. Se definen los principios, bajo los cuales se deben planear y desarrollar la infraestructura de transporte: **a.** Accesibilidad, **b.** Adaptación y mitigación al cambio climático, **c.** Calidad del servicio, **d.** Capacidad, **e.** Competitividad, **f.** Conectividad y **g.** Eficiencia.

Como es sabido, los recursos que dispone un país para invertir en infraestructura vial son limitados, por lo tanto, aquellos proyectos que sean los elegidos para ser ejecutados deben ser aquellos que brinden mayores beneficios al transporte. Según Lehovec (2004), los beneficios del transporte se pueden clasificar en dos categorías:

- Beneficios directos: disminución del tiempo de viaje, disminución del desgaste del vehículo y uso de la gasolina, disminución de la accidentalidad, accesibilidad y conectividad, etc.
- Beneficios indirectos: oportunidades laborales, mejoramiento de las condiciones ambientales para la población alrededor de las vías congestionadas, crecimiento del poder económico de los centros urbanos, etc.

Según lo anterior, los beneficios directos son atribuidos directamente al usuario mientras que los beneficios indirectos, a la población del territorio afectado. Los proyectos de infraestructura vial, debido a su importancia, deben ser sustentados técnicamente. Por

esta razón, es necesario realizar correctamente los estudios y diseños necesarios para la ejecución en cada una de sus etapas. El estudio de tránsito es el principal insumo para las demás especialidades.

El objetivo de este documento es el de proveer una herramienta estandarizada de evaluación y análisis donde se establezcan lineamientos técnicos para la elaboración de los estudios de tránsito en los proyectos de infraestructura vial interurbana del país. En general, según Rodríguez (2005), la estandarización tiene los siguientes beneficios:

- Logra un comportamiento estable que genera productos y servicios con calidad homogénea y bajos costos.
- Es una forma de preservar el conocimiento y la experiencia.
- Provee una base para el mantenimiento y mejoramiento de la forma de realizar el trabajo.
- Es una forma de prevenir la recurrencia de errores.

Finalmente, el documento se convierte en un aporte fundamental para la elaboración, evaluación y análisis de proyectos viales, ya que funciona como una herramienta de suma utilidad que permite al profesional, por un lado, elaborar el estudio de tránsito siguiendo una guía metodológica estandarizada y por el otro, a la parte interesada en la realización del proyecto (Gobierno, empresario, estructurador, consultor o constructor) poder evaluarlo siguiendo una serie de criterios y tomar una correcta decisión sobre la conveniencia de invertir o no sus recursos.

## **1.2 Descripción del Problema**

En Colombia, si bien existen algunos documentos que, de manera muy general, indican las consideraciones que se deben tener en cuenta para la elaboración de los estudios de tránsito, esta se deja, en gran medida, al criterio del profesional que los va a realizar. La metodología utilizada hoy por los profesionales del área es casi exclusivamente la basada en la experiencia que no ha sido escrita. La falta de lineamientos conlleva al uso de múltiples metodologías que proveen incertidumbre respecto a la validez de los resultados obtenidos y dificultan la toma de decisiones.



Dentro del marco normativo, los proyectos viales son regulados y gestionados por las diferentes entidades locales y nacionales dentro del área de influencia, por lo que existen diferentes y variados documentos donde se establecen los requerimientos mínimos que se deben presentar en el informe de los estudios de tránsito. Los anteriores, son criterios generales y dejan a juicio del profesional su elaboración. Es decir, en el país existe una falta de estandarización de especificaciones y procedimientos técnicos para la elaboración y revisión de los estudios de tránsito.

Por esta razón, se hace necesario establecer criterios claros y completos de análisis que generen los mejores pronósticos y beneficios al transporte, logrando estandarización y alta calidad en los productos entregados, para que las decisiones sean tomadas contando con la información necesaria y asegurando que la misma es obtenida adecuadamente.

### **1.3 Contenido**

La tesis está conformada por seis capítulos. En el Capítulo 2, se presenta la revisión bibliográfica existente referente a la elaboración de un estudio de tránsito, sus características y contenido. El Capítulo 3 presenta el marco teórico donde se describen los procedimientos y teorías que sirven para la elaboración del estudio. Los lineamientos para la elaboración de estudios de tránsito son presentados en el Capítulo 4. En el Capítulo 5, se aplican los lineamientos a un caso práctico. Finalmente, las conclusiones y lecciones aprendidas son resumidas en el Capítulo 6.

## **Capítulo 2.**

### **Revisión Bibliográfica**

Este capítulo revisa la literatura existente referente a la elaboración de un estudio de tránsito, sus antecedentes, características y contenido.

#### **2.1 Antecedentes**

A través del tiempo y con la aparición de nuevos proyectos viales interurbanos, diferentes entidades han establecido guías donde se establecen los requerimientos mínimos que se les debe presentar en el informe de los estudios de tránsito. Sin embargo, son directrices generales que dejan a criterio del profesional, la metodología a utilizar y la forma de presentar los resultados (véase Figura 2-1).

En 1976, la Misión Francesa INGEORUTE junto al Ministerio de Obras Públicas y Transporte elaboraron el documento “Compilación de informes sobre factibilidad y transporte”, donde se definieron metodologías de la fase de factibilidad del estudio de carreteras y una propuesta de cómo debe ser su estudio.

En 1993, el país generó lo que se conoce como “Primera Generación de Concesiones Viales”, un plan vial que identificó como prioridad una mejora cualitativa de la malla vial del país. Se enfocó principalmente hacia labores de rehabilitación y ampliación de calzadas. Se aprobaron 13 proyectos viales, donde dentro de sus contratos de concesión, se establecían algunos requerimientos a cumplir en cada etapa del proyecto, específicamente Estudios y Diseños. En el año 1995, inició la “Segunda Generación de Concesiones Viales”, donde se ejecutaron 26 proyectos viales y se corrigieron los problemas contractuales presentados en la generación anterior (Universidad de Antioquia & Universidad Pontificia Bolivariana, 2015).

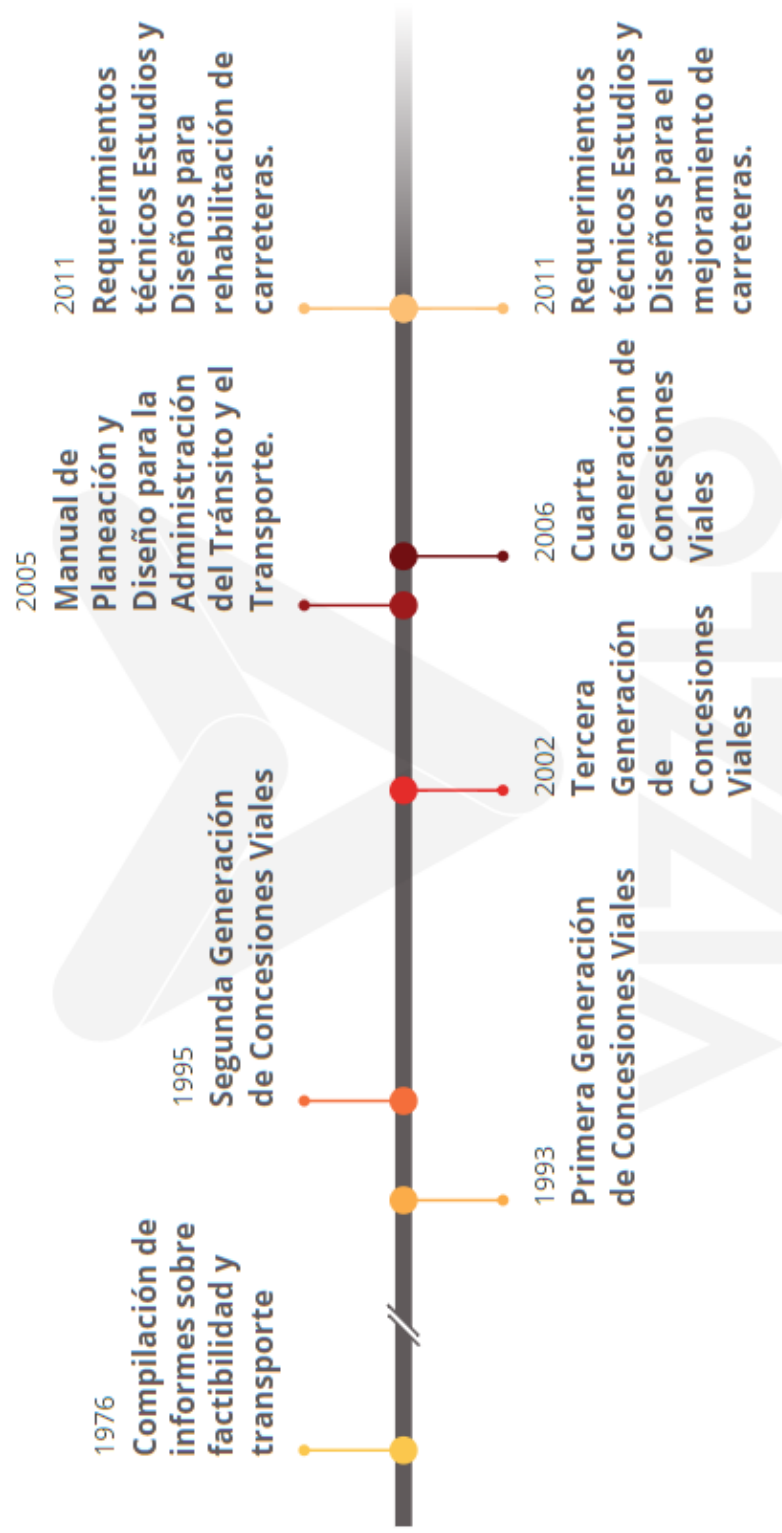


Figura 2-1 Línea de Tiempo, Directrices generales para la elaboración de Estudios de Tránsito  
Fuente: Elaboración Propia

En el año 2002, comenzó la “Tercera Generación de Concesiones Viales”, donde se proyectaba la construcción, rehabilitación o pavimentación de más de 2.500 km, un total de 13 proyectos. En los anexos técnicos<sup>1</sup>, se definió el contenido que debía llevar el estudio de tránsito, con el objetivo de establecer los valores de las proyecciones del tránsito.

En el año 2005, en Bogotá, se elaboró el “Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte”, el objetivo general del Manual era fortalecer los procesos de planificación, diseño, ejecución, supervisión de estudios, seguimientos y monitoreos al sistema de transporte urbano, elementos básicos para la planeación y diseño de la administración del tránsito y transporte urbano aplicado al contexto de Bogotá.

En el año 2006, inició la “Cuarta generación de Concesiones Viales” que tenía como objetivo reducir la brecha en infraestructura y consolidar la red vial nacional a través de la conectividad continua y eficiente entre los centros de producción y de consumo, con las principales zonas portuarias y con las zonas de frontera del país. (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2013). En esta generación, se definieron las consideraciones técnicas y otras características para los proyectos de infraestructura vial.

En el año 2011, el Instituto Nacional de Vías - INVIAS, elaboró los documentos “Requerimientos Técnicos de Estudios y Diseños para la rehabilitación de carreteras” y “Requerimientos Técnicos de Estudios y Diseños para el mejoramiento de carreteras”, donde se estableció una guía básica para la elaboración de los estudios de tránsito. El objeto principal de estos documentos consiste en conocer los flujos de transporte existentes y futuros con el fin de apoyar el cambio de especificaciones y dimensiones de la infraestructura vial existente.

Como se puede observar, en el país, existen diferentes y variados documentos donde se establecen ciertos requerimientos mínimos que se deben presentar en el informe de los estudios de tránsito. Sin embargo, son criterios generales y dejan a criterio del profesional su elaboración. No obstante, todos los documentos se basan en las mismas fases y etapas de los proyectos de infraestructura vial. En las siguientes secciones se presenta una

---

<sup>1</sup> Corresponde a los parámetros establecidos por la Entidad para la adecuada ejecución del objeto contractual, el cual está conformado por un documento principal que hace referencia a los Lineamientos técnicos, administrativos, legales y financieros necesarios para el desarrollo del contrato.

revisión bibliográfica de cada uno de los ítems contenidos en un estudio de tránsito. Cabe aclarar que, en cada etapa del proyecto, dichos ítems serán ejecutados reiteradamente, pero con diferentes niveles de detalle y profundización.

## **2.2 Identificación de las Necesidades de Transporte**

Inicialmente, se hace necesario identificar el problema o necesidad, conocer sus causas y efectos, así como plantear las posibles alternativas de solución. En este documento, se va a hacer uso del término problemática refiriéndose a una necesidad insatisfecha de un grupo de personas, que justifica una acción para suplirla.

Dada la complejidad en identificar claramente la problemática, Medina (2014) recomienda fraccionarla en tres componentes:

- Las **causas** son los factores que dan origen a la problemática
- Las **consecuencias** son los resultados de la existencia de la problemática.
- Las **soluciones** son las acciones que emprender para erradicar total o parcialmente una o varias causas de la problemática.

### **2.2.1 Metodología CPC-S para identificar la problemática**

El análisis se debe hacer a los aspectos claves que pueden ayudar a comprender la naturaleza y las implicaciones asociadas con la existencia de una situación indeseada. De acuerdo con Medina (2014), como guía para la identificación de la problemática, se puede buscar información al responder las siguientes preguntas: **1.** ¿Qué hechos concretos hacen pensar que existe una problemática?; **2.** ¿Quiénes están siendo afectados?; **3.** ¿De qué forma están siendo afectados?; **4.** ¿Desde cuándo están siendo afectados?; **5.** ¿Qué sucede si no se hace nada ahora?; **6.** ¿Cuál es la problemática? y **7.** ¿Qué factores están originando la problemática?

Para lograr las respuestas a dichas preguntas de una manera precisa, se hace necesario documentarlas con información confiable y de la mayor calidad posible, dado que a partir de ellas se determinan aspectos claves que permiten comprender la problemática. En la Tabla 2-1, se presenta el procedimiento general para la identificación de la problemática.

Tabla 2-1 Procedimiento general para la identificación de la problemática

Aspecto	Descripción
Los Antecedentes	Situaciones que quien analiza ha visto personalmente o se ha informado de alguna manera (medios de comunicación, otras personas, fuentes bibliográficas, etc.). Una vez que se establezca una relación entre los hechos, se debe averiguar si presentan alguna causa en común, la cual posiblemente sea la problemática misma.
Los Involucrados o Partes Interesadas	Corresponde a personas, grupos o instituciones que, en la actualidad, de alguna forma están relacionadas con la situación. Lo anterior es independiente de si su afectación es positiva (reciben beneficios del problema) o negativa (son perjudicados por el problema). Adicionalmente, se debe establecer el grado de afectación para cada interesado.
Evolución en el Tiempo	Se establecen los periodos de tiempo en los que la población ha tenido esa necesidad insatisfecha. Lo anterior con el fin de no realizar acciones que ya han sido realizadas y no han dado los resultados esperados.
La Problemática	Es la necesidad que no está satisfecha y es indispensable para los involucrados; Es lo que falta y está originando los hechos que se identificaron previamente.
Las Causas	Los factores que originan la situación indeseada deben ser identificados rigurosamente, pues sobre ellos se deben enfocar las acciones para atacar la problemática. En la identificación de las causas, se hace necesario la búsqueda de información secundaria para comprender las relaciones entre estas.
Construcción del diagrama CPC	Para establecer de manera global las relaciones existentes entre los diferentes elementos, se puede usar un esquema Causas – Problemática – Consecuencias (véase Figura 2-2)

Fuente: Medina (2014)

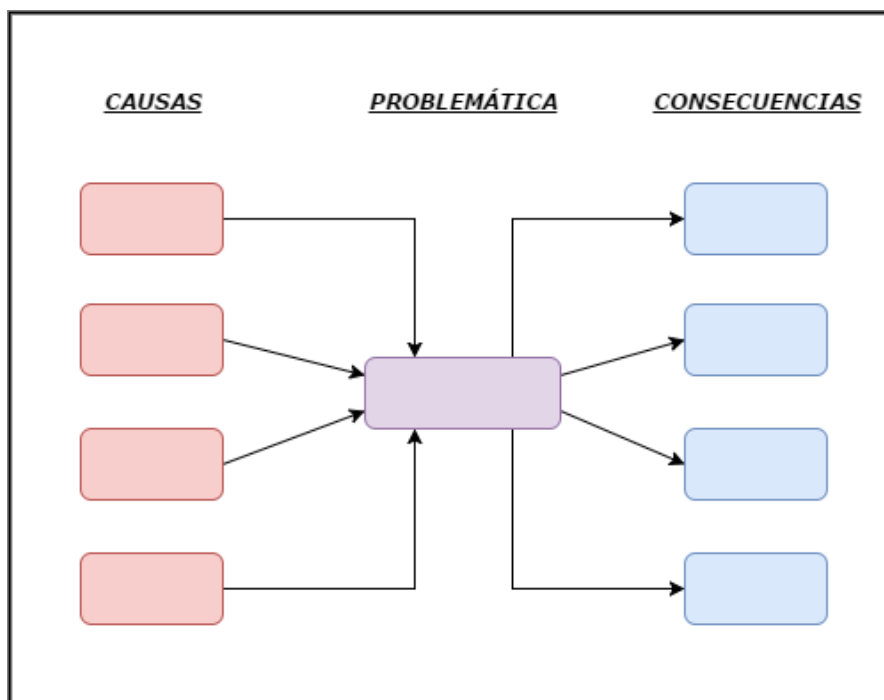


Figura 2-2 Diagrama CPC (Causas – Problemática – Consecuencias) Fuente: Medina (2014)

## 2.3 Localización y Área de Influencia

En el estudio de tránsito, se debe establecer la localización del proyecto dentro del contexto local, regional y nacional, tanto en el aspecto administrativo y político como su ubicación dentro de la red vial (MOPC, 2009). Además, tal y como lo solicita el INVÍAS (2011), se debe indicar la troncal o transversal a la cual pertenece los corredores que intervienen el proyecto de infraestructura vial.

El área de influencia depende del tipo de proyecto, su ubicación y las características operacionales predominantes del tránsito (FDOT, 2014). De acuerdo con el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay - MOPC en su Manual de Carreteras (2009) se establece que los estudios socioeconómicos y de tránsito son los encargados de establecer el área de influencia del proyecto.

El área de influencia se puede definir según su alcance geográfico (FDOT, 2014) y su impacto (MOPC, 2009). En la Tabla 2-2, se presenta la definición del área de influencia según el alcance geográfico (véase Figura 2-3) y en la Tabla 2-3 según su impacto.

*Tabla 2-2 Área de influencia según su alcance geográfico*

<b>Clasificación</b>	<b>Función</b>
Ubicación Aislada	Corresponde a un área de estudio limitada; por ejemplo, una sola intersección o cruce
Segmento	Corresponde a un segmento de red lineal o una pequeña red
Corredor	Corresponde a un área de estudio ampliada, generalmente incluye una de las vías principales con una o dos vías principales paralelas conectadas entre sí.
Región	Corresponde a un área de estudio total de una región donde son involucrados todos los corredores principales y conectados entre sí.

*Fuente: FDOT (2014)*

*Tabla 2-3 Área de influencia según su impacto*

<b>Clasificación</b>	<b>Función</b>
Directa	Corresponde a la zona por donde se desarrolla el proyecto y es impactada directamente por él.
Indirecta	Corresponde a aquellas zonas alejadas del proyecto hasta donde alcanza el efecto de la mejora de la vía

*Fuente: MOPC (2009)*

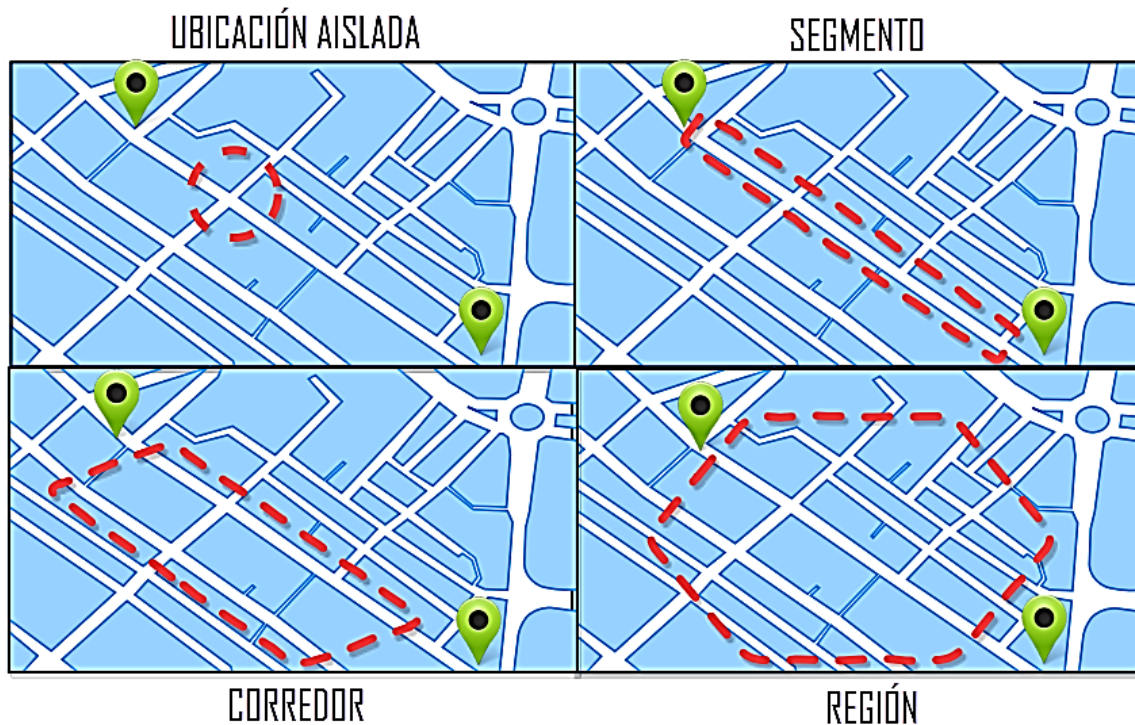


Figura 2-3 Área de influencia según su alcance geográfico. Fuente: Elaboración Propia

En esta etapa también se realiza un resumen y de ser necesario, una complementación describiendo las características del área de influencia del proyecto.

## 2.4 Recopilación de Información

La información es un insumo fundamental para la realización de estudios de tránsito y proviene de observaciones reales o de documentos existentes. Se puede obtener de: **a.** Bases de Datos, **b.** Encuestas y entrevistas; y **c.** Observación directa o mediciones experimentales.

En la actualidad, existe una gran cantidad de datos provenientes de aplicaciones, dispositivos electrónicos, celulares, entre otros. La acumulación de datos, su interconexión y su aplicación se conoce como Big Data convirtiéndola en una herramienta de toma de decisiones. Por ejemplo, se puede ver la reducción y optimización de los tiempos de transporte, la disminución del impacto ambiental, la planificación de rutas, áreas de



congestión de tráfico, hábitos de transporte y muchas otras variables que pueden ser monitoreadas a través de Big Data en tiempo real (BID, 2016).

La información se divide en Primaria y Secundaria. La Información Primaria es información nueva y original, requiere que los datos sean obtenidos para poder cumplir con los objetivos del estudio, es decir, se realiza el proceso de medición de las variables definidas sobre cada unidad de observación, según un determinado diseño metodológico aplicado. La Información Secundaria es la información existente, que ha sido generada previamente de diversas formas y suelen ser estadísticas resumen con su correspondiente análisis, ensayos o publicaciones, entre otras (Medina Suárez, La investigación aplicada a proyectos. Volumen II De los objetivos al diseño metodológico de la investigación , 2014).

### **2.4.1 Información Secundaria**

En general, a nivel mundial existe una gran cantidad de información producto de diferentes y variadas investigaciones realizadas por instituciones a nivel local, regional, nacional e internacional. Existen diversas formas de recolección de información las cuales se describen a continuación (Centty Villafuerte, 2010) y son resumidas en la Figura 2-4:

- Fuentes Internas, corresponde a la información generada por toda institución periódicamente que se almacena en bases de datos y con el tiempo se convierte en uno de los principales insumos para la realización de los análisis y evaluaciones.
- Publicaciones del Gobierno, a través de sus diversas instituciones realiza el análisis de los diferentes sectores en forma periódica y permite al interesado utilizar los datos en beneficio a su proyecto. Además, por ser del estado, la fuente adquiere un carácter oficial y de gran seriedad.
- Periódicos y Revistas especializadas cuentan con información producto de Otros Proyectos que son publicados. Esta información es revisada y validada por diferentes revisores. Adicionalmente, su fuente debe ser citada.
- Datos Comerciales e Internacionales, hacen referencia a hechos de carácter histórico y económicos. Normalmente esta información es oficial.
- Información en Internet, es el resultado de compartir información con los demás con diversos propósitos. Se debe considerar previo a utilizar esta información aspectos

como: **a.** La oficialidad de la página, **b.** Tipo de información, y **c.** Validez de la información.



*Figura 2-4 Fuentes de Información Secundaria Fuente: Elaboración Propia*

La información secundaria de mayor recurrencia en los estudios de Tránsito se lista a continuación:

- Crecimiento Demográfico
- Geografía económica de la región
- Inventario de datos relativos al uso del suelo, zonas residenciales, comerciales e industriales.
- Costos de Transporte
- Trafico Existente
- Características de los modos de transporte tales como tarifas, costos, capacidad, frecuencia y duración.
- Inventario de Rutas de transporte público que se movilizan sobre las vías de estudio.
- Estudios Previos

## **2.4.2 Información Primaria**

La recopilación de información primaria es un requerimiento básico para el desarrollo de los estudios de tránsito. A continuación, se enuncian los estudios que se realizan en esta etapa y se resumen en Figura 2-5:



*Figura 2-5 Fuentes de Información Primaria Fuente: Elaboración Propia*

- Estudio de Inventario Vial, se obtiene información detallada de los tramos viales a través de la recopilación de los datos geométricos de la infraestructura, en los cuales se puedan establecer características homogéneas (Cal y Mayor y Asociados, 2005).
- Estudio de Volúmenes de Tránsito, se registran el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de una carretera. El periodo puede variar entre unos cuantos minutos a semanas o más (Box, 1985).
- Estudio de Velocidades, se evalúa la eficiencia de los sistemas de transporte en términos de velocidad con base en la distancia y tiempo de recorrido (Box, 1985).
- Encuestas domiciliarias, se utilizan para obtener información detallada de las características de los viajes que realizan los habitantes. Dentro de estas, se tiene Origen – Destino de los viajes, frecuencia, motivo, tiempo de viaje etc. Lo anterior, con el fin de obtener una Matriz Origen Destino que describa los viajes realizados por los posibles usuarios de la vía (Willumsen & Ortúzar, 2011), (Cal y Mayor y Asociados, 2005).
- Encuestas de Interceptación, proporcionan datos relativos a las personas que se movilizan por las vías de estudio y se utilizan para medir los viajes de los usuarios no residentes en el sector y también validar la información obtenida en las encuestas domiciliarias (Ortúzar, 2015).

Respecto a las metodologías utilizadas hoy en día para la recopilación de parte de la información primaria, se tiene conteos manuales y automatizados. El termino manual consiste en asignarle a una persona el registro de la información, mientras que automático hace referencia a una herramienta tecnología que registra la información.

Con el desarrollo de los Sistemas Inteligentes de Transporte -ITS, ha aumentado el número de herramientas disponibles para la obtención de información primaria. Lo anterior lleva a la recolección de información en tiempo real y cada vez toma mayor importancia en los estudios de tránsito (Leduc, 2008).

De acuerdo con Barceló & Kuwahara (2010), las principales herramientas para la obtención de información primaria son las siguientes:

- Detectores Infrarrojos, detectan el paso de los vehículos cuando un rayo de luz se ve interrumpido. Además, tienen la capacidad de reconocer otras características del vehículo como la temperatura tanto del motor como de la estructura y su velocidad.
- Detectores de Radar, miden la presencia y velocidad de los vehículos haciendo uso del Efecto Doppler. Adicionalmente, los detectores pueden medir la altura de los vehículos que pasan.
- Detectores de Inducción Circular, identifican los vehículos que entran a un campo electromagnéticos creado por el dispositivo por inducción. Pueden detectar la velocidad y los tipos de vehículos por patrones obtenidos experimentalmente.
- Detectores Ultrasónicos, transmiten ondas de sonidos a través de radares electromagnéticos. Identifican los vehículos en función de su longitud y altura. Además, si se encuentran dos detectores cercanos, se puede medir la velocidad.
- Cámaras de Video, detectan los vehículos que entran y pasan por una carretera o intersección. Además, si se requiere, es posible obtener velocidad y tiempo de viaje de los vehículos. La tipología vehicular es identificada por medio de patrones en las imágenes. Determinadas cámaras logran detectar las placas de los vehículos.
- Vehículos de Prueba, transmiten mensajes que contienen su ubicación, velocidad y otras características medidas en el vehículo.
- Información de los teléfonos celulares, es recientemente utilizada para obtener las características del viaje de los diferentes usuarios tales como el tiempo de viaje, orígenes y destinos en tiempo real y el modo de viaje utilizado.

- Información recopilada de los Peajes Electrónicos, revela la ubicación y la frecuencia de paso de los diferentes vehículos. En términos de la información obtenida, se mide el Origen y Destino, Tiempo de Viaje y Velocidad de Recorrido.
- Encuestas Origen – Destino, por medio de software especializado para su almacenamiento y procesamiento en la nube.

En la Tabla 2-4, se presenta resumidamente las herramientas de recopilación de información primaria seguidas por su alcance. De acuerdo con el nivel de detalle requerido para el Estudio, se hace uso de las diferentes herramientas mencionadas previamente.

*Tabla 2-4 Herramientas para la elaboración de Trabajos de Campo*

Herramienta	Volúmenes Vehiculares		Velocidad	Origen - Destino
	Agregados	Desagregados		
Detectores Infrarrojos	✓	✗	✓	✗
Detectores de Radar	✓	✗	✓	✗
Detectores de Inducción Circular	✓	✓	✓	✗
Detectores Ultrasónicos	✓	✗	✓	✗
Cámara de Video	✓	✓	✓	✓
Vehículo de Prueba	✗	✗	✓	✗
Información de los Teléfonos Celulares	✗	✗	✓	✓
Peajes Electrónicos	✓	✓	✓	✓
Encuestas Origen – Destino	✗	✗	✗	✓

*Fuente: Elaboración Propia*

## 2.5 Modelos y Proyecciones

Posterior a la recopilación de información primaria y secundaria, continua la etapa de elaboración de modelos. Los modelos son utilizados principalmente para producir proyecciones y pronósticos de cómo van a operar los sistemas de transporte con la ejecución del proyecto.

## 2.5.1 Modelos de Estimación de Demanda

Estos modelos tienen la característica de predecir la demanda de viajes en función de la elección del destino, modo de transporte, hora del día, ruta y se representa normalmente por el flujo vehicular que recorre una red de transporte (Ortúzar, 2015), (Willumsen & Ortúzar, 2011).

Los modelos de Estimación de Demanda siguen el concepto de las Cuatro Etapas (véase Figura 2-6) introducido en el año 1956 y mejorado a través de los años. Inicia con la etapa de generación y atracción de viajes que, por medio de procedimientos matemáticos, estima el número de viajes que se realizan. Continúa La etapa distribución de viajes que describe hacia dónde se dirigen los usuarios. Finalmente, la selección o partición modal que indica el medio de transporte que utilizan los usuarios. Es de gran importancia resaltar que la jerarquía u orden en la cual se realiza el Modelo de Demanda tiene gran importancia en la generación de resultados. En el caso donde la distribución de viajes precede la selección modal sugiere como resultado el cambio de modo de transporte generado por la ejecución del proyecto. En el caso donde la selección modal precede la Distribución de viajes sugiere el cambio de destino de viaje generado por la ejecución del proyecto (Hollander, 2016). La etapa de asignación se describe en el inciso Modelos de Simulación Macroscópica.

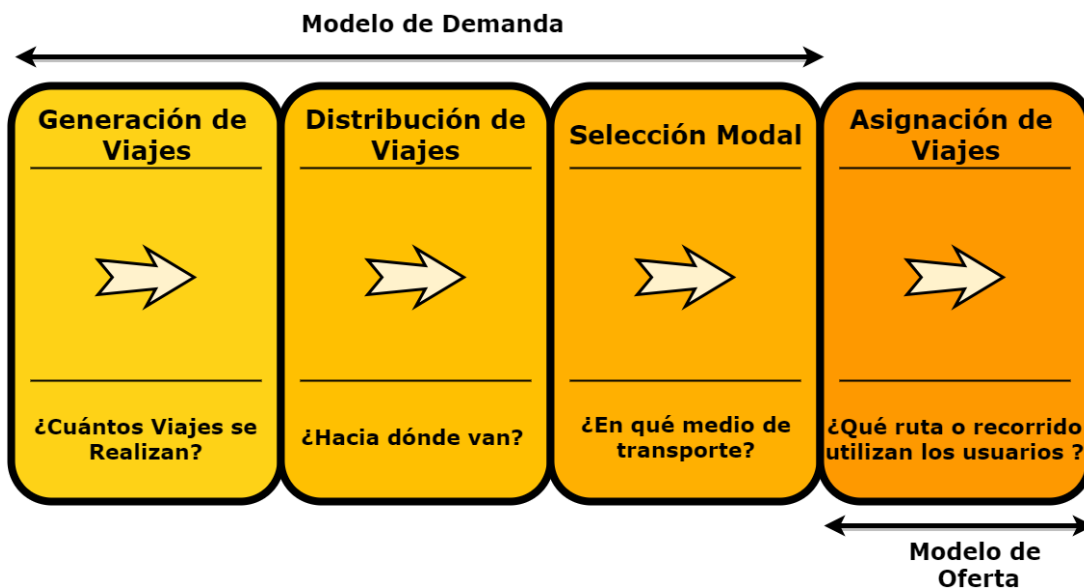


Figura 2-6 Modelo de Cuatro Etapas Fuente: Elaboración Propia

### **2.5.1.1 Generación de viajes**

La etapa de generación de viajes tiene como objetivo estimar el número total de viajes realizados por las personas y carga. En general, de acuerdo con Willumsen & Ortuzar (2011), a nivel de personas, las variables que son consideradas durante esta etapa son: **a.** Ingresos de los hogares, **b.** Pertenencia del número de vehículos, **c.** Tamaño del Hogar, **d.** Uso del Suelo, **e.** Densidad Urbana y **f.** Accesibilidad. La atracción de viajes responde a factores relacionados con los usos de suelo o el espacio disponible de uso industrial, comercial y de servicios.

Existen diferentes metodologías para el cálculo del número de viajes generados y atraídos (Willumsen & Ortúzar, 2011):

- Regresión Lineal simple y múltiple tiene como objetivo establecer la relación entre el número de viajes generados o atraídos por cada hogar y sus características socioeconómicas.
- Regresión Múltiple basada en Zonas de Análisis de Transporte – ZAT, su objetivo es encontrar la relación lineal entre el número de viajes producidos o atraídos por zonas y el promedio de las características socioeconómicas de cada Zona.
- Análisis de Categorías se basa en estimar el número de viajes producidos por hogar para un motivo dado como función de los atributos de cada hogar. Esta metodología utiliza tasas constantes obtenidas de un riguroso y abundante análisis de las características socioeconómicas de una población.

Adicionalmente, en esta etapa se definen escenarios de crecimiento que deben seguir las siguientes consideraciones (Hollander, 2016):

- **Diferentes tasas para los viajes:** con los datos reales de los atributos socioeconómicos de la población, se establece, en promedio, ciertas tasas constantes que pueden variar fuertemente. Por esta razón, es necesario generar escenarios donde se evalúen diferentes tasas.
- **Crecimiento del empleo:** el número de viajes generados por trabajo dependen del nivel o disponibilidad de empleo en cada zona. Se deben considerar escenarios o formas de empleo en el área que respondan a los cambios económicos de la región.

- **Tendencias de la tecnología:** los cambios tecnológicos tienen gran incidencia en la generación de viajes. Por esta razón se debe evaluar el impacto de la tecnología en la generación de viajes, principalmente, generado por el trabajo en hogares, plataformas de movilidad y vehículos autónomos.
- **Crecimiento demográfico:** diferentes escenarios de crecimiento pueden ser evaluados en función al desarrollo del área de estudio.

### 2.5.1.2 Distribución de viajes

La etapa anterior produce el total de filas y columnas en Orígenes  $O_i$  y Destinos  $D_j$  de las matrices de viajes. En la etapa de distribución de viajes, el modelo tiene el objetivo de encontrar como se distribuyen los viajes en cada celda de la matriz de viajes ( $V_{ij}$ ), es decir, cuantos viajes se originan entre dos zonas específicas. Por defecto, se debe cumplir que el número de viajes Originados ( $O_i$ ) debe ser igual al número de viajes atraídos ( $D_j$ ).

$$\sum_i O_i = \sum_j D_j$$

La Distribución de viajes, se puede considerar de dos tipos:

- Dividir los viajes de acuerdo con el modo de transporte antes de determinar su distribución.
- Distribuir inicialmente y luego se considera la división en diferentes modos de transporte.

Existen dos grandes tipos de modelos que se pueden utilizar en la Distribución de viajes, modelos de factores de crecimiento y modelos sintéticos. El primero considera un factor de crecimiento que se aplica a cada viaje que se registra. Este factor expresa el crecimiento esperado en el tiempo. Dentro de este grupo, se encuentran los siguientes modelos (Willumsen & Ortúzar, 2011):

- **Factor de crecimiento Simple** considera la situación donde la información disponible de los viajes estimados en las zonas de origen o destino presentan un valor único conocido hacia el futuro.



- **Factor de crecimiento Uniforme** considera un factor de crecimiento que se aplica a cada viaje que se registra. Además, supone que toda el área evaluada va a crecer en forma uniforme.
- **Factor de crecimiento Promedio** distribuye los viajes al considerar el promedio de crecimiento esperado tanto en la producción como en la atracción esperadas en las zonas  $i$  y  $j$ .
- **Modelo de Detroit** distribuye los viajes actuales consideran el crecimiento esperado en las zonas  $i$  y  $j$ , y el factor de crecimiento general del área.
- **Modelo Radical** distribuye los viajes futuros a la distribución actual. Considera el crecimiento total esperado tanto en la producción como atracción.
- **Modelo de Fratar**, como en los anteriores se calculan los factores de crecimiento. No obstante, este modelo involucra un elemento de “Localización” por medio del cual se tiene en cuenta la influencia individual de cada zona como productora o atractora de viajes.

El segundo grupo de modelos se formularon a partir de la analogía con la Ley de Gravitación Universal establecida por Newton en 1686. La interpretación implica que cuanto mayor sea el tamaño o capacidad de atracción de cada una de áreas y menor sea la distancia entre ella, será mayor el número de viajes entre ellas (Ortúzar, 2015). El modelo fue generalizado asumiendo que la distancia o separación entre las zonas es una función de resistencia expresada en términos de fricción del desplazamiento, costo o impedancia de la separación relativa entre zonas. El desarrollo matemático es el siguiente:

$$T_{ijp} = K O_i D_j f(C_{ij})$$

Donde:

$T_{ijp}$  hace referencia a los Vajes pronosticados entre las zonas  $ij$  para el año futuro

$O_i$  hace referencia al Origen del viaje

$D_j$  hace referencia al Destino del viaje

$f(C_{ij})$  hace referencia a la función de desutilidad o desestimulación del viaje en función de la distancia, tiempo o costos.

Cabe resaltar que lo anterior lleva a un análisis iterativo y probabilístico con diferentes metodologías de solución.

### **2.5.1.3 Selección Modal**

En esta etapa, se presenta la elección del modo de transporte. Son los modelos de mayor importancia dentro de la planeación del transporte, debido a que afectan la eficiencia general de los viajes ofreciendo diferentes posibilidades para realizarlos. Un modelo de selección modal será necesario para cada categoría de demanda, propósito de viaje y período de análisis que tengan relevancia dentro del proyecto.

Los modelos de selección modal son llamados modelos de elección discreta. Estos modelos están orientados a simular el proceso de elección de un usuario al enfrentarse a un conjunto de alternativas de elección. La hipótesis en este tipo de modelos es que la probabilidad de que un individuo escoja una alternativa determinada es función de las características (socioeconómicas) del individuo y de la atractividad relativa de cada opción. En la Tabla 2-5, se presentan los principales factores que afectan la Selección Modal.

*Tabla 2-5 Factores que afectan la Selección Modal*

<b>Características de quien realiza el viaje</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso Familiar</li> <li>• Número de vehículos disponibles o tenencia de vehículos</li> <li>• Nivel de Educación</li> <li>• Tamaño de la familia</li> <li>• Densidad Residencial</li> <li>• Demoras y distancias de quien realiza el viaje</li> </ul>
<b>Características del viaje</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propósito del viaje</li> <li>• Frecuencia del viaje</li> <li>• Longitud del viaje</li> <li>• Origen y Destino del viaje</li> </ul>
<b>Características del sistema de transporte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de viaje gastado dentro de la unidad del modo</li> <li>• Tiempo de viaje gastado fuera de la unidad del modo</li> <li>• Costos monetarios o tarifa</li> <li>• Parqueo y costo de parqueo</li> <li>• Confort y conveniencia</li> </ul>

*Fuente: Willumsen & Ortuzar (2011), Ortuzar (2015), Hollander (2016)*

#### **2.5.1.4 Asignación de viajes**

La etapa de asignación se describe en el inciso Modelos de Simulación Macroscópica.

#### **2.5.2 Modelos de Simulación Macroscópica**

Corresponden a la etapa de asignación de viajes del modelo de Cuatro Etapas descrito previamente (véase Figura 2-6). Se predicen el número de viajes que utilizan diferentes recorridos en la red de transporte y se encuentra vinculado al problema de determinación de selección modal.

Los modelos se basan principalmente en la relación determinística del Flujo, velocidad y densidad de la corriente vehicular. La simulación macroscópica considera pelotones de vehículos y simula el flujo en breves incrementos de tiempo. Además, operan en base a la relación Velocidad/Volumen y Demanda/Capacidad (FHWA, 2004).

Estos modelos presentan las siguientes características:

- Representan la realidad, tiempos de viaje de acuerdo con lo que sucede
- Las funciones deben ser no decrecientes ni monótonas, deben ser continuas y diferenciables con el fin de evaluar la inexistencia de zonas.
- La relación costo – Volumen deben ser fáciles de transferir de un contexto a otro.

Los modelos de mayor uso son los siguientes (Hensher & Button, 2000), (Willumsen & Ortúzar, 2011), (Garber & Hoel, 2015) :

- **Algoritmo de Moore**, se utiliza para establecer los recorridos en los que se invierte menos tiempo, el método es aplicable para medir la resistencia al viaje de cualquier tramo.
- Asignación por el **método Todo o Nada**, considera la asignación de todos los viajes entre dos zonas a los distintos tramos que tienen recorridos de tiempo mínimo entre los centroides de las zonas consideradas.
- **Curvas de Diversificación**, estiman la proporción de tráfico que utilizaría la nueva vía. Supone que, para cualquier intercambio entre zonas, existen al menos dos rutas, y que cada una de ellas tiene sus propias características de distancia, tiempo, velocidad y nivel de servicio que el conductor elige evaluando estas características.

Las curvas de diversificación son relaciones empíricas construidas a partir de los datos recogidos en encuestas sobre el uso de distintas rutas haciendo comparaciones entre ellas mismas.

- La asignación por la metodología del **Equilibrio del Usuario Estocástico** considera el concepto de capacidad. En este método se deben conocer los distintos valores de capacidad que poseen las vías. Además, permite estudiar los problemas de congestión que se puede presentar.
- Método de **Capacidad Restringida**, considera las reducciones que se pueden presentar en la capacidad por presencia de otros vehículos. Consiste en la construcción de árboles que permiten encontrar las mejores rutas como en el algoritmo de Moore.

### **2.5.3 Modelos de Simulación Microscópica**

Los modelos simulan el movimiento individual de los vehículos basados en las teorías de Seguimiento Vehicular y Cambio de Carril. Normalmente, los vehículos entran a una red de transporte usando una distribución estadística de llegadas y son direccionados por la red en pequeños intervalos de tiempo. En estos modelos, cada vehículo que ingresa a la red tiene asignado un destino de llegada, un tipo de vehículo y un comportamiento de conducción que condicionan su operación (Elefteriadou, 2014). Adicionalmente, permiten el análisis de capacidad vial y optimización de los sistemas de tránsito, y con las nuevas tecnologías se permite una visualización dinámica de su comportamiento.

### **2.5.4 Modelos de Simulación Mesoscópica**

Estos modelos combinan las propiedades de la simulación Macroscópica y Microscópica. Como en la simulación Microscópica, el análisis se realiza a un vehículo individual, sin embargo, son gobernados por la Velocidad/Volumen como en la simulación Macroscópica (FHWA, 2004).

### **2.5.5 Modelos de uso del suelo - transporte y expansión urbana**

Los modelos vinculan los efectos del cambio de uso del suelo en el transporte, principalmente en la etapa de generación y distribución de viajes. Inicialmente consideraban la relación hogar – trabajo, pero a través del tiempo se han añadido las demás actividades

que realizan los usuarios dado que el suelo puede ser usado por cualquier actividad que responden a múltiples atributos (Martínez, 1991).

## 2.6 Capacidad y Niveles de Servicio

La capacidad se define como la tasa máxima de flujo horario que puede soportar un tramo vial, bajo condiciones prevalecientes de la vía, el tránsito y los sistemas de control. Por lo anterior y según Cal y Mayor & Cárdenas (2013) está directamente relacionado a las condiciones de la infraestructura como: **a.** Características físicas, **b.** Circulación continua o discontinua, **c.** Características geométricas, **d.** Tipo de sección transversal, **e.** Pendiente, **f.** Dimensiones y números de carriles, **g.** Ancho de berma, **h.** Obstrucciones laterales e **i.** Tipo de terreno.

El Nivel de Servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo vehicular y su percepción por los usuarios. Para cada tipo de infraestructura se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis. Se les otorga una letra desde la A hasta la F, siendo el Nivel de Servicio A el que representa las mejores condiciones operativas, y el Nivel de Servicio F, las peores.

Principalmente los modelos realizados en este inciso hacen referencia a los procedimientos del Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual – HCM) que sirven de utilidad para la estimación de la capacidad vial y medidas de rendimiento como Densidad, Velocidad y Demoras (Transport Research Board, 2010).

## 2.7 Proyecciones

Existen diferentes modelos de pronóstico del flujo vehicular que circula entorno a un proyecto. De acuerdo con Smith & Demetsky (1997), se establecen los siguientes modelos:

- **Promedio histórico:** El modelo usa un promedio del volumen de tránsito que ha circulado a través de los años para pronosticar el volumen de tránsito futuro. Se basa en el comportamiento cíclico del tránsito, sin embargo, no tienen forma de reaccionar ante cambios dinámicos, como incidentes

- **Series de Tiempo:** Estos modelos son estadísticos como el modelo Autoregresivo Integrado de Promedio Móvil (ARIMA) y el modelo de suavización exponencial simple, doble o triple. Estos desarrollan un modelo matemático que explica el comportamiento pasado de la serie de tiempo y lo aplica para predecir el comportamiento futuro. Los anteriores, son de gran uso en el campo del transporte, sin embargo, están restringidos a la información continua disponible de cada una de las variables analizadas.
- **Regresiones:** Estos modelos estiman la influencia de factores económicos y demográficos. Es importante recalcar que el tránsito es una demanda derivada de las actividades económicas o del tamaño de la población y que por ello pueden ser utilizadas como variables proxy que permiten explicar e inferir el crecimiento esperado del tránsito.

## 2.8 Costo de transporte

La metodología más utilizada es el Modelo de Estándares de Diseño y Mantenimiento de Carreteras (Highway Design and Maintenance Standards Model – HDM) que tiene como objetivo realizar la evaluación económica del mantenimiento, rehabilitación, mejoramiento y construcción de vías mediante el análisis del ciclo de vida del proyecto. De acuerdo con Keryll, McMullen, & Odoki (2000), como datos de entrada es necesario contar con información relevante de la red de transporte, la flota vehicular y el tipo de proyecto tal y como se presentan en la Tabla 2-6.

Además, internamente el modelo ejecuta diferentes tipos de submodelos que estiman el deterioro de la vía, efectos a los usuarios de la vía, ejecución del proyecto, efectos ambientales para al final realizar el análisis económico. En la Tabla 2-7, se presentan los principales resultados que se obtienen en cada modelo realizado.

*Tabla 2-6 Datos de entrada para la estimación de costos de transporte*

Ítem	Descripción
Red de transporte	Contiene información que define la red de transporte como: <ol style="list-style-type: none"> <li>Tipo de terreno</li> <li>Geometría de la vía</li> <li>Tipo de pavimento y sus características</li> <li>Velocidad</li> <li>Siniestralidad</li> </ol>

Ítem	Descripción
Flota Vehicular	Contiene las características de la flota vehicular que va a operar en la red de transporte como: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tipo de vehículo</li> <li>b. Volumen vehicular</li> <li>c. Características físicas y operacionales de los vehículos</li> <li>d. Edad del parque automotor y emisiones</li> </ul>
Ejecución de trabajos	Contiene las especificaciones para el mantenimiento y mejoramiento que va a ser aplicado en los diferentes tramos de evaluación.

*Fuente: Keryll, McMullen, & Odoki (2000)*

*Tabla 2-7 Resultados obtenidos por la metodología*

Modelo	Resultados
Deterioro de la vía	Agrietamientos, fisuras, baches, desgaste de la capa asfáltica y rugosidad
Efecto a los usuarios de la vía	Consumo de gasolina, lubricantes, llantas, mantenimiento del vehículo, velocidad, tiempo de viaje y costos de la vía.
Ejecución de trabajos	Gerencia de actividades de mantenimiento y rehabilitación
Efectos sociales y ambientales	Niveles de emisión, energía utilizada y número de accidentes, cantidades y costos.
Análisis económicos	Costos y beneficios

*Fuente: Keryll, McMullen, & Odoki (2000)*

## 2.9 Manuales y guías consultadas

En la Tabla 2-8, se presentan los principales guías y manuales consultadas.

*Tabla 2-8 Manuales y guías consultadas*

País	Nombre	Referencia
Colombia	Requerimientos técnicos Estudios y Diseños para el mejoramiento de carreteras	(INVÍAS, 2011)
Estados Unidos	Traffic Analysis Handbook	(FDOT, 2014)
Paraguay	Manual de Carreteras del Paraguay. Normas para la Evaluación de Proyectos y Geometría Vial	(MOPC, 2009)
Nicaragua	Manual para la revisión de Estudios de Tránsito	(CORASCO, 2008)
Inglaterra	Guidance on Transport Assessment	(Department for Transport, 2007)
Israel	Engineering design process checklist, chapter: traffic design	(Netivei Israel, national transport infrastructure company Ltd, 2018)
Australia	Australian Transport Assessment and Planning Guidelines	(Transport and Infrastructure Council, 2016)

*Fuente: Elaboración Propia*

## Capítulo 3.

### Marco Teórico

Este capítulo desarrolla el contenido de los estudios de tránsito. Se presenta en detalle los procedimientos y análisis más comunes durante la ejecución de este. Previo a lo anterior, se describen las características generales de los proyectos de infraestructura vial.

#### 3.1 Características generales de los proyectos de infraestructura vial

##### 3.1.1 Fases de un Proyecto de Infraestructura Vial

Un Proyecto de Ingeniería es el planeamiento, organización, ejecución y control de todas las actividades y recursos necesarios para el logro de un objetivo específico, en un tiempo, con costos establecidos y con un alcance determinado (INVÍAS, 2015). Los proyectos de infraestructura presentan cuatro fases, las cuales se estipulan en la Ley 1682 de 2013 - Ley de Infraestructura. Adicionalmente, en la Figura 3-1, se presenta una segunda denominación para estas fases según el Instituto Nacional de Vías – INVÍAS.

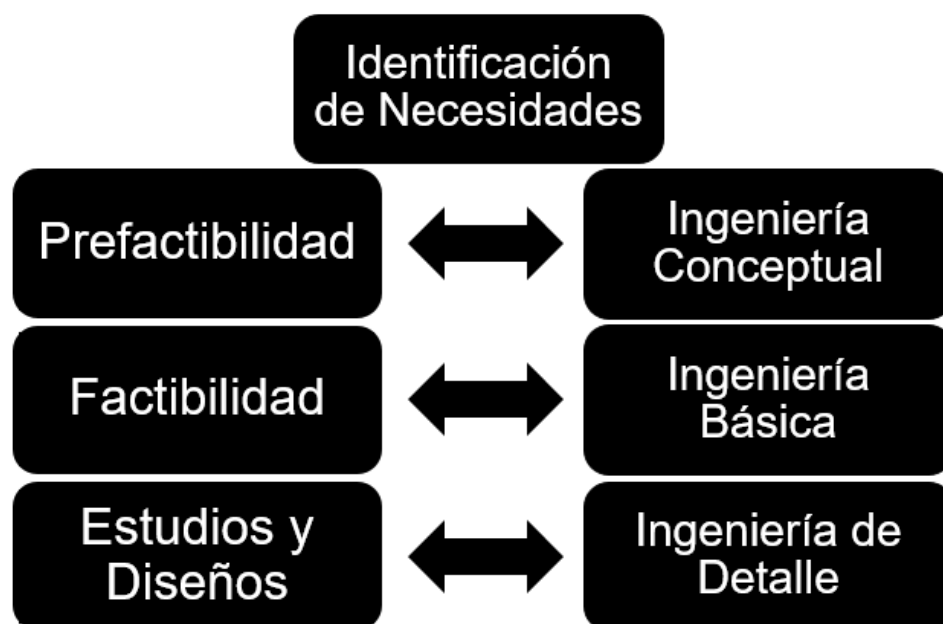


Figura 3-1 Fases de un Proyecto de Infraestructura Vial, Fuente: Elaboración Propia



### **3.1.1.1 Identificación de Necesidades**

Actividad relacionada con los análisis iniciales de tipo técnico, social y económico, que permiten identificar problemas y necesidades de infraestructura de transporte y visualizar posibles soluciones (INVÍAS, 2015). Se identifican los problemas y necesidades de la infraestructura de transporte y sus posibles soluciones, utilizando entre otros, indicadores de tránsito que definen la accesibilidad y movilidad.

Se debe identificar el problema central que se intenta resolver, conocer sus causas y efectos, así como plantear las posibles alternativas de solución que posteriormente serán detalladas. De acuerdo con INVÍAS (2015), la identificación de la necesidad se clasifica en dos grupos:

- **Análisis y estudios para identificación de necesidad de infraestructura nueva:** corresponde a aquellos proyectos de infraestructura no existente que deben ser desarrollados de acuerdo con los planes y programas del Gobierno Nacional y de las Entidades Territoriales en el corto, mediano y largo plazo.
- **Análisis y estudios para identificación de necesidad en infraestructura existente:** corresponde a aquellos proyectos requeridos cuando es necesario solucionar problemas de mantenimiento o capacidad de operación de infraestructura existente, con el fin de obtener soluciones en el corto y mediano plazo. En el corto o inmediato plazo buscarán atender problemas por deterioro en la infraestructura existente y en el mediano plazo problemas de saturación de su capacidad de operación. La necesidad de estos estudios de identificación está muy ligada a la Etapa de Operación de la infraestructura; en dichos estudios se podrán tener los diagnósticos necesarios para determinar: tipos de mantenimiento o necesidades de ampliación o mejoras de la Infraestructura existente.

### **3.1.1.2 Fase 1. Prefactibilidad – Ingeniería Conceptual**

Es la fase en la cual se debe realizar el prediseño aproximado del proyecto, presentando alternativas y realizar la evaluación económica preliminar recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares, utilizando modelos de simulación debidamente aprobados por las entidades solicitantes. El objetivo es surtir el proceso para establecer la alternativa de trazado que a este nivel satisface en mayor medida los

requisitos técnicos y financieros (INVÍAS, 2015). En términos de Tránsito, se conciben diferentes alternativas de solución, que se evalúan bajo criterios técnicos y se presentan resultados dando un orden de prelación a las alternativas analizadas, la información recopilada es secundaria. Lo anterior es un insumo fundamental para la Matriz de selección de alternativas.

### **3.1.1.3 Fase 2. Factibilidad – Ingeniería Básica**

Es la fase en la cual se debe diseñar el proyecto y efectuar la evaluación económica final, mediante la simulación con el modelo aprobado por las entidades contratantes. Tiene por finalidad establecer si el proyecto es factible para su ejecución, considerando todos los aspectos relacionados con el mismo. Desarrollados los estudios de factibilidad del proyecto, podrá la entidad pública o el responsable del diseño si ya fue adjudicado el proyecto, continuar con la elaboración de los diseños definitivos (INVÍAS, 2015). En términos de tránsito, se evalúan las alternativas y se generan especificaciones técnicas básicas que permita la toma de decisiones. A este nivel, se hace uso de información primaria.

### **3.1.1.4 Fase 3. Estudios y Diseños – Ingeniería de Detalle**

Es la fase en la cual se deben elaborar los diseños detallados tanto geométricos como de todas las estructuras y obras que se requieran, de tal forma que un constructor pueda materializar el proyecto. El objetivo de esta fase es definir y diseñar todas las componentes del proyecto a detalle de tal manera que se pueda dar inicio a su construcción.

## **3.1.2 Casos de Proyectos Viales**

De acuerdo con el alcance del documento y según la Misión Francesa INGEROUTE (1976), se definen dos casos de proyectos:

- **Caso de una carretera de penetración en una zona nueva:** Son proyectos que nacen de la identificación de una necesidad de infraestructura vial, principalmente en una zona nueva donde no existe tráfico sino tal vez por medios rudimentarios. El tráfico que se puede observar después de la construcción de una carretera corresponde al tráfico generado
- **Caso de una carretera en una zona desarrollada:** Son proyectos de infraestructura sobre una zona ya desarrollada donde existe una red de transporte

con cierto nivel de tráfico. En este caso, de acuerdo con el INVÍAS (2015), se definen tres tipos de proyectos:

- ✓ **De Mantenimiento:** su objetivo es mantener las condiciones de la infraestructura de transporte con el mismo nivel de servicio para la cual fue diseñada y construida.
- ✓ **De Rehabilitación:** su objetivo es la reconstrucción de la infraestructura existente donde su condición de operación haya disminuido y se presente pérdida del nivel de servicio para la cual fue diseñada y construida.
- ✓ **De Mejoramiento:** su objetivo es mejorar las especificaciones técnicas de la infraestructura de transporte existente.

### 3.1.3 Clasificación de Carreteras

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVÍAS, 2008), las vías se pueden definir según su función como se presenta en la Tabla 3-1.

*Tabla 3-1 Clasificación Vial Según su Funcionalidad*

<b>Clasificación</b>	<b>Función</b>
Primarias	Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamentos que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de este a los demás países.
Secundarias	Son aquellas vías que unen las cabeceras principales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria.
Terciarias	Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

*Fuente: Elaboración Propia e INVÍAS (2008)*

### 3.2 Estudios de tránsito

Según el Instituto de Ingenieros de Transporte (Institute of Transportation Engineers, 2010), el Estudio de Tránsito es un examen detallado y análisis de un sistema de transporte respaldado por la recopilación de datos. El proceso es el siguiente:

- Un estudio comienza con la identificación y definición de un problema de transporte, seguido por la recolección de datos y análisis.
- Se realiza un estudio para explorar un aspecto específico de un sistema de transporte.

- Los resultados del estudio se resumen en un informe.

Según la Compilación de informes sobre factibilidad y transporte (Misión Francesa INGEROUTE, 1976), los estudios de tránsito tienen como objetivo llegar a estimación de los futuros volúmenes de tránsito que se pueden esperar en las alternativas consideradas, en vías vecinas existentes. Lo anterior es indispensable para establecer las características geométricas de los corredores, determinar los espesores de pavimentos, evaluar los beneficios de transporte y estimar los costos de conservación.

De acuerdo con el Manual de Análisis de Tráfico (FDOT, 2014), el análisis de tránsito es el proceso de evaluar el efecto de la demanda y oferta dentro del rendimiento de la infraestructura de transporte. La demanda hace referencia a la cantidad de vehículos o personas que tienen la intención de utilizar la infraestructura mientras que la oferta es la capacidad de que tiene la misma.

### **3.3 Herramientas de Análisis de Tránsito**

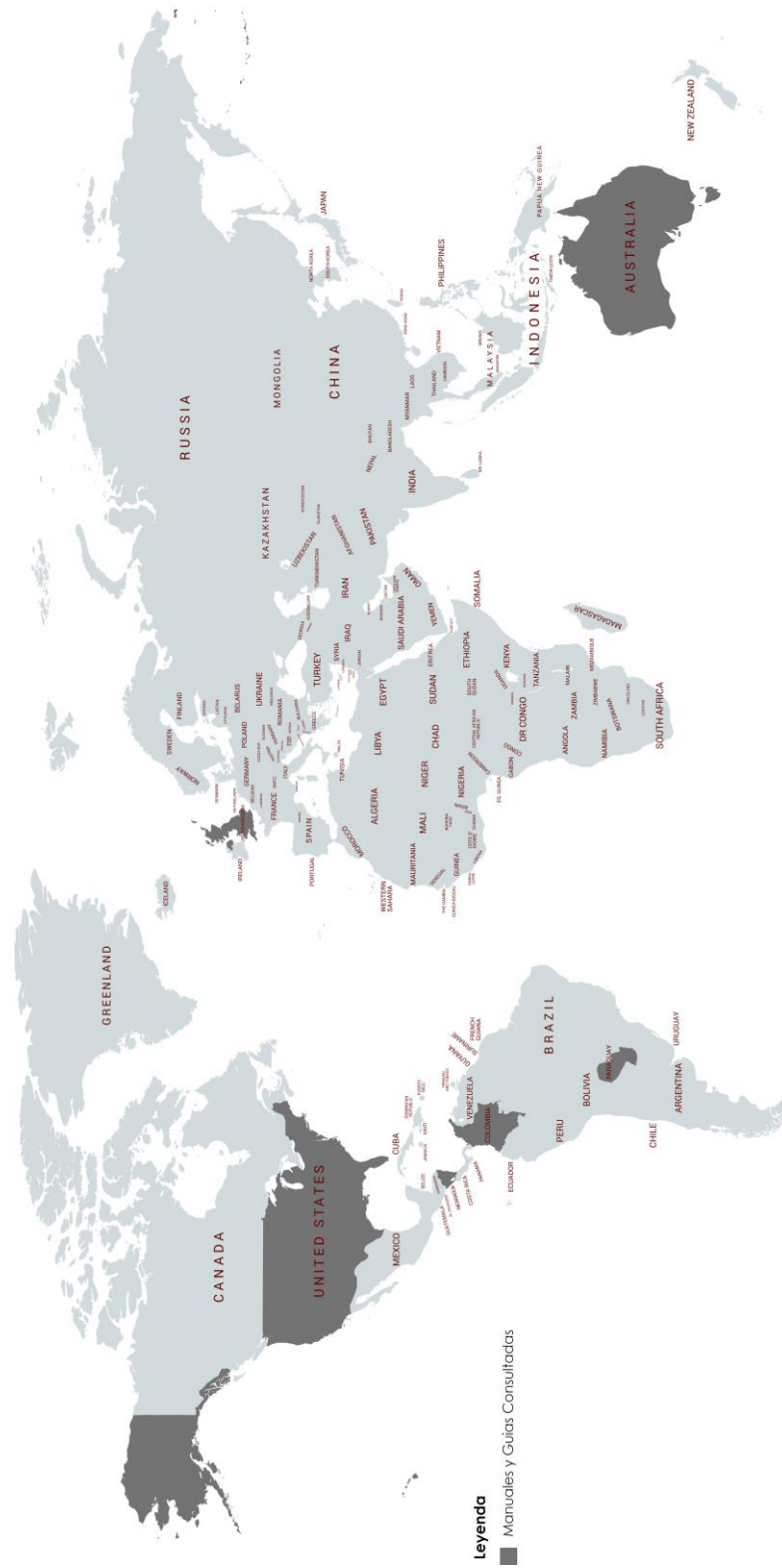
Existen numerosas herramientas de análisis de tránsito que han sido desarrolladas en diferentes partes del mundo. A continuación, se presentan las herramientas más utilizadas en Colombia y el mundo agrupadas en las siguientes categorías, cabe resaltar que el alcance del presente proyecto es a nivel interurbano y puede que algunas herramientas no apliquen:

- **Modelos de Estimación de Demanda:** Estos modelos tienen la característica de predecir la demanda de viajes en función de la elección del destino, modo de transporte, hora del día, ruta y se representa normalmente por el flujo vehicular que se recorre en una red de transporte. Ortúzar (2015), Willumsen & Ortúzar (2011) y Federal Highway Administration (2004).
- **Herramientas Analíticas / Determinísticas:** Principalmente hacen referencia a los procedimientos del Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual – HCM). Sirve de utilidad para la estimación de la capacidad vial y medidas de rendimiento como Densidad, Velocidad y Demoras (Transport Research Board, 2010).

- **Optimización de tránsito:** Es similar a las herramientas analíticas / Determinísticas mencionadas previamente, sin embargo, esta se desarrolla principalmente con el fin de optimizar las fases y tiempos semafóricos (Transport Research Board, 2010).
- **Modelos de Simulación Macroscópica:** Se basa principalmente en la relación determinística del Flujo, velocidad y densidad de la corriente vehicular. La simulación macroscópica considera pelotones de vehículos y simula el flujo en breves incrementos de tiempo. Además, operan en base a la relación Velocidad/Volumen y Demanda/Capacidad (Willumsen & Ortúzar, 2011), (FHWA, 2004).
- **Modelos de Simulación Microscópica:** Simulan el movimiento individual de los vehículos basados en las teorías de Seguimiento Vehicular y Cambio de Carril. Normalmente, los vehículos entran a una red de transporte usando una distribución estadística de llegadas y son direccionados por la red en pequeños intervalos de tiempo. En estos modelos, cada vehículo que ingresa a la red tiene asignado un destino de llegada, un tipo de vehículo y un comportamiento de conducción que condicionan su operación (Elefteriadou, 2014), (FHWA, 2004).
- **Modelos de Simulación Mesoscópica:** Estos combinan las propiedades de la simulación Macroscópica y Microscópica. Como en la simulación Microscópica, el análisis se realiza a un vehículo individual, sin embargo, son gobernados por la Velocidad/Volumen como en la simulación Macroscópica (FHWA, 2004).

### 3.4 Definición del Contenido del Estudio de Tránsito

En la Tabla 2-8 y Figura 3-2, se presentan los diferentes manuales y guías consultadas a nivel mundial. Con el objetivo de definir el contenido de un estudio de tránsito, en la Tabla 3-2, se presenta el contenido mínimo encontrado en cada uno de los manuales y guías consultadas.



Credited with mapchart.net

Figura 3-2 Manuales y guías consultadas. Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2 Contenido del estudio de tránsito

Ítem	Descripción	Colombia	Estados Unidos	Paraguay	Nicaragua	Inglaterra	Australia
Descripción del Proyecto	Se presenta una pequeña descripción del proyecto.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Objetivos del Estudio de Tránsito	Se describe brevemente los objetivos, propósitos y el alcance del estudio.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Definición del Área de Influencia	Se describe espacial y temporal el área de influencia. Se incluye un legible y escalado mapa mostrando todas las vías e intersecciones que intervienen en el proyecto.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metodología	Se describen los procedimientos técnicos y a análisis a realizar durante el estudio.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Recopilación de información	Se describe el plan de recolección de información, la metodología, fuentes, técnicas y el cronograma. En esta etapa es importante identificar la información necesaria para la calibración y validación de los modelos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Selección y aplicación de las herramientas de análisis	Se seleccionan y aplican las herramientas de análisis de tránsito que van a ser usadas durante el estudio.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Flujos y Proyecciones del Tránsito	Se resume la metodología para la proyección del tránsito, etapas de ejecución y horizonte de planeación.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Capacidad y Niveles de Servicio	Se realiza el análisis de capacidad y niveles de servicio hasta el año que se estime como final de su vida útil.	✓	✗	✗	✓	✗	✓
Costos de transporte	Se presenta el análisis detallado de los costos de transporte	✓	✗	✗	✗	✗	✓

Fuente: Elaboración Propia

### **3.4.1 Descripción del proyecto de infraestructura vial**

La descripción del proyecto se usa con el fin de presentar el proyecto. Está compuesto por información referente al contexto general y contractual del mismo. Tanto el mapa de localización general como el mapa de ubicación del proyecto están incluidos en este ítem. Finalmente, se deberá justificar la relación positiva del proyecto con los planes de desarrollo departamentales y nacionales correspondientes (MOPC, 2009).

### **3.4.2 Objetivos del Estudio de Tránsito**

Los objetivos son utilizados para evaluar la implementación y operación de la infraestructura de transporte. De acuerdo con FDOT (2014), estos están relacionados a diferentes atributos como: **a.** movilidad, **b.** confiabilidad, **c.** accesibilidad, **d.** seguridad, **e.** economía y **f.** preservación del medio ambiente. Además, deben ser claros, específicos, medibles y realísticos considerando los recursos y el tiempo disponible para su ejecución. Según MOPC (2009), el objetivo central del proyecto debe establecer lo que se pretende lograr con la ejecución del proyecto y siempre está asociado a la solución de la necesidad o problemática encontrada.

También es importante establecer objetivos específicos que estén directamente relacionados con las características operativas y de seguridad del proyecto de infraestructura vial. Cabe resaltar que lo anterior, debe estar en conformidad con el propósito del proyecto o la necesidad o problema identificado (Misión Francesa INGEROUTE, 1976), (Medina Suárez, La investigación aplicada a proyectos. Volumen I Identificación del proyecto y formulación de la investigación, 2014) (FDOT, 2014).

### **3.4.3 Definición del área de influencia**

La definición del área de influencia se debe determinar tanto espacial como temporal. La dimensión espacial se ve afectada por las características físicas del proyecto mientras que la dimensión temporal es afectada por la variación horaria del tráfico del proyecto. Según FDOT (2014), para determinar el área de influencia, se debe considerar lo siguiente:

- Características del proyecto y nivel de análisis



- Ubicación geográfica de la red en estudio
- Tamaño y clasificación de la red
- Disponibilidad de múltiples rutas
- Controles de tráfico existente y estrategias de gestión del tráfico
- Condiciones futuras de la red planificadas a corto, mediano y largo plazo.
- Variaciones del tráfico en el área del proyecto

#### 3.4.4 Metodología

La metodología de un proyecto es el conjunto de procedimientos para la planificación y gestión de todos los componentes de este. Desde la gestión de recursos hasta la coordinación del equipo de trabajo o la relación con todos los interesados en los resultados de este.

#### 3.4.5 Recopilación de Información

Los requisitos de información para cualquier análisis de tráfico dependen del nivel de análisis de detalle, tipo de análisis y herramientas de análisis seleccionadas. Las variables que afectan el funcionamiento del sistema (el vehículo, el entorno y el conductor) deben evaluarse y recopilarse para cumplir el objetivo del estudio. Como mínimo, se deben identificar los supuestos, los datos de entrada y los datos de calibración en caso de que se proponga una simulación. La información necesaria para el análisis de tránsito puede ser agrupada en tres categorías que se presentan a continuación: **a.** Control y operación del tránsito, **b.** Características del tránsito y **c.** Características de la vía.

*Tabla 3-3 Información a recopilar*

<b>Control y operación del tránsito</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad (velocidad a flujo libre, velocidad promedio de marcha, velocidad promedio de recorrido)</li> <li>• Velocidad máxima permitida</li> <li>• Características del conductor y su composición</li> <li>• Características de parqueo</li> <li>• Semáforos y sus planeamientos</li> <li>• Tipo de intersección</li> <li>• Restricciones de giro</li> <li>• Restricciones de vehículos</li> <li>• Estaciones de peaje</li> <li>• Sensores y equipos especializados</li> </ul>

Tabla 3-3 Información a recopilar

<b>Características del tránsito</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Demanda (Tránsito Promedio Diario, volúmenes horarios, variación temporal y espacial, volúmenes direccionales, matrices origen – destino (O-D), etc.)</li><li>• Percentil 95 de longitud de colas</li><li>• Volúmenes peatonales</li><li>• Volúmenes de bicicletas</li><li>• Características operacionales del transporte público (tipología, rutas, frecuencia, tiempo de espera, longitud de la ruta, etc.)</li><li>• Ocupación vehicular</li><li>• Características de la flota vehicular y su composición</li></ul>
<b>Características de la vía</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clasificación de la vía</li><li>• Elementos de la sección transversal (número y ancho de los carriles, berma, tipo de pavimento y su condición, andenes y carriles de bicicleta)</li><li>• Geometría de la vía (alineamiento vertical y horizontal, longitud configuración de las intersecciones y carriles auxiliares)</li><li>• Distancia de visibilidad</li><li>• Transporte público (estaciones, paraderos, terminales, etc.)</li><li>• Imágenes aéreas u ortofotos</li></ul>

Fuente: FDOT (2014)

La confiabilidad de los resultados obtenidos del análisis de tránsito depende de la precisión y calidad de la información utilizada.

### **3.4.6 Selección y aplicación de Herramientas de Análisis de Tránsito**

De acuerdo con FDOT (2014), las herramientas de análisis de tránsito pueden ser categorizadas como determinísticas o estocásticas. Las herramientas deterministas son herramientas en donde no se aplica aleatoriedad en sus metodologías, también son llamadas herramientas analíticas y se basan en metodologías del HCM. Las herramientas estocásticas emplean aleatoriedad en sus metodologías para modelar las condiciones reales del tráfico. Por ejemplo, los modelos de simulación microscópica son estocásticas y, por lo tanto, efectivas para evaluar condiciones especiales del tráfico como la congestión y configuraciones geométricas complejas. La decisión de la herramienta de análisis debe basarse en cumplir el objetivo de la evaluación y las restricciones directas del proyecto.

El área de influencia está directamente relacionada con las Herramientas de Análisis de Tránsito a utilizar. En la Tabla 3-4, se presenta la relación mencionada en función de la etapa en la cual se encuentre el proyecto de infraestructura vial adaptado al contexto del país.

Tabla 3-4 Herramientas de Análisis en función del Área de Influencia

<b>Etapa de Prefactibilidad – Ingeniería Conceptual</b>						
<b>Clasificación</b>	<b>Modelos de Estimación de Demanda</b>	<b>Análisis Determinístico (HCM)</b>	<b>Optimización de Tránsito</b>	<b>Simulación Macroscópica</b>	<b>Simulación Mesoscópica</b>	<b>Simulación Microscópica</b>
Ubicación Aislada	N/A	▲	—	▲	—	—
Segmento	—	▲	—	▲	—	—
Corredor	▲	—	—	▲	—	—
Región	▲	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Etapa de Factibilidad – Ingeniería Básica</b>						
<b>Clasificación</b>	<b>Modelos de Estimación de Demanda</b>	<b>Análisis Determinístico (HCM)</b>	<b>Optimización del Tránsito</b>	<b>Simulación Macroscópica</b>	<b>Simulación Mesoscópica</b>	<b>Simulación Microscópica</b>
Ubicación Aislada	N/A	▲	▲	▲	—	▲
Segmento	—	▲	—	▲	▲	▲
Corredor	▲	—	—	▲	▲	▲
Región	▲	N/A	N/A	—	—	—
<b>Estudios y Diseños – Ingeniería de Detalle</b>						
<b>Clasificación</b>	<b>Modelos de Estimación de Demanda</b>	<b>Análisis Determinístico (HCM)</b>	<b>Optimización del Tránsito</b>	<b>Simulación Macroscópica</b>	<b>Simulación Mesoscópica</b>	<b>Simulación Microscópica</b>
Ubicación Aislada	N/A	▲	▲	▲	—	▲
Segmento	—	▲	▲	▲	▲	▲
Corredor	—	—	—	▲	▲	▲
Región	—	N/A	N/A	—	—	—

▲ Normalmente se orienta a aplicar esas metodologías      — No se orienta a utilizar dicha metodología, sin embargo, puede ser aplicada en un caso específico.

Fuente: Adaptada de FDOT (2014) y FHWA (2004)

A modo de ejemplo y para comprender la utilización de la tabla anterior, supongamos que tenemos un proyecto que se encuentra en etapa de factibilidad o Ingeniería Básica y el área de influencia definida geográficamente se clasifica como corredor. Las herramientas de análisis de tránsito a utilizar son:

- Es apropiado aplicar los Modelos de Estimación de Demanda en el proyecto
- No es apropiado aplicar el Análisis Determinístico en el proyecto, no obstante, puede ser aplicada en contextos específicos.
- No es apropiado aplicar la Optimización del tránsito, no obstante, puede ser aplicada en contextos específicos.
- Es apropiado aplicar la Simulación Macroscópica en el proyecto.
- Es apropiado aplicar la Simulación Mesoscópica en el proyecto.
- Es apropiado aplicar la Simulación Microscópica en el proyecto.

### **3.4.7 Flujos y proyecciones del tránsito**

Previo a la realización de las proyecciones de tránsito, es necesario definir los tipos de flujo que pueden circular sobre el proyecto de infraestructura vial. De acuerdo con Cal & Mayor y Cárdenas (2007) para el análisis de flujos de transporte se consideran distintos componentes de Tránsito Futuro (TF) tales como el Tránsito Actual (TA) y el Incremento del Tránsito (IT). Lo anterior, se describe en la siguiente expresión:

$$TF = TA + IT$$

El Tránsito Actual (TA), es el volumen de tránsito que usará la nueva carretera o su mejoramiento en el momento de darse completamente el servicio. En el caso del mejoramiento vial, TA se compone del Tránsito Existente (TE) y el Tránsito Atraído (TAt). En el caso de una carretera nueva, TA se compone únicamente por TAt. TA responde a la siguiente expresión:

$$TA = TE + TAt$$

El Incremento del Tránsito (IT), es el volumen de tránsito que se espera que utilice la carretera en los años futuros. Este incremento se compone por el Crecimiento Normal del

Tránsito (CNT), el Tránsito Generado (TG) y el Tránsito Desarrollado (TD). En la Figura 3-3, se presenta gráficamente las componentes del Tránsito Futuro.

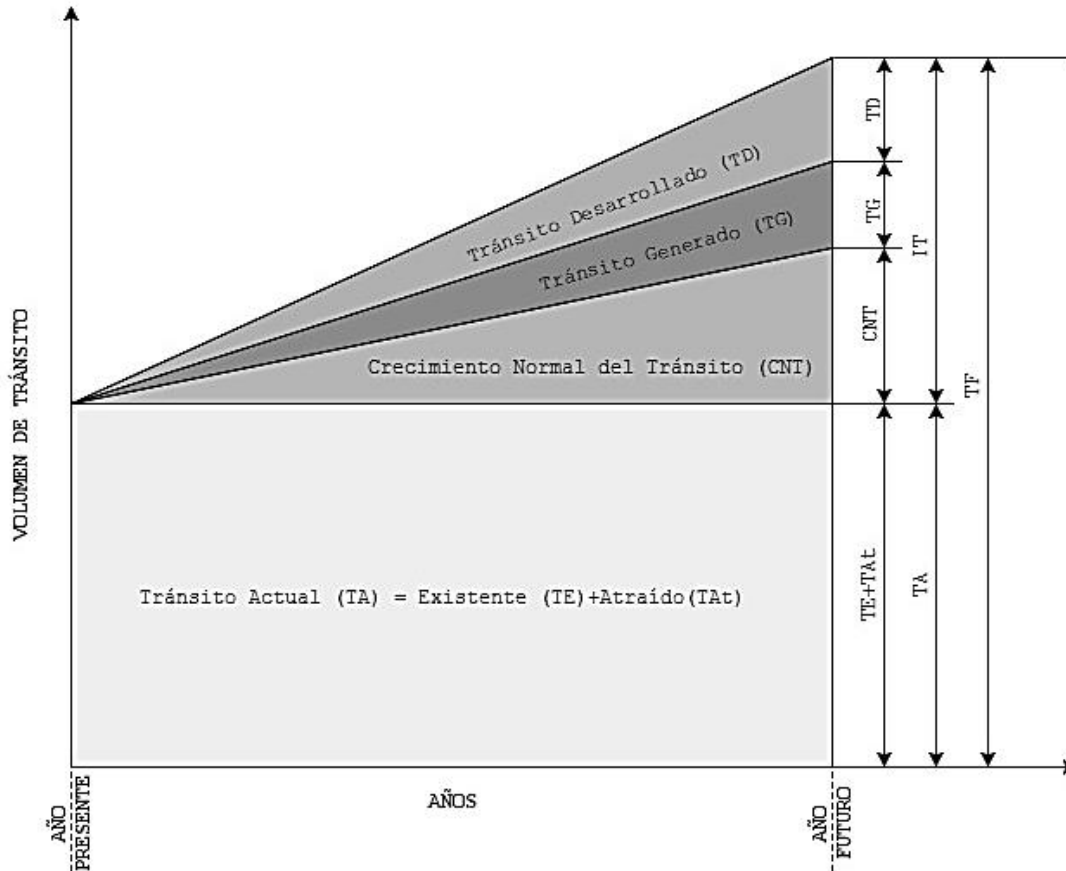


Figura 3-3 Componentes del tránsito futuro. Fuente: Cal & Mayor y Cárdenas (2007)

El CNT es el incremento del volumen de tránsito debido al aumento normal de uso de los vehículos. Para esto, es necesario definir indicadores de crecimiento. En una zona de estudio cualquiera las variaciones del volumen de tránsito en los modos de transporte disponibles es sensible a los cambios de crecimiento demográfico, localización geográfica de los puntos de interés, disponibilidad de modos, variaciones en variables económicas (tales como: ingreso del hogar, población económicamente activa, cantidad de miembros de los hogares trabajando, disponibilidad de recursos explotables, recursos turísticos, desarrollo industrial e intensidad de uso de las diferentes destinaciones dadas al suelo), entre otros. De tal forma que el análisis de sus series históricas y tendencias de crecimiento pueden llegar a ser útiles como: **a.** Predictor de uso del vehículo, **b.** Predictor de uso del

Transporte Público, **c.** Predictor de usos de bienes raíces y **d.** Predictor de las necesidades públicos (transporte privado y transporte de mercancías)

El TG hace referencia a aquellos viajes que se realizarían si se realiza el mejoramiento de la carretera y éste se compone por tres categorías a saber:

- El tránsito inducido son viajes que previamente no se han realizado por ningún modo de transporte que ahora se realizará en vehículos particulares.
- El Tránsito convertido son viajes que previamente se realizan en otro modo de transporte y que ahora se realizará en vehículos particulares.
- El Tránsito Trasladado consiste en viajes hechos a destinos completamente diferentes atribuibles a la atracción de la nueva carretera y no a cambio de usos del suelo

En el caso del TD, éste corresponde al incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera.

### **3.4.8 Capacidad y niveles de servicio**

Las estimaciones de capacidad y niveles de servicio son necesarias para tomar las decisiones en términos de tránsito y planeación de transporte. Un objetivo básico del análisis de capacidad es la estimación del máximo número de vehículos a los que una vía puede dar servicio con seguridad razonable dentro de un periodo de tiempo determinado. Además, es un conjunto de procedimientos que estiman la disponibilidad de la vía para transportar el flujo en diferentes condiciones de operación definidas.

### **3.4.9 Costos de transporte**

En Colombia, el INVIAS (2016), ha estimado los costos de transporte con base en el modelo HDM que calcula internamente las velocidades y los costos de operación de los diferentes vehículos que deben cubrir los usuarios de las vías, así como también los deterioros y los costos de conservación de estas; en función del diseño de la vía, de las normas de conservación, de volumen de tráfico, de las cargas por eje y de las condiciones ambientales. Es un valioso asistente en la planificación vial, que permite la evaluación

técnico – económica de diferentes modos de transporte en cuanto a obras de conservación, nuevos proyectos, justificación de presupuestos y fijación de prioridades.

## Capítulo 4.

### Lineamientos

Este capítulo desarrolla y propone los lineamientos para la elaboración de estudios de tránsito en proyectos viales interurbanos en Colombia.

#### 4.1 Lineamientos propuestos

Para cada una de las etapas del estudio de tránsito, se presentan en detalles las actividades a realizar y una lista de chequeo que contienen la descripción de las actividades principales, las subactividades requeridas y el producto a entregar.

En la Figura 4-1, se presenta la metodología propuesta para realizar el estudio de tránsito. En general, la metodología se divide en cuatro acciones: **a.** Delimitación, **b.** Recopilación de información, **c.** Análisis funcional y **d.** Indicadores de rendimiento que a su vez se componen por diferentes actividades que se defienden en cada uno de los lineamientos propuestos.

Dichos lineamientos basados en manuales, guías y la experiencia brindan al consultor, interventor o entidad contratante una herramienta estandarizada de evaluación y análisis donde se definen especificaciones y procedimientos técnicos para la elaboración de estudios de tránsito. Además, facilita su revisión y aportan al desarrollo de proyectos viales interurbanos. Finalmente, la metodología propuesta puede ser utilizada para cada una de las etapas del proyecto.



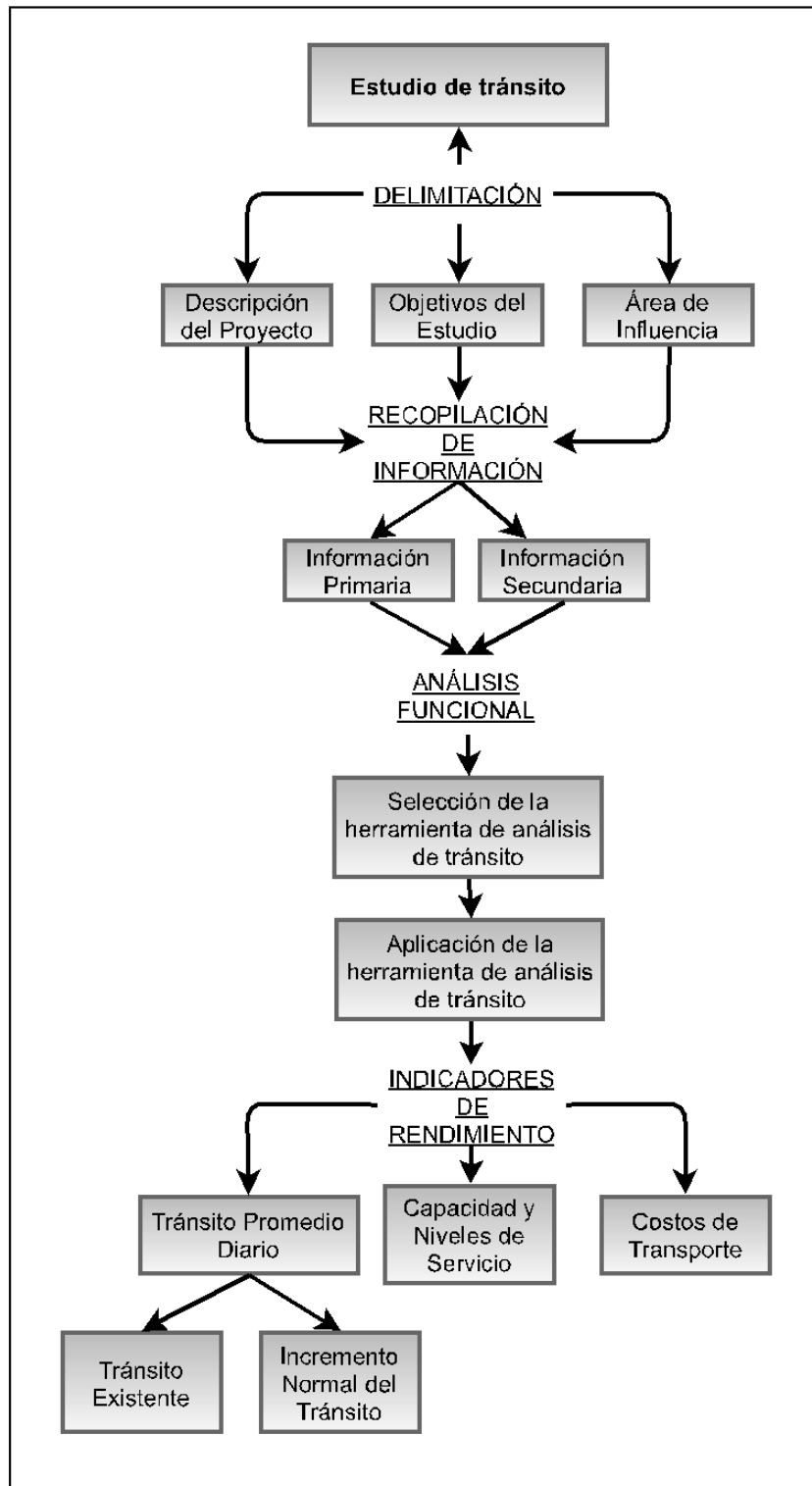


Figura 4-1 Metodología, Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Identificación de la necesidad

Si bien la identificación de las necesidades no es una actividad netamente realizada por el especialista en tránsito, este participa en generar y proponer las diferentes alternativas de solución. A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para realizar la identificación de la necesidad de un proyecto de infraestructura vial:

*Tabla 4-1 Lista de Chequeo - Identificación de la necesidad*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
1	Identificación de la problemática o necesidad a satisfacer	
1.1	Definir los antecedentes	
1.2	Identificar los involucrados o partes interesadas	
1.3	Identificar su evolución en el tiempo	Documento inicial compuesto por la descripción de la problemática, su coordinación con programas y planes del gobierno nacional y las alternativas de solución identificadas
1.4	Establecer la problemática	
1.5	Identificar las causas y consecuencias	
1.6	Construcción del diagrama CPC	
2	Coordinación con los planes y programas del gobierno nacional	
3	Identificar las posibles alternativas de solución	

*Fuente: Elaboración propia*

**Actividad 1. Identificación de la problemática o necesidad a satisfacer:** En esta actividad se recomienda la Metodología CPC-S para identificar la problemática mencionada previamente (véase Metodología CPC-S para identificar la problemática). En la Tabla 2-1, se presenta el procedimiento general para la identificación de la problemática. Lo anterior debe estar sustentado por indicadores de tránsito y transporte definidos en términos de accesibilidad y movilidad.

**Actividad 2. Coordinación con los planes y programas del gobierno nacional:** Esta actividad hace referencia a identificar la relación entre la problemática y los planes y programas del gobierno. Lo anterior, sirve como insumo inicial para definir las posibles alternativas que serán identificadas posteriormente.

**Actividad 3. Identificar las posibles alternativas de solución:** En esta actividad, se analiza la relación entre las causas y consecuencias, identificadas previamente, y

se infieren los cambios en la problemática al disminuir el efecto de cierta causa. Del análisis anterior, surgen las posibles alternativas de solución. De acuerdo con Medina (2014), si se pretende erradicar la problemática, lo mejor es minimizar en conjunto las causas que la generan.

### 4.3 Descripción del proyecto de infraestructura

A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para realizar la descripción del proyecto de infraestructura vial:

*Tabla 4-2 Lista de Chequeo - Descripción del proyecto*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
1	Presentar información respecto al contexto general y contractual del proyecto	
1.1	Definir los antecedentes del proyecto	
1.2	Identificar los tramos y/o unidades funcionales del proyecto	
1.3	Definir las etapas del proyecto (año inicio de construcción, año final de construcción, año inicio de operación, año final de operación entre otros)	
1.4	Justificar la relación del proyecto con los planes de desarrollo departamentales y nacionales	Documento resumido que describe la localización del proyecto
1.5	Presentar los datos contractuales del proyecto	
2	Establecer la localización general del proyecto	
2.1	Localizar el proyecto dentro del contexto nacional, regional y nacional	
2.2	Identificar la troncal o transversal a la cual pertenece el proyecto	
2.3	Elaborar la representación gráfica de la localización del proyecto (mapa o imágenes representativas)	

*Fuente: Elaboración propia*

**Actividad 1. Presentar información respecto al contexto general y contractual del proyecto:** Esta actividad está encaminada a describir las principales características del proyecto a nivel general como sus antecedentes, tramos (o Unidades Funcionales - UF) y etapas. Es preciso justificar su relación con los planes de

desarrollo departamentales y nacionales. Además, se recomienda incluir los datos contractuales del mismo con el fin de direccionar al lector con el proyecto.

**Actividad 2. Establecer la localización general del proyecto:** En esta actividad, se debe localizar el proyecto dentro del contexto local, regional y nacional como su ubicación dentro de la red vial. Además, tal y como se solicita en los proyectos nacionales, es necesario indicar la troncal o transversal a la cual pertenecen los corredores que intervienen en el proyecto. Lo anterior, se presenta textualmente y gráficamente haciendo uso de mapas o imágenes representativas.

#### 4.4 Objetivos del estudio de tránsito

A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para definir los Objetivos del estudio de tránsito:

*Tabla 4-3 Lista de Chequeo - Objetivos del estudio de tránsito*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
1	Definición del objetivo general	Documento que contiene los objetivos del estudio
2	Definición de los objetivos específicos	

*Fuente: Elaboración propia*

**Actividad 1. Definición del objetivo general:** En esta actividad se define el objetivo general del estudio. Este debe ser claro, medible y real considerando los recursos y tiempo disponible para la ejecución del proyecto.

**Actividad 2. Definición de los objetivos específicos:** En esta actividad, se definen objetivos específicos que están relacionados a las características operativas y de seguridad del proyecto.

Las actividades anteriores deben estar asociadas a la solución de la necesidad o problemática identificada previamente, razón de ser del proyecto.

#### 4.5 Área de Influencia

A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para la definición del área de influencia:

Tabla 4-4 Lista de Chequeo - Área de influencia

Actividad	Descripción	Producto
1	Definición del área de influencia según su alcance geográfico	
1.1	Representación gráfica del área de influencia en forma de mapa o imagen representativa	
1.2	Justificación del área de influencia según su alcance geográfico	
2	Definición del área de influencia según su impacto	Informe que contiene la definición del área de influencia de forma detallada y justificada con su respectiva representación gráfica
2.1	Representación gráfica del área de influencia en forma de mapa o imagen representativa	
2.2	Justificación del área de influencia según su impacto	
3	Definición del corte temporal del proyecto	
3.1	Selección del año base del proyecto	
4	Coordinación del área de influencia	Documento por parte de la interventoría y la entidad contratante con la aprobación del área de influencia
4.1	Socialización del área de influencia hacia la interventoría	
4.2	Socialización del área de influencia a la entidad contratante	

Fuente: Elaboración propia

**Actividad 1. Definición del área de influencia según su alcance geográfico:** En esta actividad se define el área de influencia según su alcance geográfico como Ubicación Aislada, Segmento, Corredor o Región (véase Tabla 2-2 y Figura 2-3). Lo anterior debe estar en concordancia con las características del proyecto y su nivel de análisis, la ubicación geográfica de la red en estudio, el tamaño y clasificación de la red y la disponibilidad de rutas.

**Actividad 2. Definición del área de Influencia según su impacto:** En esta actividad se define el área de influencia directa e indirecta del proyecto (véase Tabla 2-3). Lo anterior tiene gran relación con las estrategias de gestión del tráfico, condiciones futuras de la red y variaciones del tránsito en el área del proyecto.

**Actividad 3. Definición del corte temporal del proyecto.** En esta actividad se define el año base del proyecto. En este año. se establece la situación inicial o diagnóstico

del proyecto previo a su ejecución y sirve como punto de comparación para evaluar los posibles impactos generados por el proyecto.

**Actividad 4. Coordinación del área de influencia:** El consultor debe coordinar con las diferentes entidades encargadas de revisar y aprobar el estudio con el fin de establecer los límites del área de influencia. Además, el área de influencia seleccionada debe estar en concordancia con las demás especialidades.

## 4.6 Recopilación de Información

Este capítulo, se divide en dos partes: **a.** Recopilación de información secundaria y **b.** Recopilación de información primaria. A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para la recopilación de información secundaria:

*Tabla 4-5 Lista de Chequeo - Recopilación de información secundaria*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
1	Recopilación de información referente a la geografía económica de la región	
1.1	Crecimiento Demográfico	
1.2	Producto Interno Bruto y Actividades Económicas	
1.3	Características del suelo	
2	Recopilación de información referente al diseño geométrico	
2.1	Trazado (alineamiento horizontal y vertical)	
2.2	Criterios de diseño	
2.3	Dimensiones (longitud, ancho de la calzada, número de carriles, entre otros)	Documento que contiene la información secundaria recopilada acompañado de anexos y bases de datos
2.4	Obras de infraestructura	
2.5	Estaciones proyectadas de peaje	
3	Recopilación de información referente a volúmenes de tránsito	
3.1	Series históricas de volúmenes vehiculares por categoría suministradas por entidades gubernamentales	
4	Recopilación de información referente a estudios previos:	
4.1	Metodología empleada en la realización del estudio	
4.2	Datos existentes recogidos durante la ejecución del estudio	

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
4.3	Método empleado para la obtención de proyecciones y asignaciones del tránsito	
4.4	Estimaciones de tránsito y costos de operaciones	
4.5	Recomendaciones y conclusiones	
5	Revisión de la validez temporal y espacial de la información secundaria recopilada	

*Fuente: Elaboración propia*

**Actividad 1. Recopilación de información referente a la geografía económica de la región:**

Tal y como su nombre lo indica, esta actividad está relacionada a recopilar información de la geografía económica de la región como el crecimiento demográfico, Producto Interno Bruto y actividades económicas, y características del suelo (zonas de expansión urbana, zonas ambientales, zonas industriales y comerciales entre otras). Cabe resaltar que esta actividad está directamente relacionada con la definición del área de influencia donde se define espacial y temporalmente el área de estudio para el proyecto. La calidad de la información secundaria debe ser verificada y referenciada para determinar su idoneidad. Dicha verificación puede implicar la revisión de mapas y otras fuentes oficiales.

**Actividad 2. Recopilación de información referente al diseño geométrico:**

En esta actividad se recopila la información necesaria del diseño geométrico como el trazado, dimensiones, estaciones proyectadas de peaje y demás obras de infraestructura que afecten el comportamiento del tránsito.

**Actividad 3. Recopilación de información referente a volúmenes de tránsito:**

En esta actividad se recopilan volúmenes de tránsito existentes en el área de influencia del proyecto. Se acostumbra a utilizar fuentes de carácter oficial como la información suministrada por el INVÍAS, ANI y demás entidades gubernamentales disponibles. Además, en caso de necesitar información con mayor detalle, se puede solicitar a los diferentes concesionarios que administran los diferentes corredores viales del país.

**Actividad 4. Recopilación de información referente a estudios previos:**

En caso de que existan, se debe recopilar información referente a estudios de tránsito realizados anteriormente. Las principales características que extraer, de manera

general, son las siguientes: **a.** metodología empleada para la realización del estudio, **b.** los datos existentes recogidos durante la ejecución de dicho estudio como encuestas origen – destino, volúmenes de tránsito e inventarios, **c.** el método empleado para la obtención de proyecciones y asignaciones del tránsito, **d.** estimaciones de tránsito y costos de operaciones y **e.** recomendaciones y conclusiones del estudio.

**Actividad 5. Revisión de la validez temporal y espacial de la información secundaria recopilada:** Dada las múltiples fuentes de información secundaria disponibles para cada proyecto en diferentes periodos de tiempo, es necesario revisar la validez temporal y espacial de esta. En esta actividad, se debe elegir, dentro de la información secundaria disponible, la información a utilizar en el estudio de tránsito, información que represente de forma cercana la realidad del proyecto.

Cabe resaltar que la información secundaria, sirve como insumo para la estimación del Crecimiento Normal del Tránsito que se discutirá más adelante. A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para la recopilación de información primaria:

*Tabla 4-6 Lista de Chequeo - Recopilación de información primaria*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
1	Elaboración de la metodología de toma de información	Documento que contiene la metodología de la toma de información y aprobación de esta por parte de la interventoría y entidad contratante
2	Procesamiento de información del Inventario vial	
2.1	Tipo de vía	
2.2	Ancho de calzada	
2.3	Longitud de los tramos de evaluación	
2.4	Número de carriles	
2.5	Sentido de circulación	
2.6	Tipo y estado del pavimento	
2.7	Otras características	
3	Procesamiento de información de volúmenes de tránsito motorizados y no motorizados	Documento que presenta el procesamiento y análisis de la información recopilada acompañado de anexos y bases de datos



Actividad	Descripción	Producto
3.1	Volúmenes vehiculares y peatonales para periodos de 15 minutos para cada periodo y día de toma de información, así como para cada acceso y movimiento aforado representado en vehículos mixtos y equivalentes	
3.2	Volumen Horario de Máxima Demanda, Hora de Máxima Demanda, Factor de Hora Pico por acceso y total para cada punto aforado	
3.3	Volumen Total (en el periodo aforado) y Composición vehicular para cada periodo y día de toma de información	
3.4	Histograma de volúmenes vehiculares y peatonales	
3.5	Factores de Expansión de volúmenes vehiculares y el Tránsito Promedio Diario, incluyendo las categorías vehiculares consideradas	
4	Procesamiento de información de velocidades:	
4.1	Velocidad promedio de recorrido por tramo	
4.2	Velocidad promedio de marcha por tramo	
4.3	Demoras y tiempos de recorrido	
5	Procesamiento de información de Encuestas de Preferencia Revelada y Preferencia Declarada:	
5.1	Verificación del tamaño muestral de acuerdo con el estimado en la etapa metodológica	
5.2	Análisis de estadística descriptiva para cada uno de los atributos solicitados en la encuesta de Preferencia Revelada	
5.3	Procesamiento de los Orígenes y Destinos obtenidos y la georreferenciación de estos	
5.4	Análisis de las encuestas de Preferencia Declarada, con los respectivos modelos de elección realizados y las estadísticas de aceptación de estos	

*Fuente: Elaboración propia*

**Actividad 1. Elaboración de la metodología de toma de información:** En esta actividad se elabora la metodología que tiene como objetivo describir los estudios de campo que se van a realizar para el proyecto. Dentro de esta, se presenta por lo menos, los estudios a realizar, fechas y periodos de toma de información, tipologías,

diseño experimental y tamaño muestral, formatos y otras herramientas. Lo anterior, debe ser aprobado previo a su ejecución por la entidad contratante y su interventoría, con el fin de no realizar trabajos de campo posteriores a lo planificado.

**Actividad 2. Procesamiento de información del Inventario vial:** En esta actividad se procesa la información referente al inventario vial realizado. Dado que este es uno de los insumos principales para la aplicación exitosa de las Herramientas de Análisis de Tránsito, se espera que por lo menos se disponga de lo siguiente:

- a. El Tipo de vía, si es de primaria, secundaria o terciaria (véase Tabla 3-1)
- b. El Ancho de calzada que es una medida promedio y aproximada del ancho actual de la calzada de los tramos de evaluación
- c. Longitud de los tramos de evaluación
- d. Número de carriles
- e. Sentido de circulación
- f. Tipo y estado de pavimento
- g. Otras características como la presencia de bermas, separadores, entre otros.

**Actividad 3. Procesamiento de información de volúmenes de tránsito motorizados y no motorizados:** En esta actividad, se realiza el procesamiento de la información referente a volúmenes de tránsito motorizados y no motorizados. Dentro de estos, se debe tener por lo menos:

- a. Volúmenes vehiculares y peatonales para periodos de 15 minutos para cada periodo y día de toma de información, así como para cada acceso y movimiento aforado representado en vehículos mixtos y equivalentes
- b. Volumen Horario de Máxima Demanda, Hora de Máxima Demanda, Factor de Hora Pico por acceso y total para cada punto aforado
- c. Volumen Total (en el periodo aforado) y Composición vehicular para cada periodo y día de toma de información
- d. Histograma de volúmenes vehiculares y peatonales
- e. Factores de Expansión de volúmenes vehiculares y el Tránsito Promedio Diario, incluyendo las categorías vehiculares consideradas.

**Actividad 4. Procesamiento de información de velocidades:** En esta actividad, se realiza el procesamiento de las velocidades recopiladas en campo. Sin importar la metodología utilizada, se considera necesario obtener los siguientes indicadores:

- a. Velocidad promedio de recorrido por tramo
- b. Velocidad promedio de marcha por tramo
- c. Demoras y tiempos de recorrido

En este estudio, como orden de magnitud, se puede utilizar la información suministrada por las aplicaciones de tránsito automotor en tiempo real y navegación asistida por GPS (Global Positioning System).

**Actividad 5. Procesamiento de información de Encuestas de Preferencia**

**Revelada y Preferencia Declarada:** En esta actividad, se realiza el procesamiento de la información recopilada en las encuestas de Preferencia Revelada y Preferencia Declarada, información fundamental para la realización de los diferentes modelos de simulación que se realizan en un estudio de tránsito. Como principales resultados, se espera:

- a. Verificación del tamaño muestral de acuerdo con el estimado en la etapa metodológica.
- b. Un análisis de estadística descriptiva para cada uno de los atributos solicitados en la encuesta de Preferencia Revelada.
- c. Procesamiento de los Orígenes y Destinos obtenidos y la georreferenciación de estos.
- d. El análisis de las encuestas de Preferencia Declarada, con los respectivos modelos de elección realizados y las estadísticas de aceptación de estos.

Finalmente, lo anterior debe ser entregado en bases de datos editables para su revisión y validación.

**4.7 Selección y aplicación de herramientas de análisis de tránsito**

A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para la selección y aplicación de las herramientas de análisis de tránsito:

*Tabla 4-7 Lista de chequeo - Selección y aplicación de herramientas de análisis de tránsito*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
1	Selección de la herramienta de análisis de tránsito	Documento resumido que presente la calibración del año base junto a sus criterios y especificaciones de aceptación. Lo anterior, debe estar
2	Entrada de datos a un software de simulación	

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>
3	Calibración y validación del modelo	acompañado de los archivos de simulación y demás archivos necesarios para su revisión.
3.1	Selección de indicadores a calibrar	
3.2	Criterios o estadísticas que cumplir	
4	Aprobación de la calibración	Documento de aprobación por parte de la interventoría y entidad contratante a la situación base calibrada
5	Ejecución de la simulación	
5.1	Evaluación de indicadores	
6	Realizar control de calidad de la simulación	
6.1	Verificar que las características de la red tales como número de carriles, tipos de vías, longitud, restricciones y demás atributos sean correctas.	
6.2	Verificar la metodología utilizada para la simulación y si los parámetros utilizados por defecto son razonables.	
6.3	Verificar si los resultados obtenidos son razonables para las condiciones analizadas.	

*Fuente: Elaboración propia*

**Actividad 1. Selección de la herramienta de análisis de tránsito:** En esta actividad se debe seleccionar las herramientas de análisis de tránsito bajo los siguientes criterios:

- Como principal criterio, la decisión de selección de la herramienta de análisis debe basarse en cumplir el objetivo de la evaluación y las restricciones directas del proyecto.
- Las herramientas de análisis de tránsito deben estar en concordancia con el área de influencia definida tanto por su espacio geográfico y su nivel de impacto.
- Se debe tener en cuenta las características de la infraestructura y operacionales del proyecto, la distribución y comportamiento modal, periodo de evaluación, la información disponible y la fase en la que se encuentra el proyecto. Lo anterior, con el objetivo de representar correctamente la realidad con la herramienta de análisis seleccionada. Además, el software disponible o a utilizar debe ser correspondiente con las características generales del proyecto.

**Actividad 2. Entrada de datos a un software de simulación:** En esta actividad se recopilan, depuran e ingresan los datos iniciales necesarios para las herramientas de análisis seleccionadas. Los principales datos necesarios que utilizar son:

- a. **Zonificación:** son unidades espaciales del territorio con características similares que simplifican el proceso de modelación, cumplen la función de generar y atraer viajes.
- b. **Enlaces:** representan la red vial a evaluar y contienen información útil para la modelación como las características geométricas, operacionales y funcionales del enlace. En los modelos determinísticos como el HCM, no es necesario realizar la representación de la red, sin embargo, si se debe contar la información mencionada previamente.
- c. **Nodos:** representan puntos importantes para la simulación. De acuerdo con la herramienta utilizada puede simbolizar intersecciones, centroides o puntos de control.
- d. **Demanda:** corresponde al número de viajes que se van a realizar, se puede representar en matrices de viaje en donde la información recopilada de los viajes es guardada dentro de una matriz y su tamaño es equivalente al número de orígenes y destinos definidos o directamente en volúmenes de tránsito definidos para cierto periodo de evaluación y en distribuido en las diferentes categorías vehiculares.
- e. **Sensores:** representan artefactos que afectan directamente la operación del tránsito como señales, semáforos, reductores de velocidad entre otros. Además, en ocasiones son utilizados para recopilar información de la simulación o generar los indicadores de rendimiento necesarios para su evaluación.

Cabe resaltar que no necesariamente en todas las herramientas de análisis se utilizan los mismos datos de entrada y su nivel de detalle puede variar en función del software utilizado.

**Actividad 3. Calibración y validación del modelo:** En esta actividad se debe representar la realidad con base en características físicas y operativas de la zona

de estudio. En otras palabras, se debe comparar indicadores observados versus indicadores simulados y que sean estadísticamente aceptados. Dentro de los posibles indicadores evaluar, se tiene volúmenes vehiculares, velocidades, tiempos de recorrido, vehículos por kilómetro recorrido, longitud de colas entre otros. El proceso de calibración debe enfocarse en ajustar los parámetros que tienen un fuerte efecto en los resultados del modelo.

**Actividad 4. Aprobación de la calibración:** El modelo de simulación para analizar las diferentes alternativas en periodos de evaluación determinados debe estar completamente calibrado y funcional. La calibración debe ser aprobada previo a proceder con el análisis.

**Actividad 5. Ejecución de la simulación:** En esta actividad se ejecutan la simulación en función de la metodología utilizada para cada herramienta de análisis seleccionada. Se debe realizar la evaluación para cada una de las alternativas y extraer los resultados de indicadores de rendimiento necesarios para cada objetivo planteado.

**Actividad 6. Realizar control de calidad a la simulación:** En esta actividad, se revisa los resultados obtenidos por la simulación y su proceso. Dentro de los ítems a verificar se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Verificar que las características de la red tales como número de carriles, tipos de vías, longitud, restricciones y demás atributos sean correctas.
- Verificar la metodología utilizada para la simulación y si los parámetros utilizados por defecto son razonables.
- Verificar si los resultados obtenidos son razonables para las condiciones analizadas.

## 4.8 Flujos y proyecciones del tránsito

A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para la estimación de los flujos y proyecciones del tránsito:

Tabla 4-8 Lista de chequeo – Estimación de flujos y proyecciones del tránsito

Actividad	Descripción	Producto
1	Definición del Tránsito Actual (TA)	
1.1	Estimación del TPDS	Documento que contiene el valor del Tránsito Actual, su análisis y diferentes hipótesis de asignación
1.2	Estimación del TPDA	
1.3	Estimación del Volumen Horario	
2.	Definición del Crecimiento Normal del Tránsito (CNT)	Documento que describe la metodología utilizada para la obtención de los factores de crecimiento, junto a los resultados obtenidos. Finalmente, los anterior debe ser aprobado por la entidad contratante y la interventoría.
2.1	Definir la metodología para la estimación de acuerdo con la información disponible y los niveles de certeza de cada una	
2.2	Validar las suposiciones con respecto a la infraestructura de transporte, uso de la tierra y condiciones socioeconómicas	
2.3	Recopilación de tasas de crecimiento propuestas por entidades gubernamentales o estudios previos	
2.4	Evaluación de escenarios más probable, optimista y pesimista	
3	Definición del Tránsito Generado (TG) y Desarrollado (TD)	Documento contiene la estimación del Tránsito Futuro, su análisis y conclusiones.
3.1	Definir metodología para la estimación del TG y TD	
3.2	Recopilación de factores o valores propuestos por entidades gubernamentales o diferentes estudios	
3.3	Estimación del TG y TD	
4	Estimación de pronósticos	

Fuente: Elaboración propia

**Actividad 1. Definición del Tránsito Actual (TA):** En esta actividad, se estima el tránsito actual que circula por la red de evaluación. Normalmente, en proyectos de infraestructura vial interurbana se presenta en términos de Tránsito Promedio Diario (TPD) o en volumen horario.

- Es necesario en términos de TPD para la estimación de los espesores de la capa de pavimentos por parte del especialista de pavimentos y el análisis financiero. En este caso, se debe definir el TPD en términos de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Dado que normalmente se dispone información para la estimación de los volúmenes de tránsito en términos de

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), se debe por diferentes metodologías existentes trasladarlo a términos de TPDA.

- Es necesario en términos de volumen horario en ciertos análisis como el dimensionamiento de los peajes y el análisis capacidad y niveles de servicio.

**Actividad 2. Definición del Crecimiento Normal del Tránsito:** En esta actividad se definen el incremento que va a tener el tránsito a través de los años. Para esto, se debe tener en cuenta las diferentes metodologías existentes y los criterios mencionados a continuación:

- Se debe definir la metodología para la estimación de acuerdo con la información disponible y los niveles de certeza de cada una. Lo anterior, debe ser validado con medidas estadísticas que presenten la mayor certeza posible.
- Los pronósticos deben ser validados por suposiciones con respecto a la infraestructura de transporte, uso de la tierra y condiciones socioeconómicas.
- Se deben realizar los pronósticos para el ciclo de vida del proyecto y deben ser aceptadas por la entidad contratante o su interventoría.
- En caso de que se disponga de tasas de crecimiento propuestas por estudios entidades gubernamentales, se deben usar siempre y cuando tengan validez para las características del proyecto.

**Actividad 3. Definición del Tránsito Generado (TG) y Desarrollado (TD):** En esta actividad se estima el Tránsito Generado y Desarrollado. Lo anterior, en general se puede estimar de dos formas:

- El uso de metodologías propuestas por diferentes autores o el uso de modelos de usos suelo y expansión urbana.
- El uso de valores o factores estimados por entidades gubernamentales o estudios previos, siempre y cuando se mantengan las características del proyecto.

**Actividad 4. Estimación del Tránsito Futuro (TF):** En esta actividad se presenta el Tránsito Futuro de cada año desde su inicio hasta terminar el ciclo de vida del proyecto.



## 4.9 Costos de transporte

A continuación, se presentan las actividades a desarrollar para la estimación del costo de transporte:

Tabla 4-9 Lista de chequeo - Costos de transporte

Actividad	Descripción	Producto
1	Estimación de costos de transporte haciendo uso de modelos realizados por entidades gubernamentales	
2	Estimación de costos de transporte por medio del HDM	
2.1	Recopilación de información referente a la red de transporte	Documento que contiene los resultados obtenidos en la estimación de los costos de transporte
2.2	Recopilación de información referente al parque automotor	
2.3	Recopilación de información referente al tipo de proyecto	
2.4	Ejecución de modelos	

Fuente: Elaboración propia

**Actividad 1. Estimación de costos de transporte haciendo uso de modelos realizados por entidades gubernamentales:** En esta actividad, se estiman los costos de transporte al hacer uso de modelos establecidos por entes gubernamentales, siempre y cuando, se puedan reproducir las características generales del proyecto.

**Actividad 2. Estimación de costos de transporte por medio del HDM:** En esta actividad se aplica la metodología HDM. En este caso, se debe contar con información detallada de la red de transporte, la flota vehicular y el tipo de proyecto.

## 4.10 Características generales del documento

A continuación, se describen características y generalidades que deben tener los documentos:

- **Consistencia en la presentación,** de acuerdo con la Misión Francesa INGEROUTE (1976), en general los informes cortos son no solamente más atractivos, sino también más claros. Los informes, aunque cortos, deben ser lo

suficientemente completos para permitir su explotación y su evaluación. Es indispensable que contenga todos los elementos útiles para facilitar la verificación de los cálculos y que indiquen claramente las referencias de las fuentes de información utilizadas, las hipótesis adoptadas, con su justificación eventual, y los datos obtenidos en el curso de los estudios a partir de medidas, encuestas o ensayos.

- **Equilibrio de la presentación**, de acuerdo con la Misión Francesa INGEROUTE (1976), es preciso no entorpecer el texto principal de un informe con largos cálculos y numerosas tablas estadísticas que pueden colocarse en anexos para su revisión posterior. Además, cada capítulo debe, en lo posible presentar la importancia de esta parte en el estudio y el peso que tiene en los resultados y conclusiones.

#### 4.11 Lista de chequeo del estudio de tránsito

En la Tabla 4-10, se presenta la lista de chequeo consolidada de cada una de las actividades necesarias para la elaboración de un estudio de tránsito.

Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito

Ítem	Descripción	Producto	Estado
<b>Identificación de la necesidad</b>			
<b>1A</b>	<b>Identificación de la problemática o necesidad a satisfacer</b>		<input type="checkbox"/>
1A.1	Definir los antecedentes		<input type="checkbox"/>
1A.2	Identificar los involucrados o partes interesadas		<input type="checkbox"/>
1A.3	Identificar su evolución en el tiempo	<b>Producto 1.</b> Documento inicial compuesto por la descripción de la problemática, su coordinación con programas y planes del gobierno nacional y las alternativas de solución identificadas	<input type="checkbox"/>
1A.4	Establecer la problemática		<input type="checkbox"/>
1A.5	Identificar las causas y consecuencias		<input type="checkbox"/>
1A.6	Construcción del diagrama CPC		<input type="checkbox"/>
<b>1B</b>	<b>Coordinación con los planes y programas del gobierno nacional</b>		<input type="checkbox"/>
<b>1C</b>	<b>Identificar las posibles alternativas de solución</b>		<input type="checkbox"/>
<b>Descripción del proyecto</b>			
<b>2A</b>	<b>Presentar información respecto al contexto general y contractual del proyecto</b>	<b>Producto 2.</b> Documento resumido que describe la localización del proyecto	<input type="checkbox"/>

Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito

Ítem	Descripción	Producto	Estado
2A.1	Definir los antecedentes del proyecto		<input type="checkbox"/>
2A.2	Identificar los tramos y/o unidades funcionales del proyecto		<input type="checkbox"/>
2A.3	Definir las etapas del proyecto (año inicio de construcción, año final de construcción, año inicio de operación, año final de operación entre otros)		<input type="checkbox"/>
2A.4	Justificar la relación del proyecto con los planes de desarrollo departamentales y nacionales		<input type="checkbox"/>
2A.5	Presentar los datos contractuales del proyecto		<input type="checkbox"/>
<b>2B</b>	<b>Establecer la localización general del proyecto</b>		<input type="checkbox"/>
2B.1	Localizar el proyecto dentro del contexto nacional, regional y nacional		<input type="checkbox"/>
2B.2	Identificar la troncal o transversal a la cual pertenece el proyecto		<input type="checkbox"/>
2B.3	Elaborar la representación gráfica de la localización del proyecto (mapa o imágenes representativas)		<input type="checkbox"/>
<b>Objetivos del estudio de tránsito</b>			
<b>3A</b>	<b>Definición del objetivo general</b>	<b>Producto 3.</b> Documento que contiene los objetivos del estudio	<input type="checkbox"/>
<b>3B</b>	<b>Definición de los objetivos específicos</b>		<input type="checkbox"/>
<b>Área de influencia</b>			
<b>4A</b>	<b>Definición del área de influencia según su alcance geográfico</b>	<b>Producto 4.</b> Documento que contiene la definición del área de influencia de forma detallada y justificada con su respectiva representación gráfica	<input type="checkbox"/>
4A.1	Representación gráfica del área de influencia en forma de mapa o imagen representativa		<input type="checkbox"/>
4A.2	Justificación del área de influencia según su alcance geográfico		<input type="checkbox"/>
<b>4B</b>	<b>Definición del área de influencia según su impacto</b>		<input type="checkbox"/>
4B.1	Representación gráfica del área de influencia en forma de mapa o imagen representativa		<input type="checkbox"/>
4B.2	Justificación del área de influencia según su impacto		<input type="checkbox"/>
<b>4C</b>	<b>Definición del corte temporal del proyecto</b>		<input type="checkbox"/>
4C.1	Selección del año base del proyecto		<input type="checkbox"/>
<b>5A</b>	<b>Coordinación del área de influencia</b>	<b>Producto 5.</b> Documento por parte de la interventoría y la entidad	<input type="checkbox"/>

Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito

Ítem	Descripción	Producto	Estado
5A.1	Socialización del área de influencia hacia la interventoría	contratante con la aprobación del área de influencia	<input type="checkbox"/>
5A.2	Socialización del área de influencia a la entidad contratante		<input type="checkbox"/>
<b>Recopilación de información secundaria</b>			
<b>6A</b>	<b>Recopilación de información referente a la geografía económica de la región</b>		<input type="checkbox"/>
6A.1	Crecimiento Demográfico		<input type="checkbox"/>
6A.2	Producto Interno Bruto y Actividades Económicas		<input type="checkbox"/>
6A.3	Características del suelo		<input type="checkbox"/>
<b>6B</b>	<b>Recopilación de información referente al diseño geométrico</b>		<input type="checkbox"/>
6B.1	Trazado (alineamiento horizontal y vertical)		<input type="checkbox"/>
6B.2	Criterios de diseño		<input type="checkbox"/>
6B.3	Dimensiones (longitud, ancho de la calzada, número de carriles, entre otros)		<input type="checkbox"/>
6B.4	Obras de infraestructura		<input type="checkbox"/>
6B.5	Estaciones proyectadas de peaje		<input type="checkbox"/>
<b>6C</b>	<b>Recopilación de información referente a volúmenes de tránsito</b>	<b>Producto 6.</b> Documento que contiene la información secundaria recopilada acompañado de anexos y bases de datos	<input type="checkbox"/>
6C.1	Series históricas de volúmenes vehiculares por categoría suministradas por entidades gubernamentales		<input type="checkbox"/>
<b>6D</b>	<b>Recopilación de información referente a estudios previos:</b>		<input type="checkbox"/>
6D.1	Metodología empleada en la realización del estudio		<input type="checkbox"/>
6D.2	Datos existentes recogidos durante la ejecución del estudio		<input type="checkbox"/>
6D.3	Método empleado para la obtención de proyecciones y asignaciones del tránsito		<input type="checkbox"/>
6D.4	Estimaciones de tránsito y costos de operaciones		<input type="checkbox"/>
6D.5	Recomendaciones y conclusiones		<input type="checkbox"/>
<b>6E</b>	<b>Revisión de la validez temporal y espacial de la información secundaria recopilada</b>		<input type="checkbox"/>
<b>Recopilación de información primaria</b>			

Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito

Ítem	Descripción	Producto	Estado
7A	<b>Elaboración de la metodología de toma de información</b>	<b>Producto 7.</b> Documento que contiene la metodología de la toma de información y aprobación de esta por parte de la interventoría y entidad contratante	<input type="checkbox"/>
8A	<b>Procesamiento de información del Inventario vial</b>		<input type="checkbox"/>
8A.1	Tipo de vía		<input type="checkbox"/>
8A.2	Ancho de calzada		<input type="checkbox"/>
8A.3	Longitud de los tramos de evaluación		<input type="checkbox"/>
8A.4	Número de carriles		<input type="checkbox"/>
8A.5	Sentido de circulación		<input type="checkbox"/>
8A.6	Tipo y estado del pavimento		<input type="checkbox"/>
8A.7	Otras características	<input type="checkbox"/>	
8B	<b>Procesamiento de información de volúmenes de tránsito motorizados y no motorizados</b>	<b>Producto 8.</b> Documento que presenta el procesamiento y análisis de la información recopilada acompañado de anexos y bases de datos	<input type="checkbox"/>
8B.1	Volúmenes vehiculares y peatonales para periodos de 15 minutos para cada periodo y día de toma de información, así como para cada acceso y movimiento aforado representado en vehículos mixtos y equivalentes		<input type="checkbox"/>
8B.2	Volumen Horario de Máxima Demanda, Hora de Máxima Demanda, Factor de Hora Pico por acceso y total para cada punto aforado		<input type="checkbox"/>
8B.3	Volumen Total (en el periodo aforado) y Composición vehicular para cada periodo y día de toma de información		<input type="checkbox"/>
8B.4	Histograma de volúmenes vehiculares y peatonales		<input type="checkbox"/>
8B.5	Factores de Expansión de volúmenes vehiculares y el Tránsito Promedio Diario, incluyendo las categorías vehiculares consideradas		<input type="checkbox"/>
8C	<b>Procesamiento de información de velocidades:</b>		<input type="checkbox"/>
8C.1	Velocidad promedio de recorrido por tramo		<input type="checkbox"/>
8C.2	Velocidad promedio de marcha por tramo		<input type="checkbox"/>

Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito

Ítem	Descripción	Producto	Estado
8C.3	Demoras y tiempos de recorrido		<input type="checkbox"/>
<b>8D</b>	<b>Procesamiento de información de Encuestas de Preferencia Revelada y Preferencia Declarada:</b>		<input type="checkbox"/>
8D.1	Verificación del tamaño muestral de acuerdo con el estimado en la etapa metodológica		<input type="checkbox"/>
8D.2	Análisis de estadística descriptiva para cada uno de los atributos solicitados en la encuesta de Preferencia Revelada		<input type="checkbox"/>
8D.3	Procesamiento de los Orígenes y Destinos obtenidos y la georreferenciación de estos		<input type="checkbox"/>
8D.4	Análisis de las encuestas de Preferencia Declarada, con los respectivos modelos de elección realizados y las estadísticas de aceptación de estos		<input type="checkbox"/>
<b>Selección y aplicación de herramientas de análisis de tránsito</b>			
<b>9A</b>	<b>Selección de la herramienta de análisis de tránsito</b>	<b>Producto 9.</b> Documento resumido que presente la calibración del año base junto a sus criterios y especificaciones de aceptación. Lo anterior, debe estar acompañado de los archivos de simulación y demás archivos necesarios para su revisión.	<input type="checkbox"/>
<b>9B</b>	<b>Entrada de datos a un software de simulación</b>		<input type="checkbox"/>
<b>9C</b>	<b>Calibración y validación del modelo</b>		<input type="checkbox"/>
9C.1	Selección de indicadores a calibrar		<input type="checkbox"/>
9C.2	Criterios o estadísticas que cumplir		<input type="checkbox"/>
<b>10A</b>	<b>Aprobación de la calibración</b>		<input type="checkbox"/>
<b>10B</b>	<b>Ejecución de la simulación</b>		<input type="checkbox"/>
10B.1	Evaluación de indicadores		<input type="checkbox"/>
<b>10C</b>	<b>Realizar control de calidad de la simulación</b>	<b>Producto 10.</b> Documento de aprobación por parte de la interventoría y entidad contratante a la situación base calibrada	<input type="checkbox"/>
10C.1	Verificar que las características de la red tales como número de carriles, tipos de vías, longitud, restricciones y demás atributos sean correctas.		<input type="checkbox"/>
10C.2	Verificar la metodología utilizada para la simulación y si los parámetros utilizados por defecto son razonables.		<input type="checkbox"/>
10C.3	Verificar si los resultados obtenidos son razonables para las condiciones analizadas.		<input type="checkbox"/>

Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito

Ítem	Descripción	Producto	Estado
<b>Estimación de flujos y proyecciones de tránsito</b>			
<b>11A</b>	<b>Definición del Tránsito Actual (TA)</b>		<input type="checkbox"/>
11A.1	Estimación del TPDS	<b>Producto 11.</b> Documento que contiene el valor del Tránsito Actual, su análisis y diferentes hipótesis de asignación	<input type="checkbox"/>
11A.2	Estimación del TPDA		<input type="checkbox"/>
11A.3	Estimación del Volumen Horario		<input type="checkbox"/>
<b>12A</b>	<b>Definición del Crecimiento Normal del Tránsito (CNT)</b>		<input type="checkbox"/>
12A.1	Definir la metodología para la estimación de acuerdo con la información disponible y los niveles de certeza de cada una	<b>Producto 12.</b> Documento que describe la metodología utilizada para la obtención de los factores de crecimiento, junto a los resultados obtenidos. Finalmente, los anterior debe ser aprobado por la entidad contratante y la interventoría.	<input type="checkbox"/>
12A.2	Validar las suposiciones con respecto a la infraestructura de transporte, uso de la tierra y condiciones socioeconómicas		<input type="checkbox"/>
12A.3	Recopilación de tasas de crecimiento propuestas por entidades gubernamentales o estudios previos		<input type="checkbox"/>
12A.4	Evaluación de escenarios más probable, optimista y pesimista		<input type="checkbox"/>
<b>13A</b>	<b>Definición del Tránsito Generado (TG) y Desarrollado (TD)</b>		<input type="checkbox"/>
13A.1	Definir metodología para la estimación del TG y TD	<b>Producto 13.</b> Documento que contiene la estimación del Tránsito Futuro, su análisis y conclusiones.	<input type="checkbox"/>
13A.2	Recopilación de factores o valores propuestos por entidades gubernamentales o diferentes estudios		<input type="checkbox"/>
13A.3	Estimación del TG y TD		<input type="checkbox"/>
<b>13B</b>	<b>Estimación de pronósticos</b>		<input type="checkbox"/>
<b>Costos de transporte</b>			
<b>14A</b>	<b>Estimación de costos de transporte haciendo uso de modelos realizados por entidades gubernamentales</b>		<input type="checkbox"/>
<b>14B</b>	<b>Estimación de costos de transporte por medio del HDM</b>	<b>Producto 14.</b> Documento que contiene los resultados obtenidos en la estimación de los costos de transporte	<input type="checkbox"/>
14B.1	Recopilación de información referente a la red de transporte		<input type="checkbox"/>
14B.2	Recopilación de información referente al parque automotor		<input type="checkbox"/>
14B.3	Recopilación de información referente al tipo de proyecto		<input type="checkbox"/>

Tabla 4-10 Lista de chequeo – Estudio de tránsito

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Producto</b>	<b>Estado</b>
14B.4	Ejecución de modelos		<input type="checkbox"/>

*Fuente: Elaboración propia*



## Capítulo 5.

### Aplicación Caso Práctico

En este capítulo se presenta la aplicación de los lineamientos propuestos a un caso práctico real. El caso que se desarrolla corresponde al mejoramiento de una vía que comunica al municipio de Vijes con el municipio de Restrepo en el Valle del Cauca. El proyecto fue contratado por el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE) para el año 2016 por medio del contrato 2161190 de 2016 con el objeto de consultoría para la estructuración integral de proyectos de infraestructura vial. Cabe aclarar que de acuerdo con FONADE (2018), la estructuración es el conjunto de actividades y estudios que se deben realizar para determinar el mejor esquema bajo el cual un proyecto se pueda llevar a cabo a nivel técnico, financiero, legal, institucional y operacional. De esta forma, el proyecto se promociona para lograr la vinculación de inversionistas públicos y privados, tanto para su financiación como para su ejecución. Dado que el alcance de la estructuración es limitado y con el fin de mostrar y ejemplificar los lineamientos objeto del presente documento, se va a desarrollar cada uno de los productos sugeridos, siempre y cuando corresponda a la etapa del proyecto y a nivel de consultoría.

#### ***PRODUCTO 1. DOCUMENTO INICIAL COMPUESTO POR LA DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA, SU COORDINACIÓN CON PROGRAMAS Y PLANES DEL GOBIERNO NACIONAL Y LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN IDENTIFICADAS***

Este producto ya fue realizado por el municipio previo al inicio del proyecto. Sin embargo, con el objetivo de aplicar los lineamientos, se organizó el producto de tal forma que tenga concordancia con descrito previamente.

#### ***Ítem 1A Identificación de la problemática o necesidad a satisfacer***

El municipio de Vijes en el departamento del Valle del Cauca identificó la necesidad de mejorar su conectividad y después de su respectivo análisis, identificó ciertos proyectos que benefician al municipio. Por esta razón, realizó el requerimiento de solicitud de la ejecución del proyecto “*Estructuración Integral del Mejoramiento de la vía que conduce del municipio de Vijes a Restrepo en el departamento de Valle del Cauca*” ante diferentes

entidades gubernamentales. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos por el municipio durante la identificación del perfil del proyecto.

### **Árbol de Objetivos y Árbol de Problemas**

En la Figura 5-1 y Figura 5-2, se presenta el árbol de objetivos y el árbol de problemas realizado por el municipio, respectivamente. Como problema central, resaltan el deterioro de la conectividad vial entre el municipio de Vijes y Restrepo, y tienen el objetivo de mejorar la conectividad vial entre los dos municipios. Tal y como lo presentan, el deterioro de la vía no solo trae problemas operacionales de la infraestructura, también problemas de salud pública y de inconformidad de la población.

### **Interesados del proyecto**

En la Tabla 5-1, se presentan los interesados del proyecto, sus intereses y contribución. Lo anterior fue realizado por el municipio.

### **Ítem 1B Coordinación con los planes y programas del gobierno nacional**

#### **Coordinación con los planes y programas del gobierno nacional**

Dentro de los planes y programas del gobierno, se encuentra “La Transformación del Campo” cuyo objetivo es “cerrar las brechas urbano-rurales y sentar las bases para la movilidad social”, razón por la cual es un propósito del gobierno nacional el garantizar el acceso a las comunidades y a la población en general por medio de vías de comunicación que cumplan con los estándares y calidad para la correcta movilidad de sus pobladores. Como entidades encargadas, se le fue asignado a FONADE y el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Los cuales realizaron su respectiva visita de campo y encontraron lo siguiente:

**a.** No se evidencian vista procesos erosivos importantes ni deslizamientos, salvo en el corregimiento La Riviera donde hay un proceso erosivo incipiente y podría pensarse en una estabilización. y **b.** En el corregimiento El Tambor cuenta con cruces del servicio de acueducto y alcantarillado, por lo que deberán tenerse presente el manejo de redes en el diseño definitivo, adicional al manejo de la señalización en este punto para evitar accidentes.

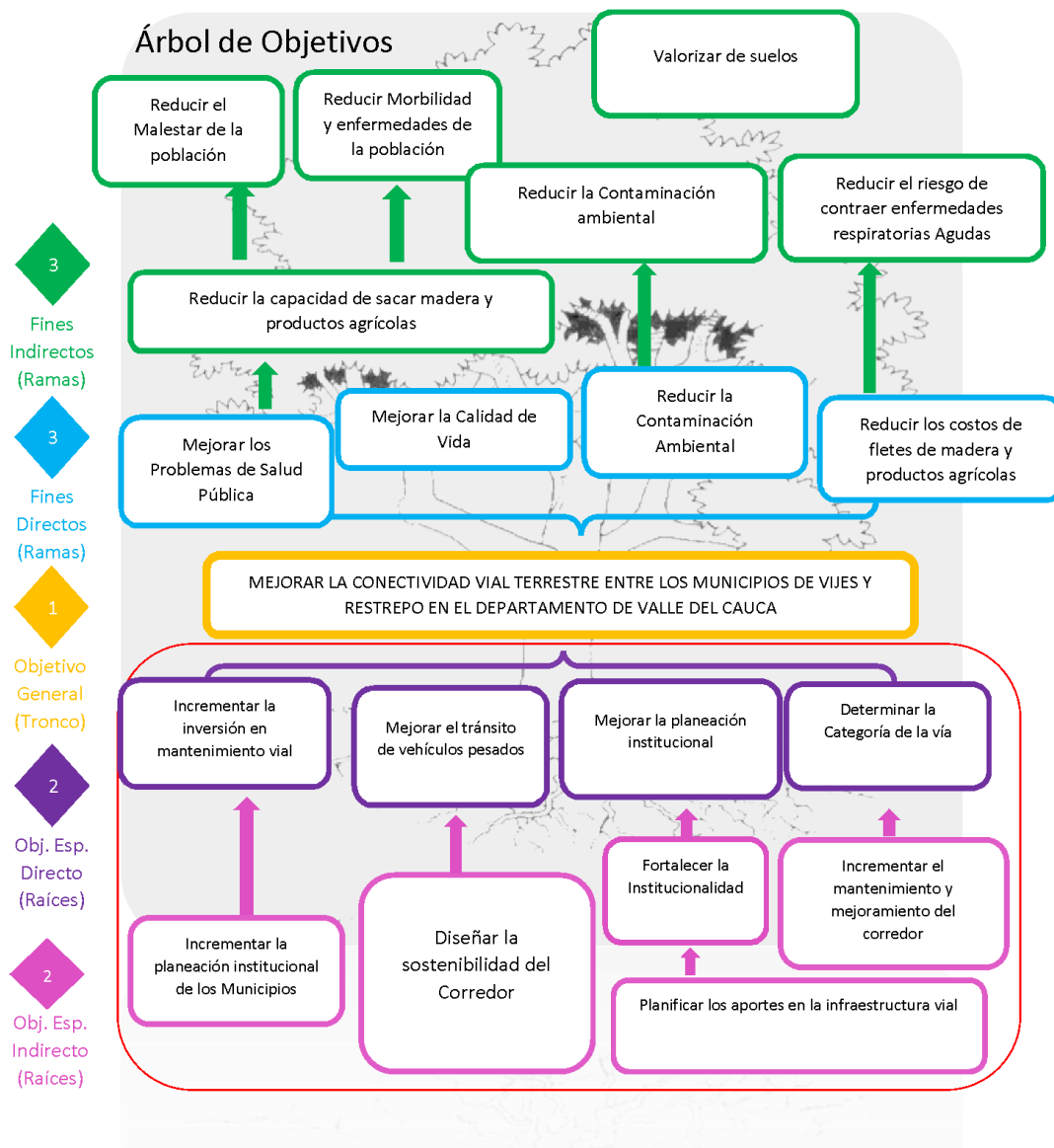


Figura 5-1 Árbol de Objetivos Fuente: Perfil del Proyecto Contrato FOANDE 215050 (2016)

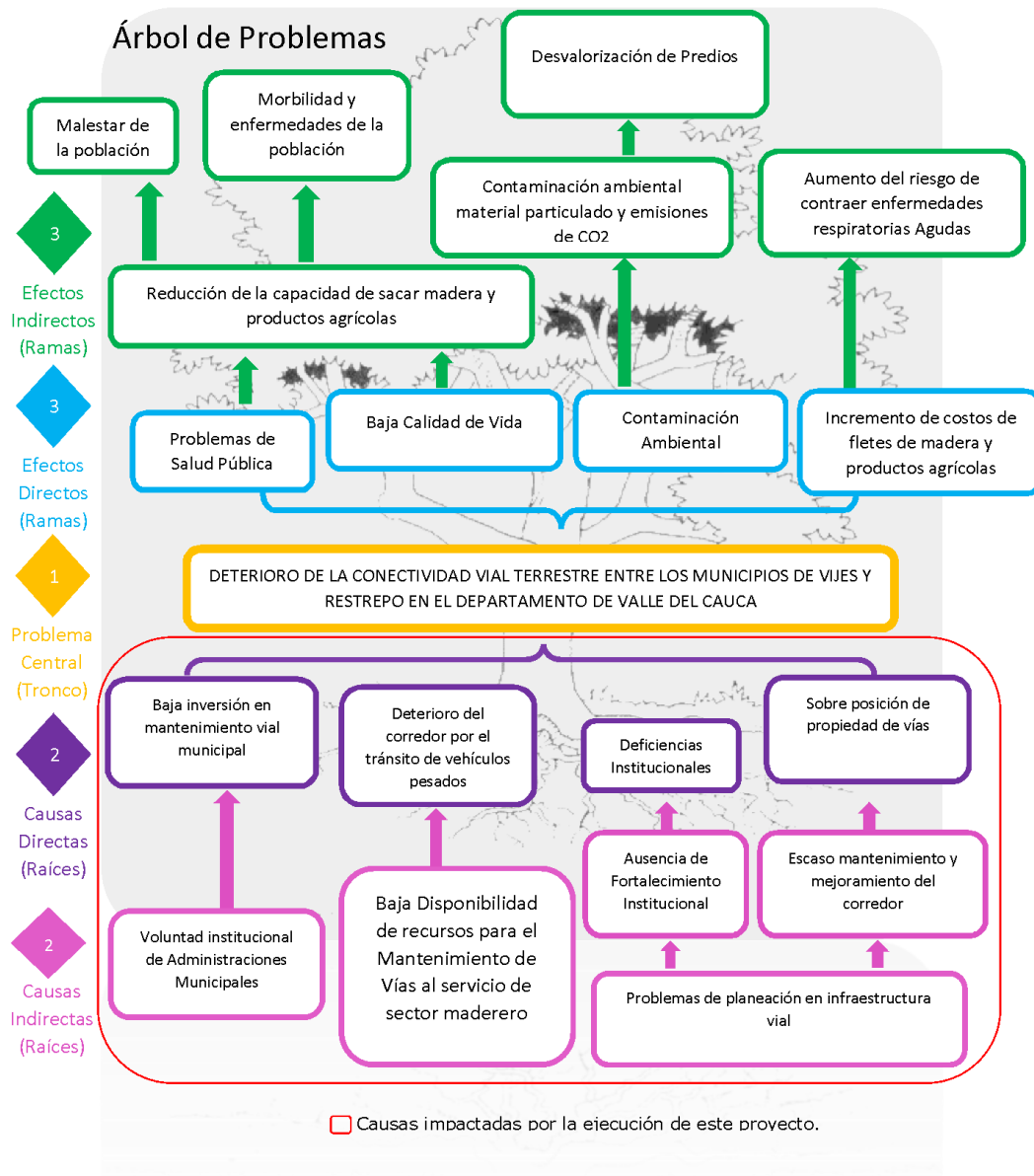


Figura 5-2 Árbol de Problemas Fuente: Perfil del Proyecto Contrato FOANDE 215050 (2016)

Tabla 5-1 Interesados del proyecto

Actor	Interés-Expectativa	Posición	Contribución o Gestión
<b>Gobernación de Valle del Cauca</b>	Le interesa el proyecto porque mediante la ejecución de este se mejora el PIB regional y mejora la conectividad con las vías nacionales.	Beneficiario	<b>Técnica y Financiera.</b>
<b>Municipios de Vijes y Restrepo en el departamento de Valle del Cauca</b>	Le interesa el proyecto porque mediante la ejecución de este se mejoran las condiciones de salubridad, calidad de vida de la población, incrementa la producción agrícola y mejora la conectividad con las vías nacionales	Beneficiario	<b>Técnica y Financiera.</b>
<b>Corporación Autónoma Regional de Valle del Cauca (CVC)</b>	Le interesa el proyecto por los efectos ambientales positivos que conlleva. A su vez se encargaría de expedir las licencias, autorizaciones o permisos que tengan lugar para la operación del proyecto.	Cooperante	<b>Técnica.</b>
<b>Usuarios del Proyecto – Habitantes de los municipios de Vijes y Restrepo en el departamento de Valle del Cauca. INVIAS</b>	Mejoramiento de la calidad de vida y salud de la población. Incremento en los ingresos por el no deterioro de los vehículos. Mejora en los tiempos de desplazamiento. Incremento en el valor de la tierra. Expiden la normatividad del sector y controlan su cumplimiento.	Beneficiario Cooperante	<b>Acompañamiento.</b> Se requiere además de realizar la sociabilización del proyecto con la población, hacerla participe durante la ejecución del proyecto para que la solución propuesta responda a sus expectativas. <b>Técnica y financiera.</b> Acompañamiento para garantizar el cumplimiento de la normatividad.
<b>Departamento Nacional de Planeación - DNP</b>	Ayudar a las administraciones departamentales y municipales al desarrollo de proyectos de alto impacto.	Cooperante	<b>Técnica, jurídica y financiera.</b> Acompañamiento para garantizar el cumplimiento de la normatividad.
<b>Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo FONADE.</b>	Desarrollar la estructuración integral de proyectos de alto impacto, fortaleciendo las capacidades de las administraciones departamentales y municipales en la gestión y estructuración de proyectos.	Cooperante	<b>Técnica, jurídica y financiera.</b> Acompañamiento para garantizar el cumplimiento de la normatividad.

Fuente: Perfil del Proyecto Contrato FOANDE 215050 (2016)

Ítem 1C Identificar las posibles alternativas de solución

**Alternativas de solución**

Como alternativa de solución, el municipio establece el mejoramiento de la vía que conecta Vijes con Restrepo acompañado de los siguientes estudios:

- Estudios de tránsito y seguridad vial
- Estudio de Diseño Geométrico
- Estudio de geología, geotecnia y pavimentos
- Estudio hidráulico
- Estudio social y ambiental
- Estudio financiero y presupuesto
- Estudio legal y predial

**PRODUCTO 2. DOCUMENTO RESUMIDO QUE DESCRIBE LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO**

Ítem 2A Presentar información respecto al contexto general y contractual del proyecto e  
Ítem 2B Establecer la localización general del proyecto.

Con el propósito de propender el cierre de brechas entre la comunidad campesina y las cabeceras municipales, el gobierno nacional ha definido para la consolidación de la Paz, la Equidad y la Educación, la “Transformación del Campo” como una de las estrategias transversales y regionales establecida en el Plan Nacional de Desarrollo cuyo objetivo es “cerrar las brechas urbano-rurales y sentar las bases para la movilidad social”, razón por la cual es un propósito del gobierno nacional el garantizar el acceso a las comunidades y a la población en general por medio de vías de comunicación que cumplan con los estándares y calidad para la correcta movilidad de sus pobladores.

El corredor que conduce del municipio de Vijes al municipio de Restrepo es una vía sin pavimentar y con deficiencias en el sistema de drenaje a todo lo largo. El primer tramo que corresponde al corregimiento de Villa María se evidenció que se usa para el transporte de madera pino y eucalipto para la comercialización industrializada de cartón en Colombia, por lo que deberá tenerse en cuenta el tránsito de transporte pesado en el diseño de la pavimentación.

El alcance de la estructuración comprende el desarrollo de Estudios y Diseños de 14.3 km pertenecientes al municipio de Vijes y 3.5 km del municipio de Restrepo, que posteriormente conectan al lago Calima y la salida hacia Buenaventura, con lo cual la longitud total estimada del proyecto es de 17.8 km. Debido a que la vía no hace parte de la red nacional de carreteras no cumple con los parámetros descritos en la Ley 105 de 1993. En la Figura 5-3 se muestra la localización general del proyecto y las principales vías que dan accesibilidad al mismo.

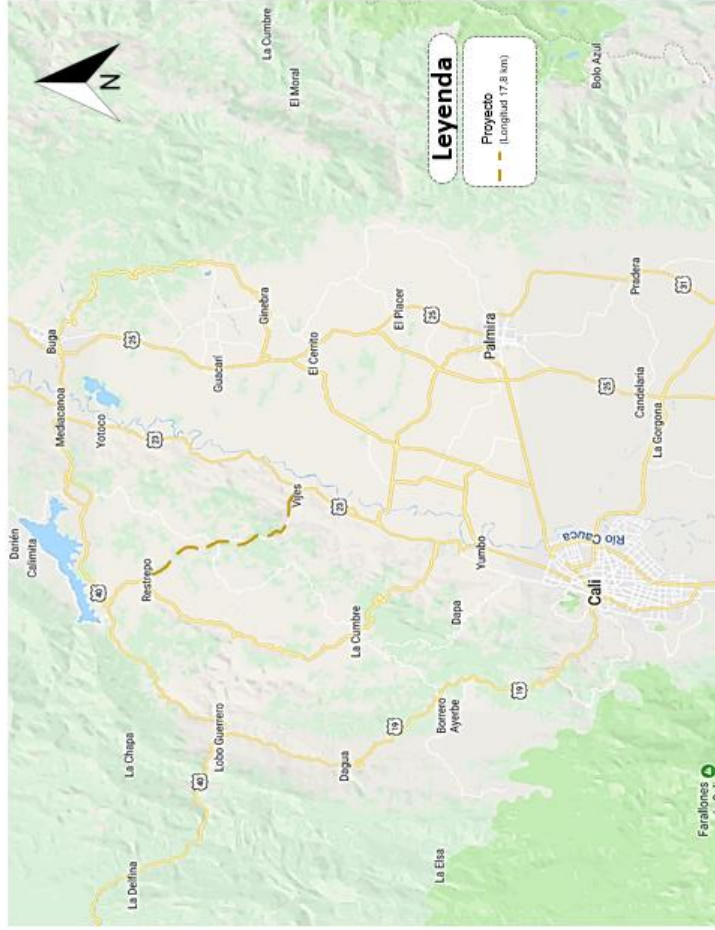
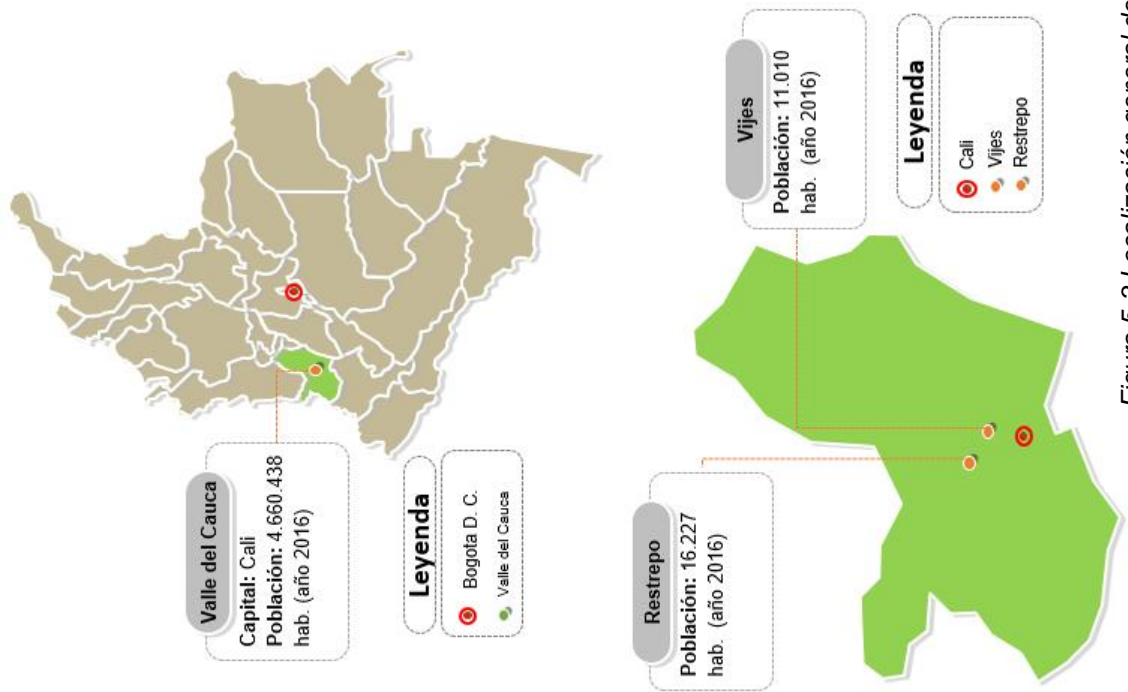


Figura 5-3 Localización general del Proyecto Fuente: Elaboración propia a partir de Google maps



### **PRODUCTO 3. DOCUMENTO QUE CONTIENE LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

#### Ítem 3A Definición del objetivo general

##### **Objetivo general**

El objetivo general consiste en estimar la demanda vehicular que circulará por el corredor vial entre los municipios de Vijes y Restrepo a partir de la recopilación, revisión y análisis de información existente del corredor vial y su área de influencia.

#### Ítem 3B Definición de los objetivos específicos

##### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos que se plantean son los siguientes:

- Realizar un diagnóstico de información existente recopilada para el corredor vial Vijes - Restrepo, con el fin de establecer los estudios e información oficial previa que sirven como insumo para la ejecución del estudio.
- Recopilar información secundaria tal como indicadores de crecimiento del tránsito (estadísticas de crecimiento poblacional a nivel departamental y municipal, Producto Interno Bruto (PIB) por departamento y sectores de actividad económica) y series históricas de evolución del tránsito
- Determinar los parámetros de tránsito que sirvan de insumo para el desarrollo del diseño geométrico (planta, perfil y sección transversal).
- Calcular el Tránsito Promedio Diario (TPD) que circula por cada uno de los tramos de estudio cuando se pongan en funcionamiento el proyecto respectivo, discriminado autos, buses y camiones.
- Estimar la capacidad y niveles de servicio del corredor vial evaluado dentro de su periodo de operación

### **PRODUCTO 4. DOCUMENTO QUE CONTIENE LA DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE FORMA DETALLADA Y JUSTIFICADA CON SU RESPECTIVA REPRESENTACIÓN GRÁFICA**

#### Ítem 4A Definición del área de influencia según su alcance geográfico

El área de influencia desde el punto de vista de la movilidad se define como el espacio que puede ser afectado por las obras y acciones a realizar en la zona del proyecto. En el caso particular de este estudio, tal y como se presenta en la Figura 5-4, el área de influencia de acuerdo con su alcance geográfico se considera como Región, ya que corresponde a un área de estudio total de la región comprendida por los municipios de Vijes, Restrepo, Buga y Yumbo donde se involucran todos los corredores principales y conectados entre sí. Además, tiene en cuenta la disponibilidad de múltiples rutas y diferentes proyectos ejecutados alrededor del proyecto.

#### Ítem 4B Definición del área de influencia según su impacto

En relación con su impacto, el área de influencia directa involucra la zona más próxima del corredor (un área aferente), donde se llevará a cabo la ejecución del proyecto principalmente la conexión Vijes – Restrepo, adicionalmente, de manera indirecta se tendrán en cuenta las variaciones de tránsito de los demás corredores impactados por el proyecto.

#### Ítem 4C Definición del corte temporal del proyecto

En relación con el corte temporal del proyecto, se considera como año base 2016, es decir, la información recopilada corresponde al respectivo año. Adicionalmente, se asignó un periodo de proyección de 20 años donde se estima el tránsito futuro que recorrerá el proyecto.

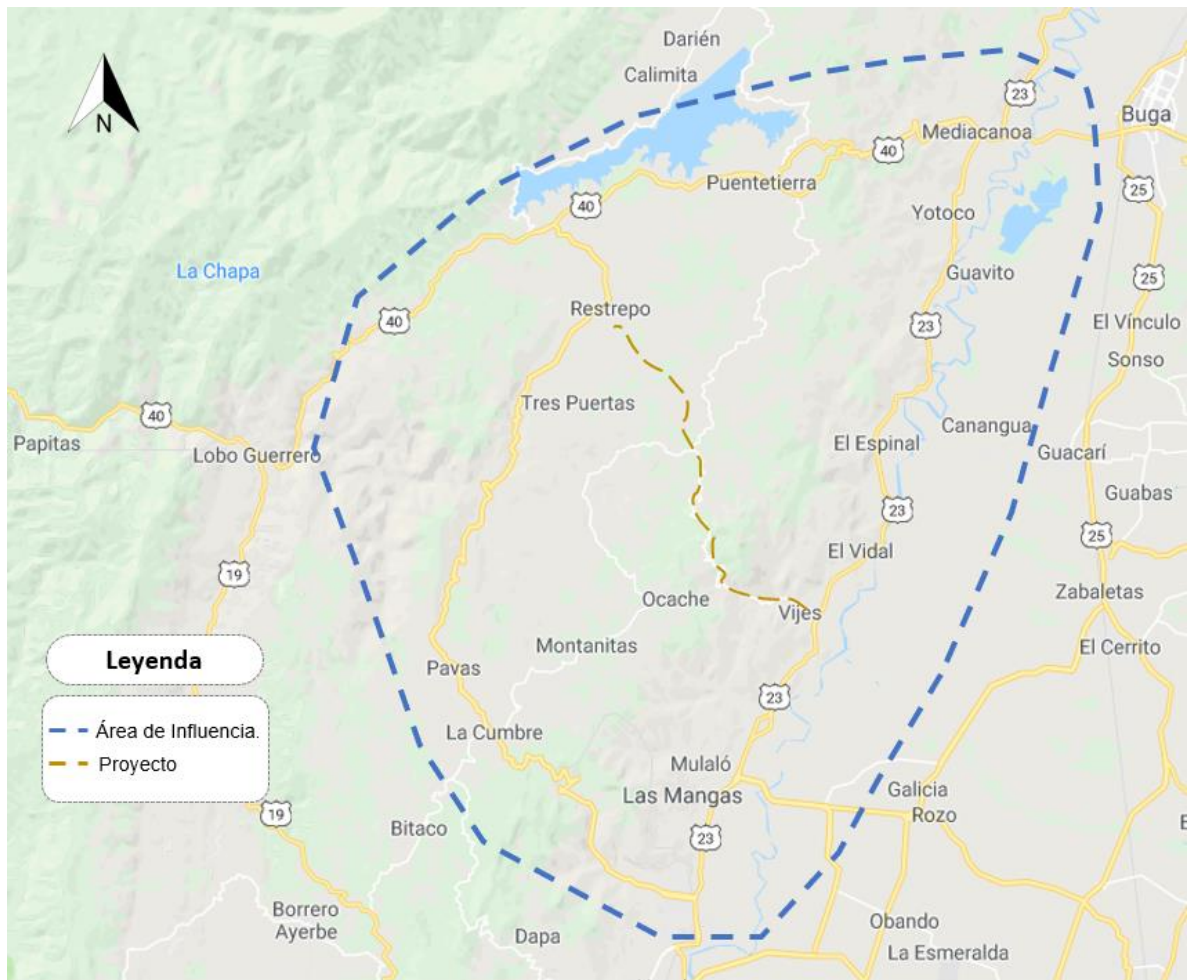


Figura 5-4 Área de influencia Fuente: Elaboración propia a partir de Google maps

**PRODUCTO 5. DOCUMENTO POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA Y LA ENTIDAD CONTRATANTE CON LA APROBACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA**

Ítem 5A Coordinación del área de influencia

En el respectivo producto, el consultor debe recibir por parte de la interventoría o la entidad contratante la aprobación del área de influencia definida previamente. Cabe resaltar que el área de influencia seleccionada debe estar en concordancia con las demás especialidades con el objetivo de evitar cambios y problemas en otra etapa del proyecto.

## **PRODUCTO 6. DOCUMENTO QUE CONTIENE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA RECOPIADA ACOMPAÑADA DE ANEXOS Y BASES DE DATOS**

### Ítem 6A Recopilación de información referente a la geografía económica de la región

#### **GEOGRAFÍA ECONÓMICA DE LA REGIÓN**

Dada la relación existente entre la movilidad, el territorio y sus habitantes, se encuentra indispensable analizar la geográfica económica de la región, identificando variables que en etapas posteriores permitan explicar la dinámica de la movilidad entre los municipios (por ejemplo, la generación de viajes). De esta forma, a continuación, se presenta un análisis de la información recopilada y se identifican los actores relevantes dentro de la movilidad. En el Anexo 1 Bases de datos recopilación de información, se presentan las respectivas bases de datos.

#### **Crecimiento demográfico**

De acuerdo con las proyecciones poblacionales realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2005) para el año 2018 el municipio de Vijes tiene una población total de 11.409 habitantes, los cuales están compuesto por 5.912 hombres y 5.497 mujeres. A partir del Censo de 2005 (DANE, 2005), los tres grupos etarios con mayor peso en la población del municipio corresponden en su orden a: primero, el rango de 10 a 14 años; segundo, el rango de 15 a 19 años; y tercero, el rango de 5 a 9 años, como lo muestra la Figura 5-5a. De acuerdo con la Figura 5-5b., la estructura de población del municipio evidencia el efecto de la migración por sexo y edad, y sobre mortalidad masculina.

Así mismo, para el municipio de Restrepo, el DANE (2005) proyecta para el año 2018 una población total de 16.365 habitantes, los cuales están compuestos por 8.078 hombres y 8.827 mujeres. A partir del Censo de 2005 (DANE, 2005), los tres grupos etarios con mayor peso en la población del municipio corresponden en su orden a: primero, el rango de 10 a 14 años; segundo, el rango de 5 a 9 años; y tercero, el rango de 0 a 4 años, como lo muestra la Figura 5-6a. De acuerdo con Figura 5-6b, la estructura de población del municipio evidencia el efecto de la migración por sexo y edad, y sobre mortalidad masculina.

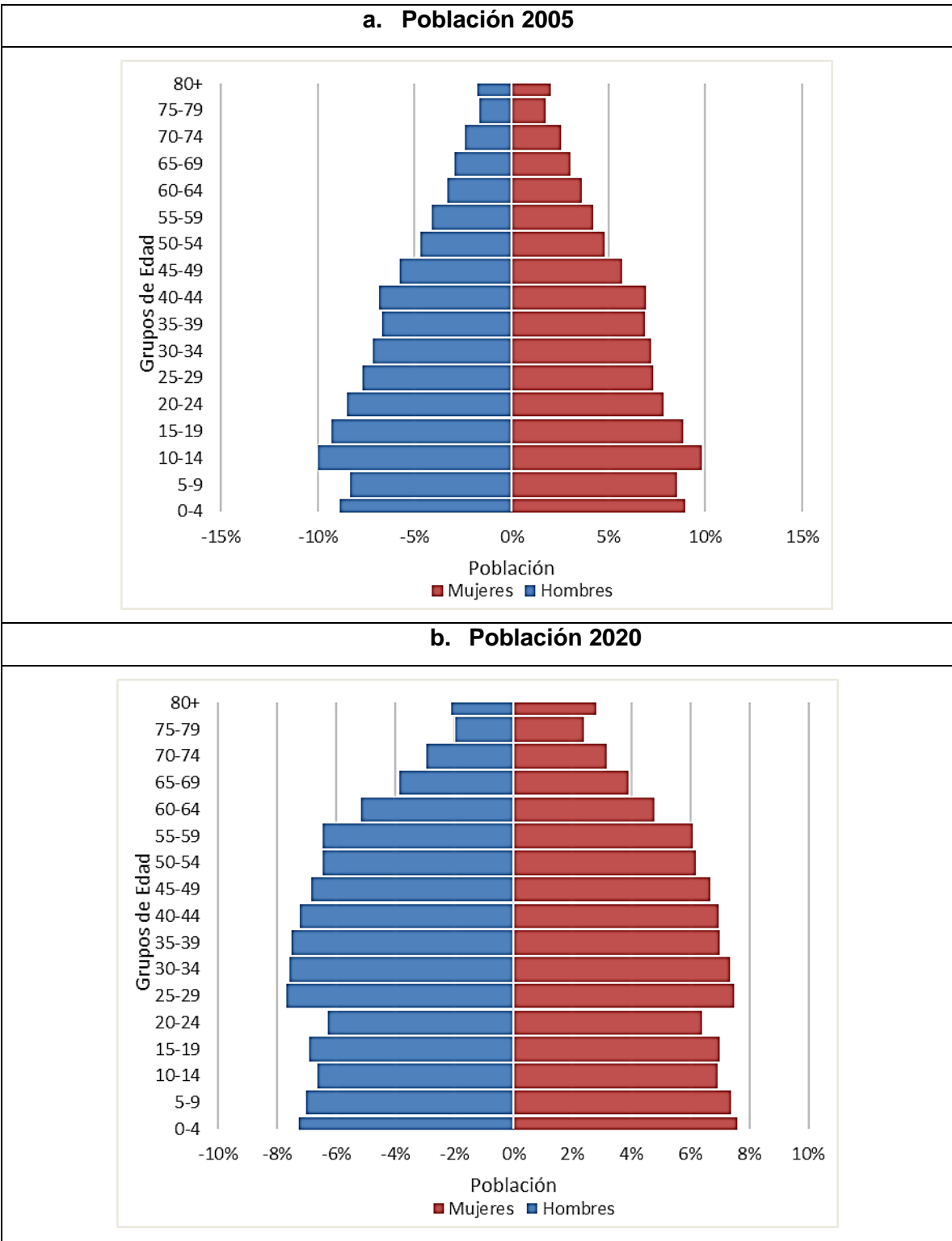


Figura 5-5 Pirámides Poblacionales Vijas 2005 – 2020 Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por el DANE

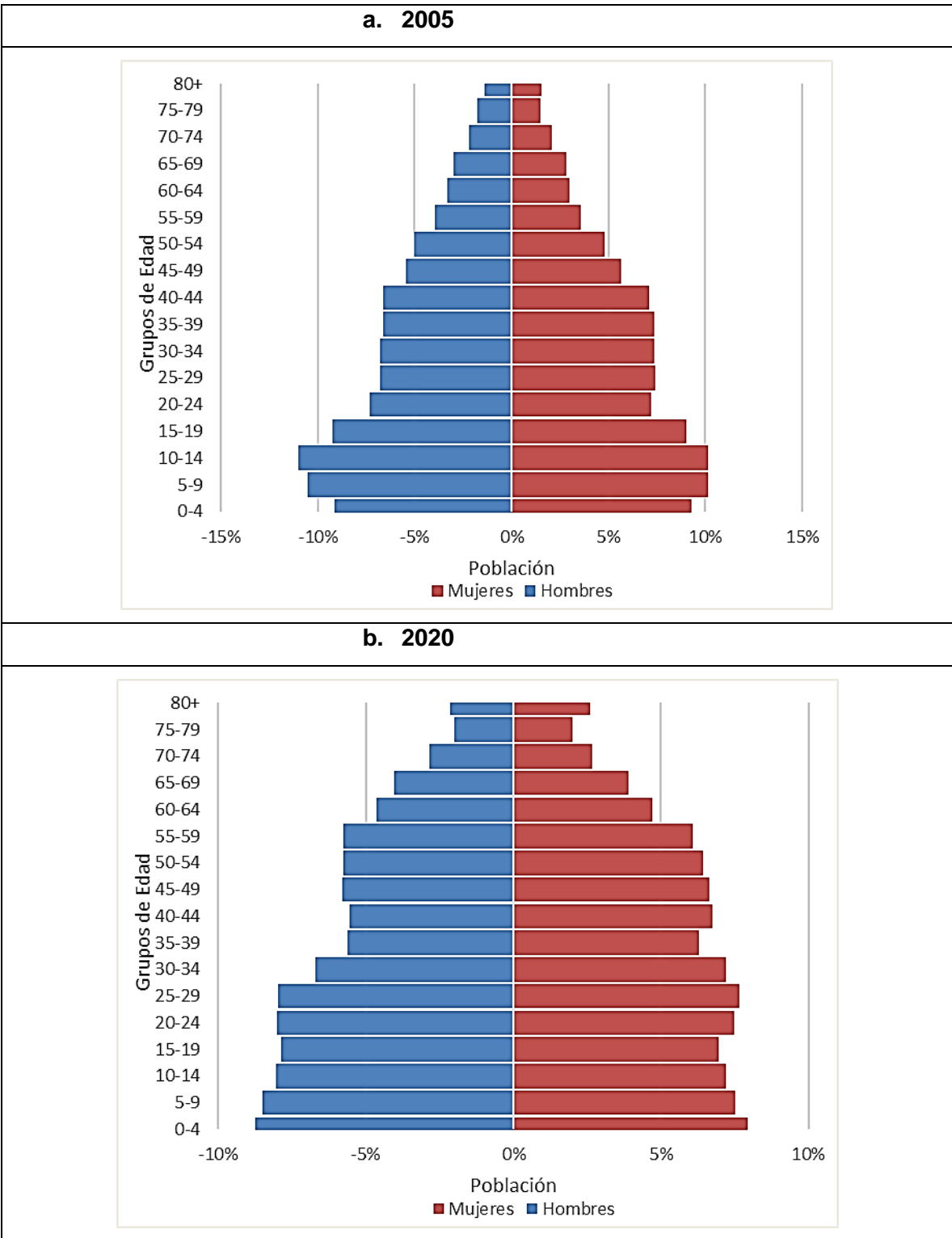


Figura 5-6 Pirámides Poblacionales Restrepo 2005 – 2020 Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por el DANE

## **Producto Interno Bruto**

De acuerdo con la Cámara de Comercio de Cali (2017), el PIB departamental registró un crecimiento anual de 2,6%. En relación con las actividades agropecuarias, la producción de carne de cerdo y carne de pollo en el Valle del Cauca aumentaron llegando a 57,4 mil toneladas (participación 16% a nivel nacional) y 177 mil toneladas (participación 16% a nivel nacional) en 2016, respectivamente, superando los registros de Cundinamarca (8,9%) y Antioquia (11,6%). De otra parte, la molienda de caña disminuyó 4,0% en 2016, al pasar de 22,3 millones de toneladas en 2015 a 21,4 millones en 2016.

Además, la Cámara de Comercio de Cali (2017) presenta que, para el sector manufacturero, la producción industrial disminuyó 1,2% en 2016. Esta disminución se debe a la menor dinámica de los subsectores de confitería (-24,8%), hierro y fundición (-16,0%) y alimentos (-11,7%). En contraste, los sectores de bebidas (14,2%), farmacéuticos (10,8%) y confecciones (9,6%) registraron variaciones positivas.

En relación con la construcción, la Cámara de Comercio de Cali (2017) estima que los despachos de cemento en el Valle del Cauca pasaron de 983.558 toneladas en 2015 a 1.001.231 toneladas en 2016, lo que significó un crecimiento de 1,8%. Asimismo, la producción de concreto registró una variación anual de 3,5% en 2016, la segunda más alta entre los principales departamentos, después de Atlántico (10,1%): Bogotá (-14,2), Santander (-16,6) y Antioquia (-18,1). En relación con el área de obras nuevas de vivienda, su capital registró un crecimiento anual de 53,4% en 2016.

Respecto a las demás actividades, se presentó aumento en el consumo y comercio interno y las remesas y comercio exterior. En la Figura 5-7, se presenta el comportamiento año a año de las diferentes actividades económicas de la región basado en los registros del DANE.

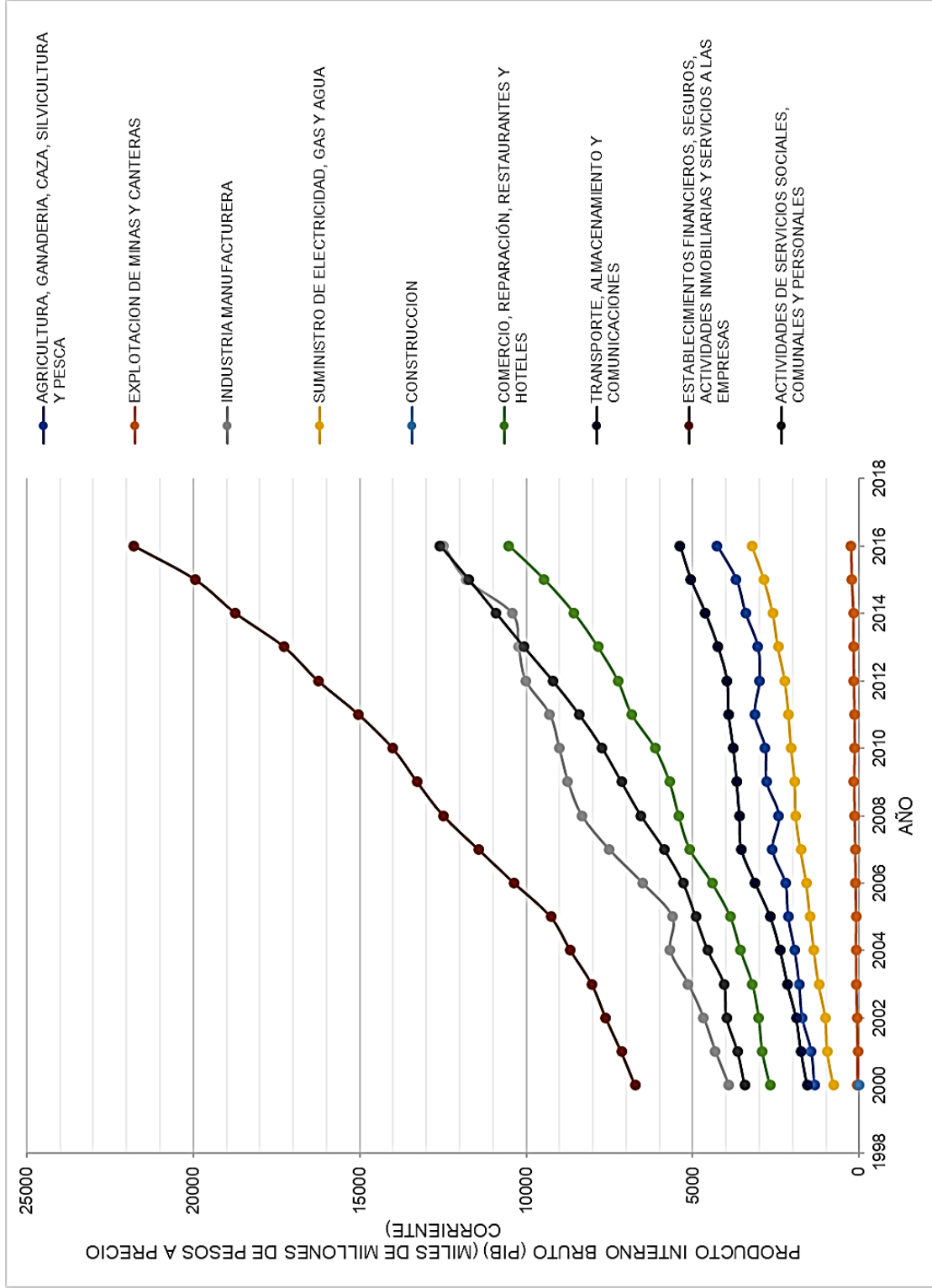


Figura 5-7 Variación del PIB por Actividades Departamento del Valle del Cauca Fuente: Elaboración propia a partir de Información del DANE



Ítem 6B Recopilación de información referente al diseño geométrico

**DISEÑO GEOMÉTRICO**

Dada las características del corredor actual, la especialidad geométrica planteo tres alternativas de mejoramiento con diferentes características geométricas que se ven reflejadas en la operación de la vía (principalmente en términos de velocidad). En la Tabla 5-2, se presentan los parámetros de diseño de cada una de las alternativas del proyecto.

*Tabla 5-2 Parámetros de diseño geométrico de cada una de las alternativas*

<b>Requisitos Técnicos</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
Longitud Aproximada (Km)	17,5	17,5	17,5
Número de calzadas mínimo (un)	1	1	1
Número de carriles por calzada mínimo (un)	2	2	2
Sentido de carriles (Uni o bidireccional)	Bidireccional	Bidireccional	Bidireccional
Ancho de carril mínimo (m)	3,50	3,50	3,50
Ancho de calzada mínimo (m)	7,00	7,00	7,00
Tipo de berma (Berma - Cuneta)	N/A	N/A	N/A
Ancho de berma mínimo (m)	1,00	1,00	0,5
Ancho de conformación de terraplén (m)	0,50	0,50	0,5
Cumplimiento de las condiciones mínimas previstas en el artículo 13 de la Ley 105 de 1993 (s/n)	No	No	No
Funcionalidad (Primaria-Secundaria)	Secundaria	Secundaria	Secundaria
Acabado de la rodadura (Flexible – Rígido)	Flexible o Rígido	Flexible o Rígido	Flexible o Rígido
Velocidad de diseño mínimo (km/h)	20 - 40	40	60
Radio mínimo (m)	Existente	41	41
Pendiente mínima (%)	Existente	Existente	Existente
Pendiente máxima (%)	Existente	Existente	Existente
Kmin curva cóncava	Existente	9,0	-
Kmin curva convexa	Existente	4,0	-
Longitud mínima de Curva Vertical	Existente	24	-
Ancho mínimo de separador central (m)	N/A	N/A	N/A



### Estación- 881: Fábrica de Cementos del Valle -Yumbo

En la Tabla 5-3, se presenta el TPD (INVIAS, 2015) desde el año 1997 hasta 2015 y su respectiva composición. En la Figura 5-9, se presenta la información gráficamente.

Tabla 5-3 *Transito Promedio Diario Estación 881 Fábrica de Cementos del Valle - Yumbo*

<b>Año</b>	<b>TPD</b>	<b>%A</b>	<b>%B</b>	<b>%C</b>
1997	22555	68	10	22
1998	21387	71	9	20
1999	19410	71	9	20
2000	18706	65	15	20
2001	19503	66	15	19
2002	20763	62	16	22
2003	24021	61	19	20
2004	20225	60	18	22
2005	21687	55	21	24
2006	17879	52	11	37
2007	23551	60	17	23
2008	24424	60	16	24
2009	19619	60	15	25
2010	20516	52	19	29
2011	26722	49	18	33
2012	17212	52	19	29
2013	24322	53	14	33
2014	15695	39	18	43
2015	17562	49	14	37

Fuente: INVIAS (2015)

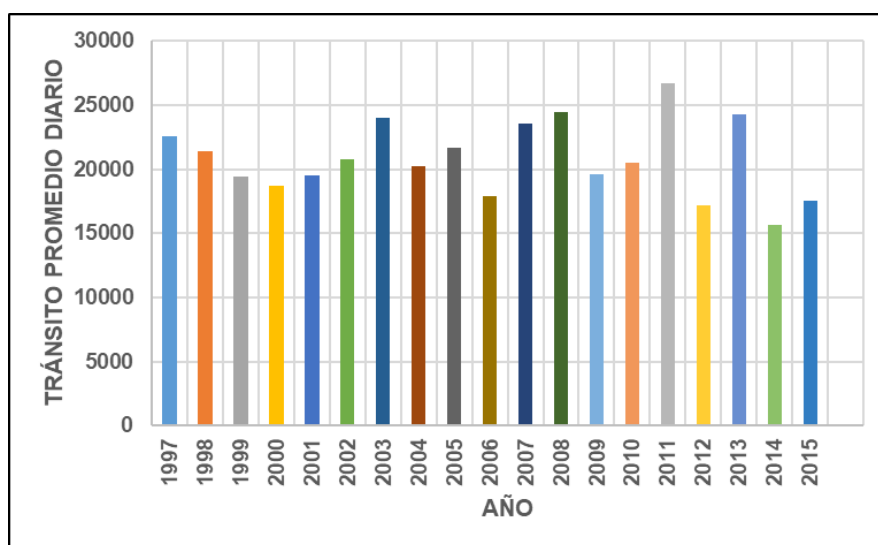


Figura 5-9 *Transito Promedio Diario Estación 881 Fábrica de Cementos del Valle – Yumbo* Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015)

### Estación 270: Vijes –Mediacanoa

En la Tabla 5-4, se presenta el TPD (INVIAS, 2015) desde el año 1997 hasta 2015 y su respectiva composición. En la Figura 5-10, se presenta la información gráficamente.

*Tabla 5-4 Transito Promedio Diario Estación 270: Vijes –Mediacanoa*

<b>Año</b>	<b>TPD</b>	<b>%A</b>	<b>%B</b>	<b>%C</b>
1997	7787	67	2	31
1998	6146	68	3	29
1999	5896	68	3	29
2000	5858	65	4	31
2001	6309	66	4	30
2002	7003	56	13	31
2003	8003	57	12	31
2004	7459	61	13	26
2005	7291	48	15	37
2006	8501	52	17	31
2007	8438	49	17	34
2008	9196	47	13	40
2009	5872	37	17	46
2010	6075	43	12	45
2011	3492	39	5	56
2012	6095	38	8	54
2013	6235	38	6	56
2014	8100	40	10	50
2015	7839	42	6	52

Fuente: INVIAS (2015)

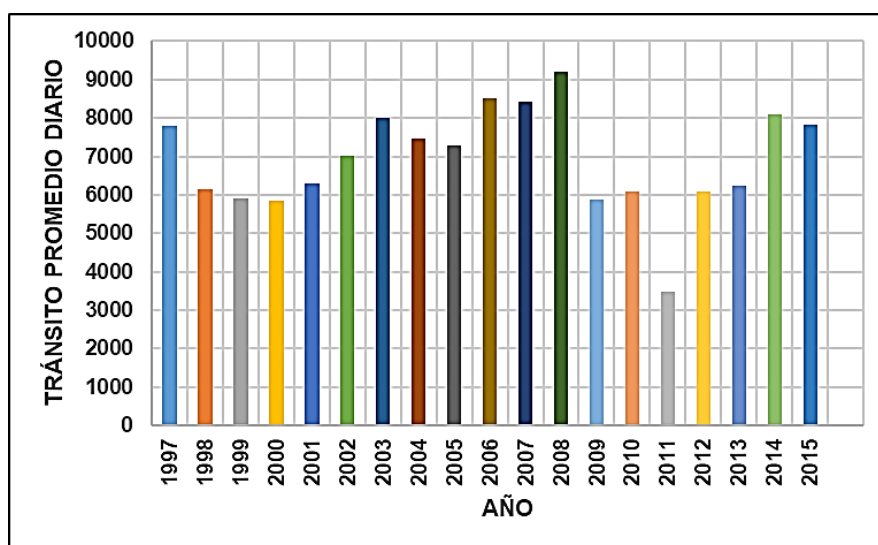


Figura 5-10 Transito Promedio Diario Estación 270: Vijes –Mediacanoa Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015)

### Estación 271: Loboguerrero – Mediacanoa

En la Tabla 5-4, se presenta el TPD (INVIAS, 2015) desde el año 1997 hasta 2015 y su respectiva composición. En la Figura 5-10, se presenta la información gráficamente.

Tabla 5-5 Transito Promedio Diario Estación 271: Loboguerrero – Mediacanoa

Año	TPD	%A	%B	%C
1997	2790	46	6	48
1998	3477	45	5	50
1999	2715	50	2	48
2000	3030	48	2	50
2001	3212	53	4	43
2002	2874	45	4	51
2003	3498	40	4	56
2004	3780	67	5	28
2005	3063	36	6	58
2006	2482	35	7	58
2007	3337	31	6	63
2008	3620	29	5	66
2009	3803	33	6	61
2010	4699	23	4	73
2011	3867	22	4	74
2012	4246	26	5	69
2013	4408	23	5	72
2014	5437	27	4	69
2015	5821	36	4	60

Fuente: INVIAS (2015)

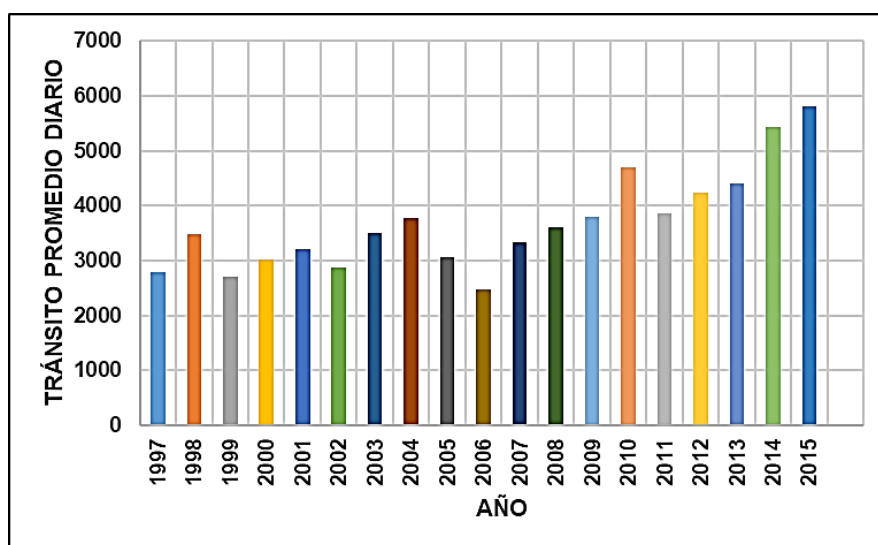


Figura 5-11 Transito Promedio Diario Estación 271: Loboguerrero – Mediacanoa Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015)

### Estación 269: Yumbo – Vijos

En la Tabla 5-6, se presenta el TPD (INVIAS, 2015) desde el año 1997 hasta 2015 y su respectiva composición. En la Figura 5-12, se presenta la información gráficamente.

*Tabla 5-6 Transito Promedio Diario Estación 269: Yumbo – Vijos*

<b>Año</b>	<b>TPD</b>	<b>%A</b>	<b>%B</b>	<b>%C</b>
1997	8531	69	3	28
1998	7027	71	3	26
1999	6631	60	13	27
2000	6828	66	5	29
2001	7926	63	8	29
2002	7598	62	10	28
2003	8190	55	11	34
2004	9056	61	15	24
2005	8794	54	14	32
2006	10574	52	17	31
2007	9745	53	14	33
2008	10374	46	16	38
2009	8698	45	18	37
2010	8032	46	13	41
2011	5609	50	7	43
2012	7315	46	9	45
2013	8599	44	8	48
2014	8630	44	7	49
2015	10075	45	7	48

Fuente: INVIAS (2015)

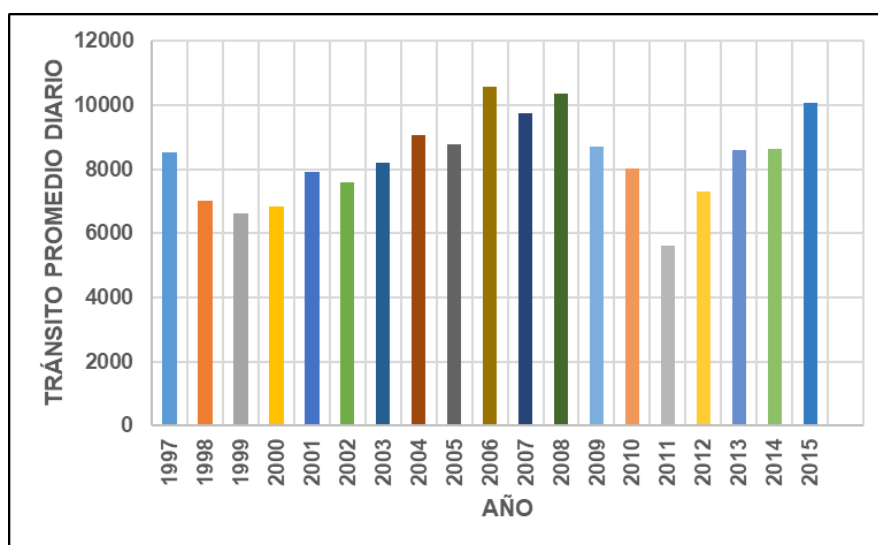


Figura 5-12 Transito Promedio Diario Estación 269: Yumbo – Vijos Fuente: Elaboración propia a partir de INVIAS (2015)

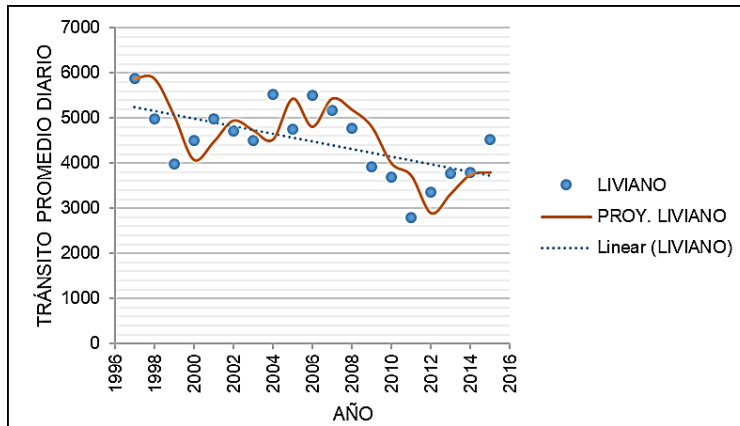
Con el fin de entender el comportamiento del tránsito del tramo vial evaluado, se realizó su respectivo análisis econométrico con el objetivo de estimar su comportamiento futuro. La Suavización Exponencial es un método para pronosticar la demanda. Estima que la demanda será igual a la media de los consumos históricos dentro de un periodo dato. Además, tiene en cuenta el error pronóstico actual de cada uno de los siguientes pronósticos. El análisis de regresión es otro método utilizado, en este, se agrupa la demanda (variable dependiente) con una o más variables independiente. Es conocida por ser conservadora en sus pronósticos. En la Tabla 5-7, se presenta el cálculo de los estadísticos y su representación gráfica.

*Tabla 5-7 Indicadores Estadísticos Estación 269 Yumbo - Vijas*

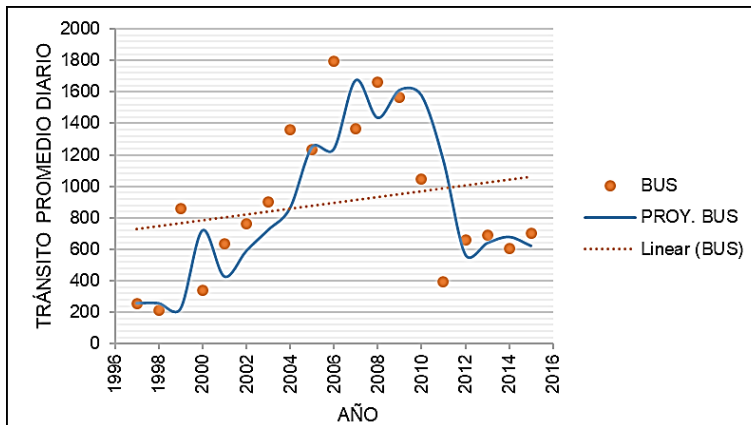
<b>Liviano</b>		<b>Bus</b>		<b>Camión</b>	
<b>Suavización Exponencial Simple</b>		<b>Suavización Exponencial Simple</b>		<b>Suavización Exponencial Simple</b>	
$\alpha$	0,91	$\alpha$	0,78	$\alpha$	0,83
MAPE*	13%	MAPE*	38%	MAPE*	16%
* Error Porcentual Absoluto Medio		* Error Porcentual Absoluto Medio		* Error Porcentual Absoluto Medio	
<b>Regresión Lineal</b>		<b>Regresión Lineal</b>		<b>Regresión Lineal</b>	
m	83,83	m	18.48	m	133.24
b	172.641	b	-36.168,7	b	-264.324,26
$r^2$ *	0,36	$r^2$ *	0,12	$r^2$ *	0,73
* Coeficiente de Determinación		* Coeficiente de Determinación		* Coeficiente de Determinación	

*Fuente: Elaboración Propia a partir de información INVIAS (2015)*

### LIVIANO



### BUS



### CAMIÓN

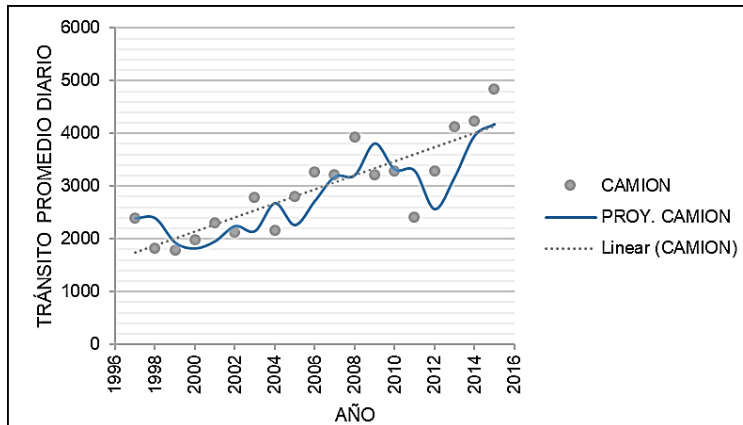


Figura 5-13 Proyecciones Liviano, Bus y Camión Fuente: Elaboración Propia a partir de información INVIAS (2015)



Ítem 6D Recopilación de información referente a estudios previos – No aplica – Dado que se considera un proyecto nuevo, no tiene estudios previos, excepto el estudio de la identificación de la necesidad descrito al inicio del proyecto.

Ítem 6E Revisión de la validez temporal y espacial de la información secundaria recopilada

Las fuentes de información consultadas son de entidades públicas y carácter oficial. Además, de cubrir el área de influencia seleccionada previamente para el año de estudio. Por esta razón, la información será insumo para los diferentes análisis presentados a lo largo del documento.

**PRODUCTO 7. DOCUMENTO QUE CONTIENE LA METODOLOGÍA DE LA TOMA DE INFORMACIÓN Y APROBACIÓN DE ESTA POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA Y ENTIDAD CONTRATANTE**

Ítem 7A Elaboración de la metodología de toma de información – No aplica

En este caso, dado que el caso de estudio se encuentra en etapa de prefactibilidad y no es necesario la recopilación de información primaria, no aplica este producto. Sin embargo, tal y como se mencionó previamente, en el caso de aplicar este ítem, se debería describir los estudios de campo que se van a realizar para el proyecto, indicando por lo menos, los estudios a realizar, fechas y periodos de toma de información, tipologías, diseño experimental y tamaño muestral, formatos y otras herramientas.

**PRODUCTO 8. DOCUMENTO QUE PRESENTA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA ACOMPAÑADO DE ANEXOS Y BASES DE DATOS**

Ítem 8A Procesamiento de información del Inventario vial

Dado la etapa del proyecto, tan solo se realizó la inspección visual para el proyecto. El inventario vial tiene como objetivo, determinar la información básica de infraestructura para el desarrollo del estudio, tales como las características físicas de la infraestructura de transporte (tramos de la red vial), asimismo, se busca establecer la existencia de los diferentes dispositivos de control, tales como señalización vial y tipos de intersecciones (a nivel, de prioridad y a desnivel). A continuación, se relacionan las principales características recopiladas:

- ✓ Tipo de vía (jerarquización y geometría general): la vía objeto de estudio se clasifica dentro del rango de Vías municipales o Terciarias: estas vías dependen administrativamente de los municipios y enlazan las cabeceras municipales con las veredas y/o las veredas entre sí. Al igual que las vías departamentales. Funcionan en afirmado.
- ✓ Longitud: 17,8 km de los cuales 14,3 km pertenecientes al municipio de Vijes y 3,5 km del municipio de Restrepo.
- ✓ Estado de la vía: En términos generales y considerando el tipo de vía (terciaria), el estado de la mayor parte de la vía inspeccionada está en malas condiciones
- ✓ Sentido(s) de circulación: se identifica que la vía presenta doble sentido de circulación entre los municipios de Vijes y Restrepo
- ✓ Características geométricas (número de calzadas y carriles): presenta una calzada con un carril en sentido norte-sur y otra calzada con un carril en sentido sur-norte.
- ✓ Señalización: la vía no cuenta con señalización horizontal ni vertical para informar y orientar a los usuarios que transitan por esta de manera clara y segura. Cabe destacar el estado de deterioro que presentan algunas de las señales existentes en los accesos a minas.
- ✓ Pasos Peatonales: No se identifica la localización de un paso peatonal en la vía.

Ítem 8B Procesamiento de información de volúmenes de tránsito motorizados y no motorizados, Ítem 8C Procesamiento de información de velocidades e Ítem 8D Procesamiento de información de Encuestas de Preferencia Revelada y Preferencia Declarada – No aplica – Dada la etapa actual en la cual se encuentra el proyecto, no se recopiló este tipo de información.

**PRODUCTO 9. DOCUMENTO RESUMIDO QUE PRESENTE LA CALIBRACIÓN DEL AÑO BASE JUNTO A SUS CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES DE ACEPTACIÓN. LO ANTERIOR, DEBE ESTAR ACOMPAÑADO DE LOS ARCHIVOS DE SIMULACIÓN Y DEMÁS ARCHIVOS NECESARIOS PARA SU REVISIÓN**

Ítem 9A Selección de la herramienta de análisis de tránsito e Ítem 9B Entrada de datos a un software de simulación

Con el fin de cumplir con el objetivo de evaluación del proyecto, se ha decidido realizar un modelo de estimación de demanda que está en concordancia con el área de influencia seleccionada. Además, existe la suficiente información disponible para su ejecución. Para la realización del modelo, se hace uso de TransCAD, software especializado en temas de transporte que combina los sistemas de información geográfica y los modelos de transporte.

**MODELO DE DEMANDA DE TRANSPORTE**

Un modelo de Demanda de Transporte sigue 4 etapas. Este se construye a partir de una representación de la red vial y de las diferentes zonas entre las cuales se realizan los viajes, en este caso, corresponde a los diferentes municipios ubicados en el área de influencia del proyecto.

**COMPONENTES DEL MODELO DE TRANSPORTE**

El modelo de Estimación de Demanda de Transporte se codifica de la siguiente manera:

- a) **Zonificación:** son unidades espaciales del territorio con características similares que simplifican el proceso de modelación. El modelo actual presenta 9 zonas de transporte.
- b) **Enlaces:** representan la red vial de la ciudad y contienen información útil para la modelación como las características geométricas, operacionales y funcionales del enlace (véase Figura 5-14).
- c) **Nodos:** representan las intersecciones y puntos importantes del modelo; dentro de los puntos importantes, se resaltan los nodos de centroides, donde inician y terminan los viajes.

- d) **Matrices de viaje:** la información recopilada de los viajes es guardada dentro de una matriz y su tamaño es equivalente al número de zonas de transporte. Con el fin de facilitar la estimación de la Matriz OD, se utilizó la metodología recomendada por Ortúzar y Willumsen (2011) donde se obtiene la Matriz en función de una matriz semilla y aforos vehiculares, maximizando de la impedancia de desplazarse entre diferentes orígenes y destinos. la matriz inicial. Cabe resaltar que el correspondiente análisis se realizó en periodo diario, por esta razón fue necesario ingresar los volúmenes vehiculares en unidades de Tránsito Promedio Diario.

### Ítem 9C Calibración y validación del modelo

#### **MODELO DE SIMULACION MACROSCOPICA (ETAPA DE ASIGNACION)**

En 1952, el inglés John Glen Wardrop, presenta el principio del equilibrio del usuario que dice: “Bajo condiciones de equilibrio, el tránsito se acomoda en una red congestionada, de tal manera que todas las rutas utilizadas tienen el mínimo costo mientras que todas las rutas no utilizadas tienen un costo mayor”. Esta teoría asume que los usuarios buscan el equilibrio pensando en minimizar su costo. Este principio es utilizado en el proceso de asignación, dado que los usuarios utilizarán la ruta más corta (o de menor costo) desde su origen y destino. La función Flujo - Demora adoptada se presenta en la siguiente ecuación, donde se considera un periodo de 24 horas de evaluación:

$$T = T_0 \left( 1 + \alpha \left( \frac{V}{C} \right)^\beta \right)$$

Donde,

$\alpha$ ,  $\beta$  coeficientes de calibración

$V$ , Volumen vehicular

$C$ , Capacidad vehicular

$T_0$ , Tiempo a flujo libre

$T$ , Tiempo de recorrido en el enlace de acuerdo con el volumen asignado

En el Anexo 2 Modelo de Simulación Macroscópica, se presenta el modelo de simulación microscópica realizado para el respectivo caso práctico.

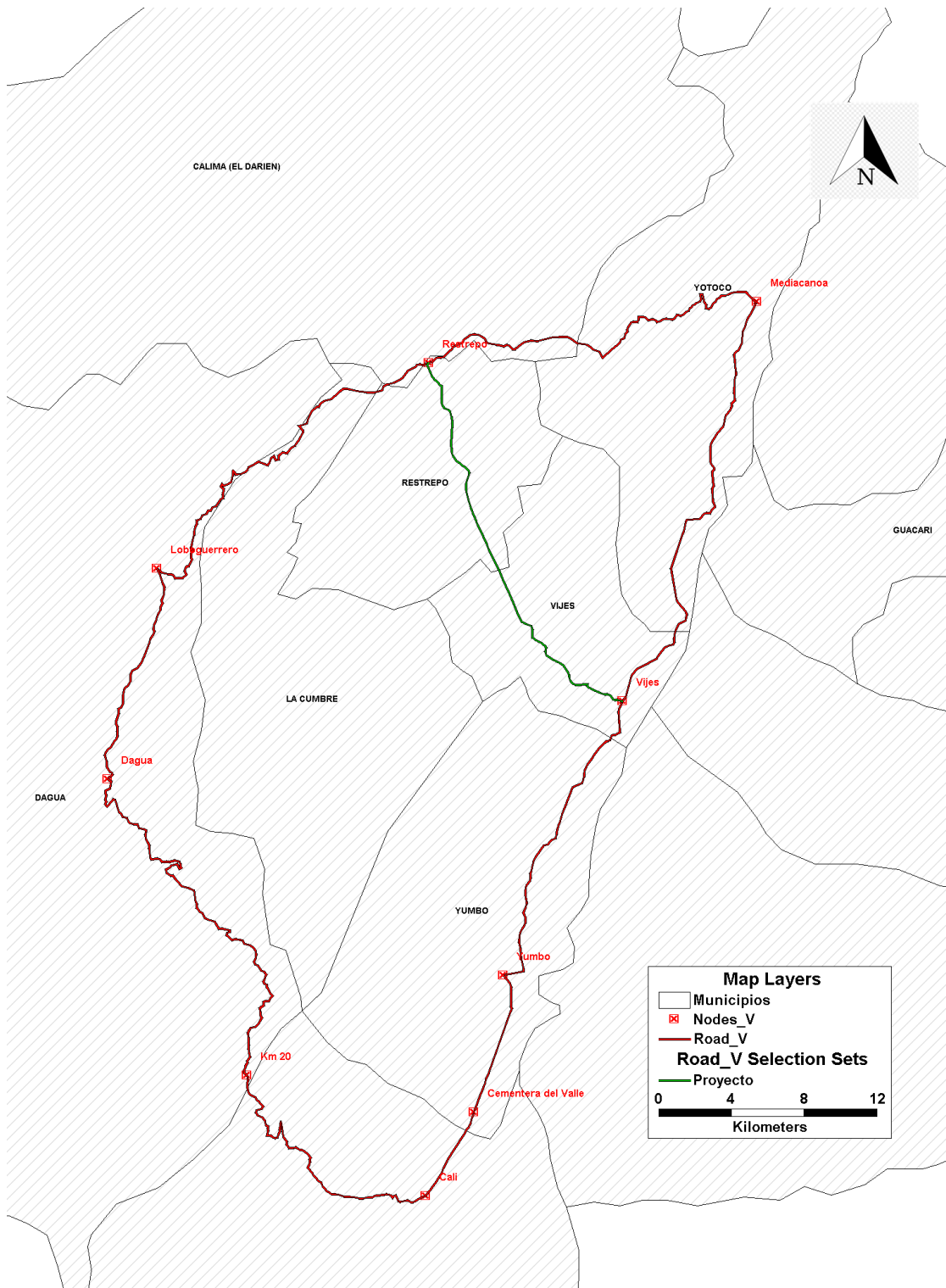


Figura 5-14 Zonas y enlaces para la situación actual y con proyecto Fuente: Elaboración propia

La capacidad diaria se asume como la capacidad horaria expandida por un factor de diario de expansión (YE, 2010). A continuación, en la Tabla 5-8, se presentan valores de velocidad, capacidad horaria y Parámetros de la Ecuación Flujo Demora propuestos por Guzmán & Vasallo (2013).

*Tabla 5-8 Velocidad, Capacidad y Función Flujo demora en función de su clasificación funcional*

Clasificación Funcional	Sección Transversal	Velocidad (Km/h)			Capacidad (Vehículos por hora por carril)			Función Flujo Demora (VDF) Parámetros		
		Terreno			Terreno			$\alpha$	$\beta$	
		L	R	M	L	R	M			
1	Autopistas con Peajes	3x3	100	90	70	2,000	1,800	1,700	2.00	10
		2x2	100	90	70	2,000	1,800	1,700	2.00	10
2	Autopistas sin Peaje	3x3	90	80	60	1,900	1,700	1,500	0.90	4
		2x2	90	80	60	1,900	1,700	1,500	0.90	4
3	Carretera Convencional	2x2	90	80	60	1,900	1,700	1,500	0.90	4
		1x1	70	50	40	1,500	1,300	800	1.00	7

L = Plano (0- 5%)

R = Ondulado (5-15%)

M = Montañosos (>15%)

*Fuente: Guzmán & Vasallo (2013)*

## CALIBRACION Y VALIDACION

Se espera que el procedimiento de estimación de la Matriz Origen – Destino, se ajuste zona a zona para que coincida la información recopilada con las ejecuciones realizadas para el proyecto. En la Tabla 5-9, Tabla 5-10 y Tabla 5-11, se presenta el análisis la revisión de los volúmenes observados vs los volúmenes asignados durante el procedimiento. Lo anterior, se evalúa mediante dos parámetros estadísticos:

- Porcentaje Error Cuadrático Medio (%RMSE). El error cuadrático medio es la distancia vertical al cuadrado entre el volumen observado y asignado.
- Coefficiente de Determinación ( $R^2$ ). El coeficiente mide la fuerza de la relación lineal entre el volumen observado y asignado.

De acuerdo con la literatura, el %RMSE debe ser menor o igual al 30% (FHWA, 2010), tal como ocurre en las diferentes asignaciones evaluadas. En referencia al coeficiente de determinación debe cercano a 1.

Tabla 5-9 %RMSE para Vehículos Livianos

ID	Lon	Nombre	Observado		Asignado		*	**
			TPDS_	TPDS_	TPDS_	TPDS_		
			AB	BA	AB	BA		
_416	26.58	Cali - Dagua - Loboguerrero	1195	1195	1195.005	1195.012	0.000	0.000
_413	25.87	Cali - Mediacanoa	681	681	681.012	681.013	0.000	0.000
_415	12.92	Cali - Dagua - Loboguerrero	730	730	729.995	729.992	0.000	0.000
_410	5.30	Cali - Mediacanoa	6004	6004	6003.998	6004	0.000	0.000
_412	8.04	Cali - Mediacanoa	4649	4649	4649.009	4649.009	0.000	0.000
_414	23.50	Loboguerrero - Mediacanoa	426	426	425.995	425.995	0.000	0.000
_420	24.38	Loboguerrero - Mediacanoa	426	426	426.002	426.003	0.000	0.000
_422	23.81	Vijes - Restrepo	0	0	0	0	0.000	0.000
_417	17.77	Cali - Dagua - Loboguerrero	2395	2395	2395.000	2394.993	0.000	0.000
_411	18.12	Cali - Mediacanoa	1403	1403	1402.980	1402.979	0.000	0.000
<b>Sumatoria (Observado - Asignado)</b>							0.001	0.001
<b>Numero de Observaciones</b>							10	10
<b>RMSE (Error Cuadrático Medio)</b>							0.008	0.010
<b>%RMSE (% Error Cuadrático Medio)</b>							0.00%	0.00%

\* $(\text{Observado} - \text{Asignado})^2_{AB}$

\*\* $(\text{Observado} - \text{Asignado})^2_{BA}$

Fuente: Elaboración propia

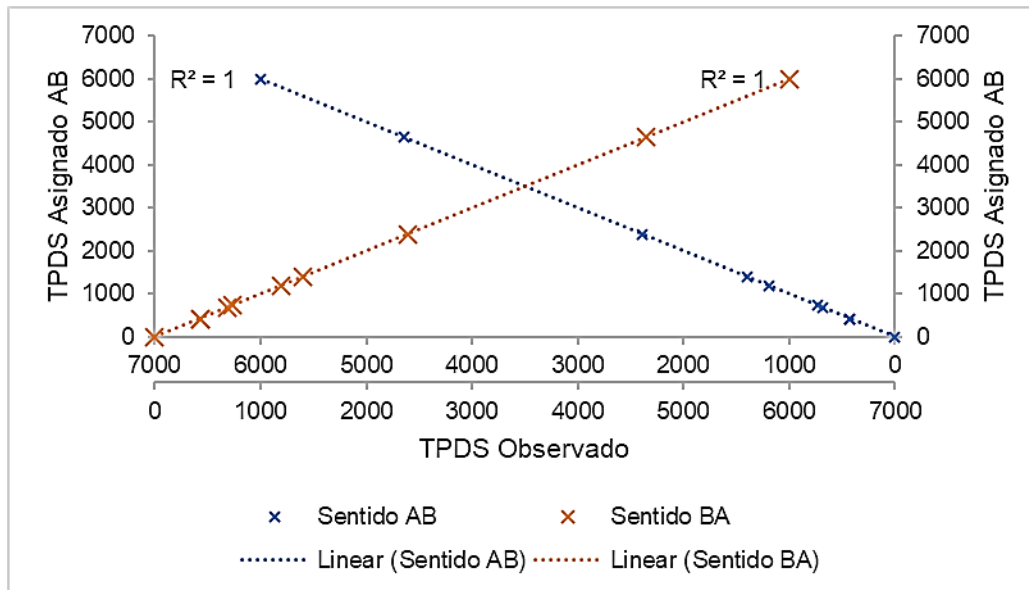


Figura 5-15 Calibración del Modelo para vehículos livianos (Coeficiente de Determinación) Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-10 %RMSE para Buses

ID	Lon	Nombre	Observado		Asignado		*	**
			TPDS_ AB	TPDS_ BA	TPDS_ AB	TPDS_ BA		
_416	26.58	Cali - Dagua - Loboguerrero	197	197	197.177	197.182	0.031	0.033
_413	25.87	Cali - Mediacanoa	88	88	87.930	87.945	0.005	0.003
_415	12.92	Cali - Dagua - Loboguerrero	100	100	99.894	99.903	0.011	0.009
_410	5.30	Cali - Mediacanoa	881	881	881.045	881.056	0.002	0.003
_412	8.04	Cali - Mediacanoa	984	984	983.956	983.953	0.002	0.002
_414	23.50	Loboguerrero - Mediacanoa	78	78	78.014	78.008	0.000	0.000
_420	24.38	Loboguerrero - Mediacanoa	78	78	78.029	78.027	0.001	0.001
_422	23.81	Vijes - Restrepo	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
_417	17.77	Cali - Dagua - Loboguerrero	566	566	565.855	565.833	0.021	0.028
_411	18.12	Cali - Mediacanoa	197	197	197.100	197.093	0.010	0.009
<b>Sumatoria (Observado - Asignado)</b>							0.084	0.088
<b>Numero de Observaciones</b>							10	10
<b>RMSE (Error Cuadrático Medio)</b>							0.091	0.094
<b>%RMSE (% Error Cuadrático Medio)</b>							0.00 %	0.00%

\*(Observado - Asignado)<sup>2</sup>\_AB

\*\*\*(Observado - Asignado)<sup>2</sup>\_BA

Fuente: Elaboración propia

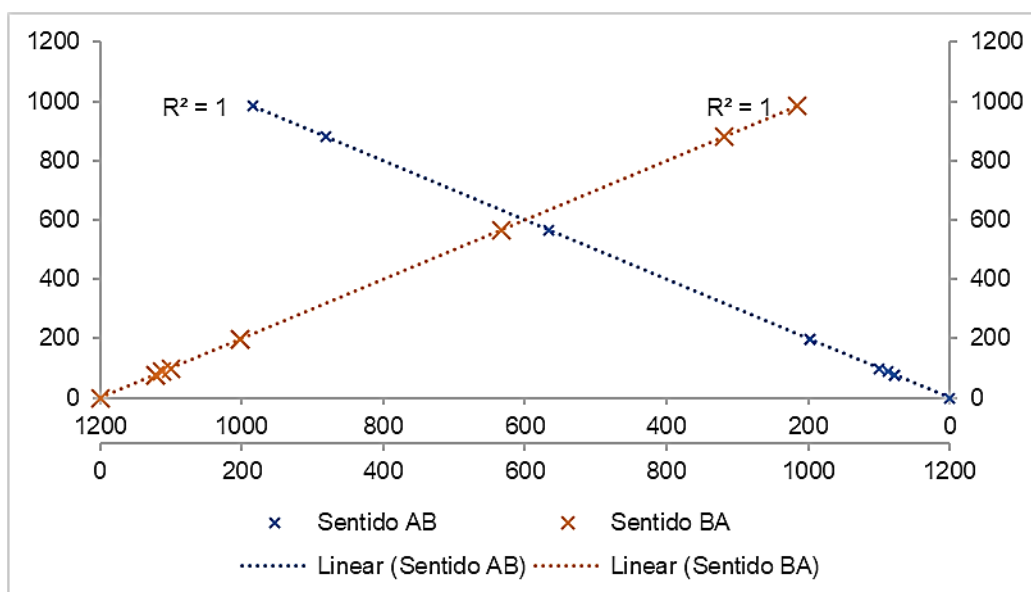


Figura 5-16 Calibración del Modelo para buses (Coeficiente de Determinación) Fuente: Elaboración propia



Tabla 5-11 %RMSE para Camiones

ID	Lon	Nombre	Observado		Asignado		*	**
			TPDS_	TPDS_	TPDS_	TPDS_		
			AB	BA	AB	BA		
_416	26.58	Cali - Dagua - Loboguerrero	246	246	246.111	246.008	0.012	0.000
_413	25.87	Cali - Mediacanoa	978	978	978.205	978.051	0.042	0.003
_415	12.92	Cali - Dagua - Loboguerrero	277	277	276.961	276.990	0.002	0.000
_410	5.30	Cali - Mediacanoa	1121	1121	1121.117	1121.009	0.014	0.000
_412	8.04	Cali - Mediacanoa	3308	3308	3308.030	3308.010	0.001	0.000
_414	23.50	Loboguerrero - Mediacanoa	1450	1450	1449.926	1449.968	0.006	0.001
_420	24.38	Loboguerrero - Mediacanoa	1450	1450	1450.015	1450.010	0.000	0.000
_422	23.81	Vijes - Restrepo	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
_417	17.77	Cali - Dagua - Loboguerrero	366	366	365.841	366.004	0.025	0.000
_411	18.12	Cali - Mediacanoa	1206	366	1205.794	365.950	0.042	0.003
<b>Sumatoria (Observado - Asignado)</b>							0.144	0.007
<b>Numero de Observaciones</b>							10	10
<b>RMSE (Error Cuadrático Medio)</b>							0.120	0.026
<b>%RMSE (% Error Cuadrático Medio)</b>							0.00%	0.00%

\*(Observado - Asignado)<sup>2</sup>\_AB

\*\*\*(Observado - Asignado)<sup>2</sup>\_BA

Fuente: Elaboración propia

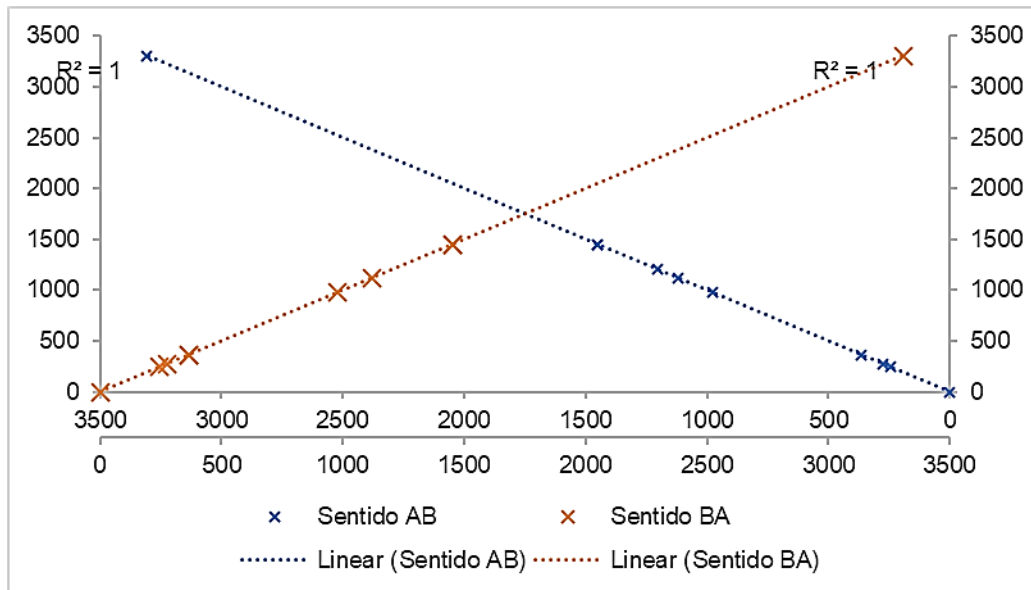


Figura 5-17 Calibración del Modelo para camiones (Coeficiente de Determinación) Fuente: Elaboración propia

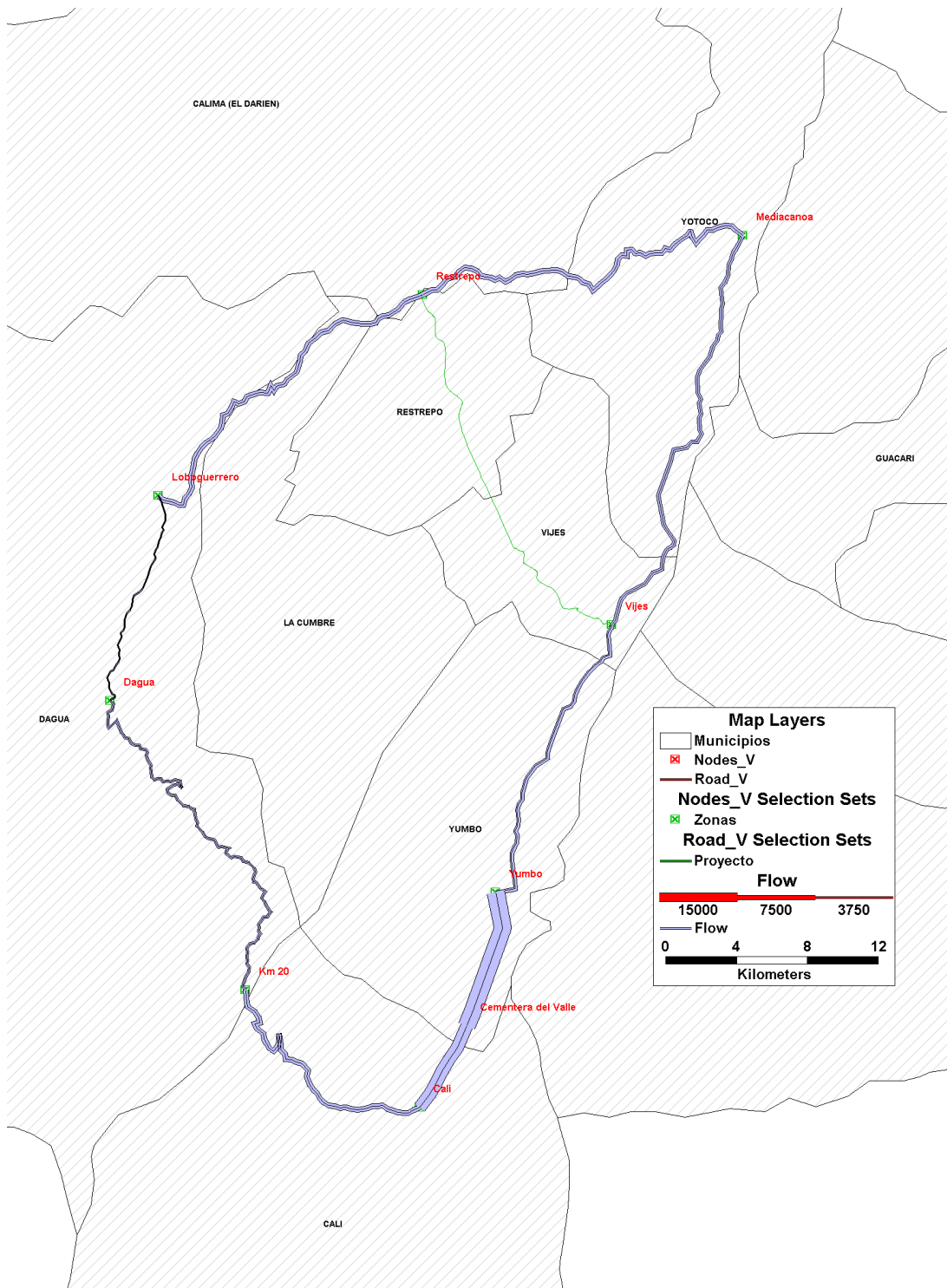


Figura 5-18 Asignación Situación base Fuente: Elaboración propia

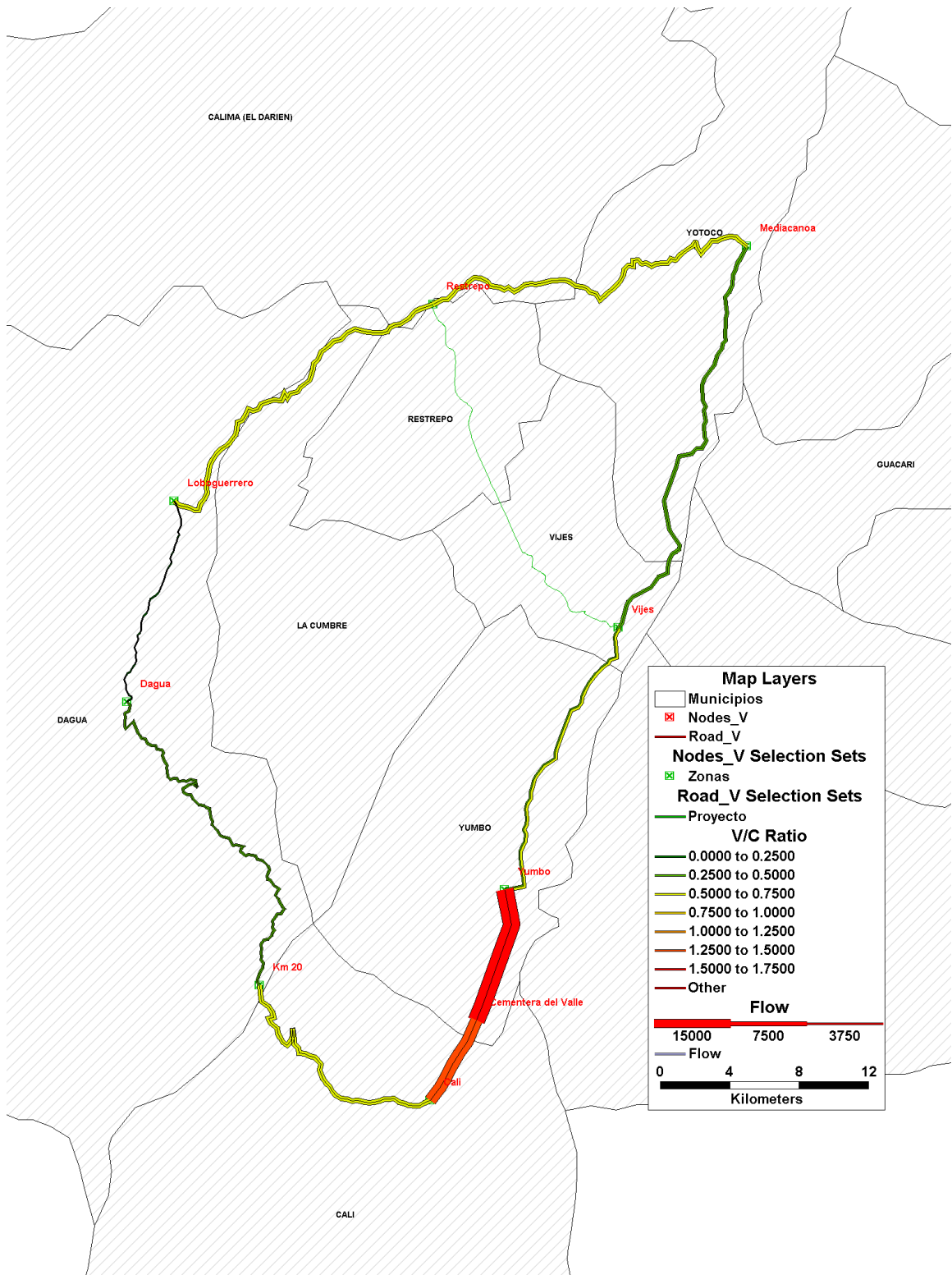


Figura 5-19 Relación Volumen Capacidad Situación base Fuente: Elaboración propia

**PRODUCTO 10. DOCUMENTO DE APROBACIÓN POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA Y ENTIDAD CONTRATANTE A LA SITUACIÓN BASE CALIBRADA**

Ítem 10A Aprobación de la calibración, Ítem 10B Ejecución de la simulación e Ítem 10C Realizar control de calidad de la simulación

En este producto la interventoría y entidad contratante revisa y aprueba los resultados obtenidos para la situación base. Dentro de los ítems mínimos a verificar se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Verificar que las características de la red tales como número de carriles, tipos de vías, longitud, restricciones y demás atributos sean correctas.
- Verificar la metodología utilizada para la simulación y si los parámetros utilizados por defecto son razonables y sustentados.
- Verificar si los resultados obtenidos representen la realidad.

Esta aprobación es de gran importancia para proyecto dado que da viabilidad para continuar las siguientes etapas del proyecto.

**PRODUCTO 11. DOCUMENTO QUE CONTIENE EL VALOR DEL TRANSITO ACTUAL, SU ANÁLISIS Y DIFERENTES HIPÓTESIS DE ASIGNACIÓN**

Ítem 11A Definición del Tránsito Actual (TA)

**Tránsito Existente**

EL Tránsito Existente hace referencia al volumen vehicular Actual presente antes del mejoramiento de la vía. Este, se presenta en términos de Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS). El Tránsito Existente para el proyecto, será el suministrado por las estaciones de conteo del INVIAS, presentado previamente.

**Hipótesis para la estimación del Tránsito Atraído**

A continuación, se presentan las principales hipótesis utilizadas para la determinación del tránsito atraído en la situación con proyecto.

- ✓ Teniendo en cuenta que este tránsito corresponde a aquellos volúmenes que se espera que se desvíen de sus rutas actuales para la del proyecto dadas las ventajas en términos de tiempo de viaje y costos, se considera pertinente y conveniente llevar a cabo este análisis mediante el modelo de simulación macroscópica dadas las ventajas de análisis de red que posee dicha herramienta. El análisis se considera exclusivamente para la red de importancia para el proyecto.
- ✓ Considera la existencia de diferentes rutas alternativas con diferentes características geométricas.
- ✓ Se utiliza el mismo criterio de asignación presentado previamente. Sin embargo, en este caso, el tiempo va a ser afectado las diferentes alternativas evaluadas. Con lo anterior se evalúa el proyecto en el contexto de una red más extensa que abarca mayor número de orígenes y destinos que pueden llegar a utilizar el proyecto.
- ✓ Se tiene en cuenta la nueva configuración vial, sentidos y números de carriles propuesto en cada una de las alternativas evaluadas.

### **Tránsito Actual**

Cabe resaltar, que el software de simulación utilizado no separa el Tránsito Atraído y Tránsito Existente, es decir, las asignaciones presentadas a continuación hacen referencia al Tránsito Actual que se considera como la suma de los dos anteriores y expresada en términos de TPDS.

En la Tabla 5-12, se presenta el Transito Actual obtenido para cada una de las alternativas y en la Figura 5-20 su representación gráfica.

*Tabla 5-12 TPDS Actual para cada una de las alternativas evaluadas*

	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
<b>Alternativa 1</b>	388	59	594
<b>Alternativa 2</b>	418	65	605
<b>Alternativa 3</b>	611	96	644

*Fuente: Elaboración propia*

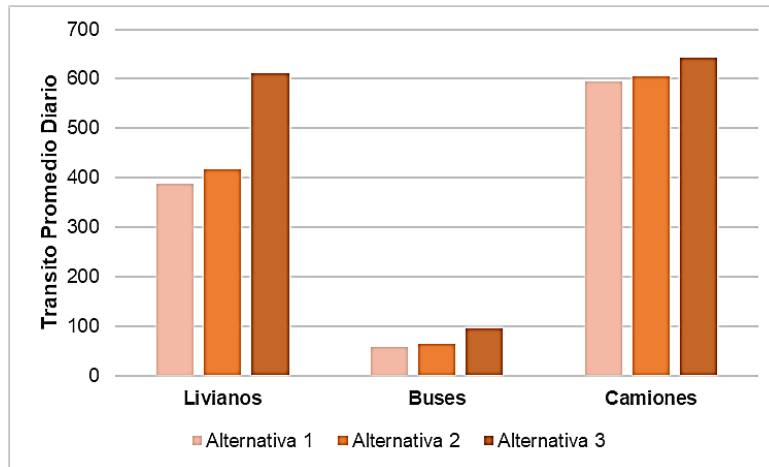


Figura 5-20 TPDS para cada una de las alternativas evaluadas Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 5-21, Figura 5-22 y Figura 5-23, se presenta gráficamente los flujos totales asignados por el software de modelación.

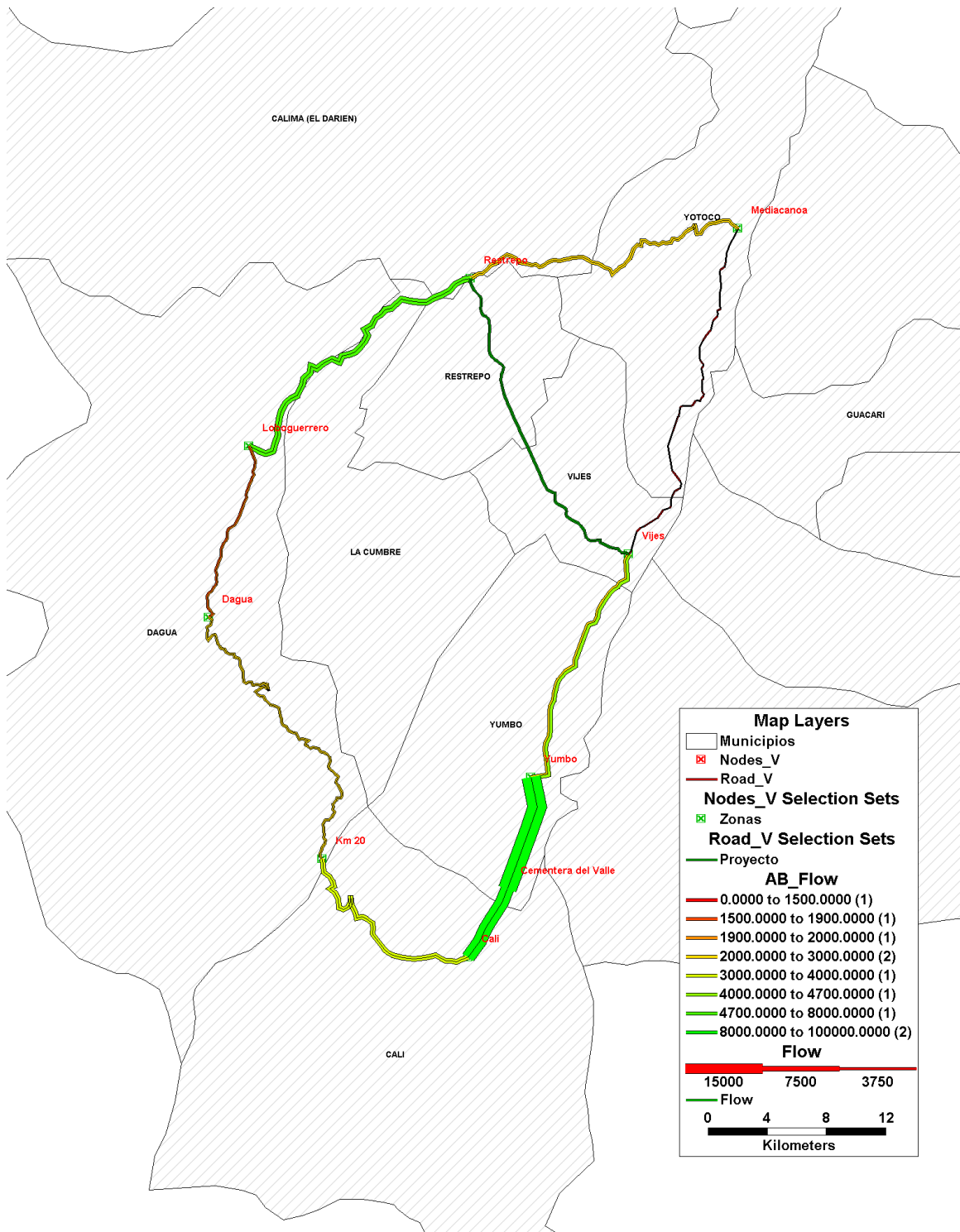


Figura 5-21 Alternativa 1 Fuente: Elaboración propia

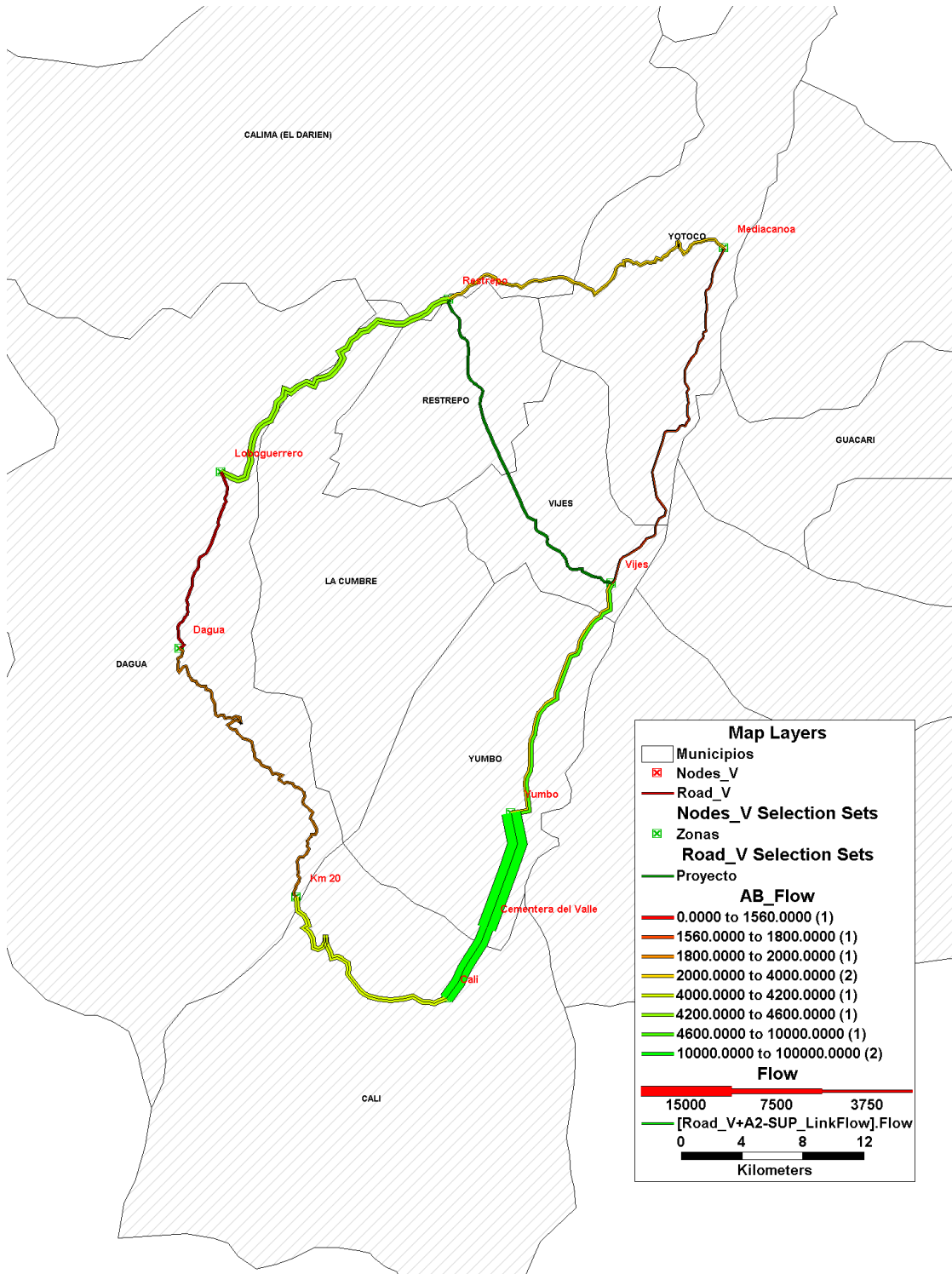


Figura 5-22 Alternativa 2 Fuente: Elaboración propia



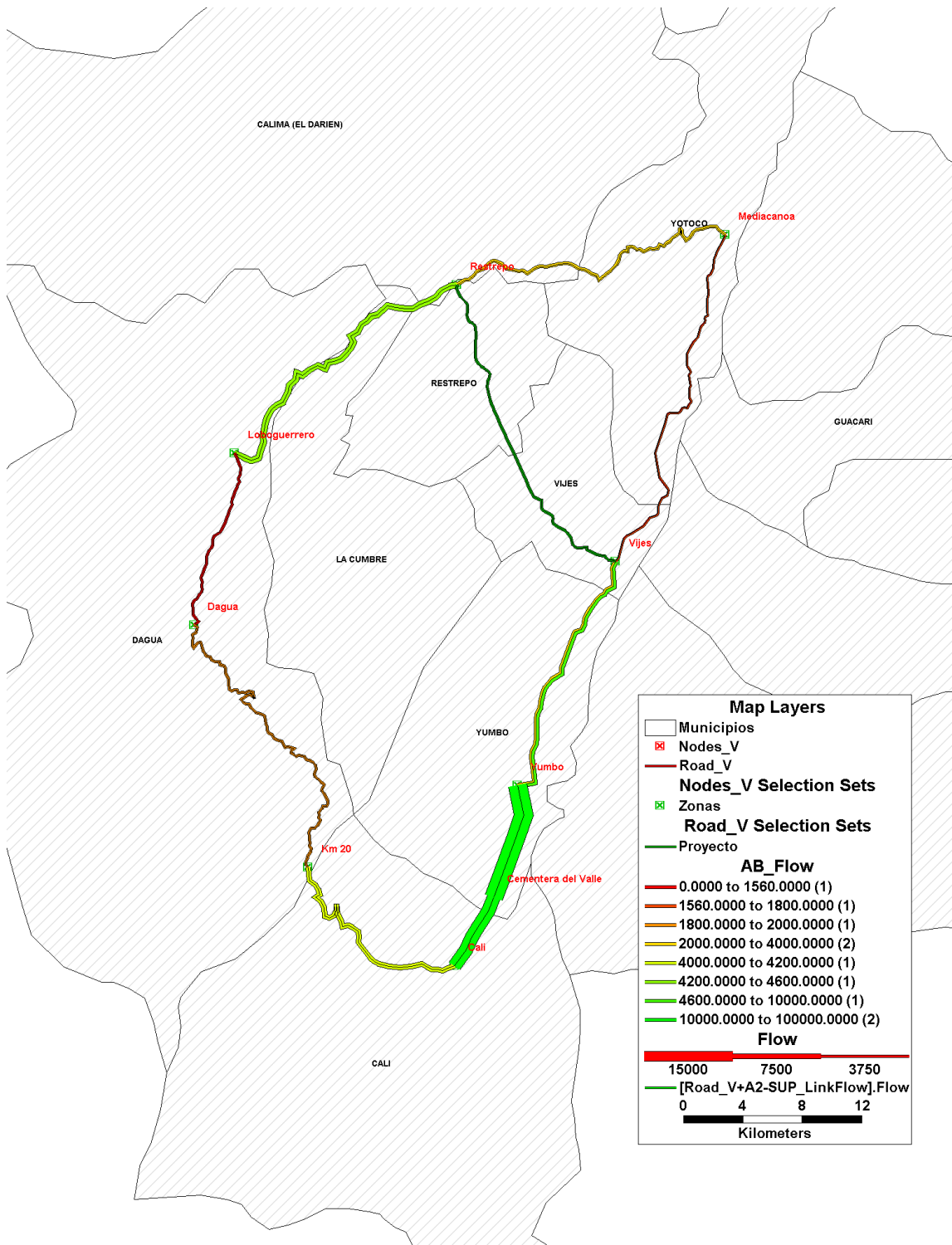


Figura 5-23 Alternativa 3 Fuente: Elaboración propia

**PRODUCTO 12. DOCUMENTO QUE DESCRIBE LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO, JUNTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FINALMENTE, LOS ANTERIOR DEBE SER APROBADO POR LA ENTIDAD CONTRATANTE Y LA INTERVENTORÍA.**

Ítem 12A Definición del Crecimiento Normal del Tránsito (CNT)

Como es bien conocido, existe diversidad de factores que tienen implicaciones en la forma como se desplaza la población (horas del día, puntos de origen, puntos de destino, días de la semana, días de fin de semana, entre otros). De hecho, la forma de desplazarse o movilizarse depende de las actividades que las personas realizan –trabajo, estudio u ocio– y lo cual ha corroborado la tesis de que los desplazamientos o viajes son derivados de las necesidades de la población –también reconocido como que el transporte es una demanda derivada. Como respuesta a tales necesidades varía la cantidad de viajes realizados y los volúmenes de los diferentes modos de transporte en los que se distribuye esta demanda de viajes.

En síntesis, para una zona de estudio cualquiera las variaciones del volumen de tránsito en los modos de transporte disponible será sensible a los cambios de crecimiento demográfico, a la localización geográfica de los puntos de interés, a la disponibilidad de modos, a las variaciones en las variables económicas (tales como: ingreso del hogar, población económicamente activa, cantidad de miembros de los hogares trabajando, disponibilidad de recursos explotables, recursos turísticos, desarrollo industrial e intensidad de uso de las diferentes destinaciones dadas al suelo), entre otros. De tal forma que el análisis de sus series históricas y tendencias de crecimiento pueden llegar a ser útiles como:

- Predictor de uso del vehículo
- Predictor de uso del Transporte Público
- Predictor de usos de bienes raíces
- Predictor de las necesidades públicos (transporte privado y transporte de mercancías)

Teniendo en cuenta lo anterior y considerando que los municipios de Cúcuta y Pamplona son de los más importantes de Norte de Santander y teniendo en cuenta la recomendación dada por Silupas (2006), se ha considerado para la estimación del crecimiento normal del tránsito a futuro analizar las siguientes variables:

- Demografía
- Actividades económicas y PIB
- Crecimiento del Tránsito

Adicionalmente, es importante recalcar que como se mencionó anteriormente, el tránsito es una demanda derivada de las actividades económicas o del tamaño de la población y que por ello pueden ser utilizadas como variables proxy que permiten explicar e inferir el crecimiento esperado del tránsito. De acuerdo con Smith & Demetsky (1997) y Silupas (2006) el tránsito se puede proyectar haciendo uso de diferentes técnicas, tales como:

- **Promedio histórico**, es un método que utiliza el promedio de los volúmenes de tránsito del pasado para predecir el tránsito futuro. el modelo no es capaz de identificar o reaccionar ante los cambios dinámicos tales como incidentes en el sistema de transporte.
- **Serie de Tiempo**, es un método que desarrolla un modelo explicando el comportamiento pasado de una serie y lo aplica para predecir el comportamiento futuro.
- **Regresión lineal o múltiple**, es un método que estima la influencia de factores económicos y demográficos en el tránsito.

Con base en el estado del arte y las recomendaciones dadas, se ha establecido para el proyecto considerar modelos de series de tiempo y de regresión lineal simple o múltiple para las diferentes variables (proxy) que permitan establecer las tasas de crecimiento futuro por períodos de hasta cinco (5) años. Dichos modelos comúnmente utilizan variables como: Demografía, PIB de actividades económicas y el comportamiento del Tránsito Promedio Diario de estaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). A continuación, en la Tabla 5-13, se presentan los modelos de proyección evaluados para cada una de las variables utilizadas.

Tabla 5-13 Modelos de Proyección evaluados

Modelo		Tipo	Expresión	Tasas de Crecimiento $r^*$	
1	Demografía Restrepo <sup>A</sup>	Serie de Tiempo	$D_{i+1} = 43,41 * t - 71.242,5$ $R^2 = 0,99$ $r = 0,99$ $D_{i+1}$ es el valor futuro de la población $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	0,22%
				2021 – 2025	0,21%
				2025 – 2030	0,20%
				2031 – 2035	0,20%
				2036 – 2040	0,20%
				2041 – 2045	0,20%
2	Demografía Vijes <sup>A</sup>	Serie de Tiempo	$D_{i+1} = 127,9 * t - 246.579,9$ $R^2 = 0,99$ $r = 0,99$ $D_{i+1}$ es el valor futuro de la población $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	0,96%
				2021 – 2025	0,85%
				2025 – 2030	0,81%
				2031 – 2035	0,77%
				2036 – 2040	0,74%
				2041 – 2045	0,70%
3	PIB Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 157,3 * t - 313.216,7$ $R^2 = 0,96$ $r = 0,98$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	2,89%
				2021 – 2025	2,58%
				2025 – 2030	2,22%
				2031 – 2035	1,95%
				2036 – 2040	1,74%
				2041 – 2045	1,57%
4	PIB Explotación De Minas y Canteras <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 11,11 * t - 22.182,1,1$ $R^2 = 0,94$ $r = 0,97$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	3,38%
				2021 – 2025	2,94%
				2025 – 2030	2,54%
				2031 – 2035	2,15%
				2036 – 2040	1,93%
				2041 – 2045	1,69%
5	PIB Industria Manufacturera <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 528,2 * t - 1.052.769,2$ $R^2 = 0,98$ $r = 0,99$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	2,93%
				2021 – 2025	2,72%
				2025 – 2030	2,32%
				2031 – 2035	2,03%
				2036 – 2040	1,80%
				2041 – 2045	1,62%
6	PIB Suministro de Electricidad, Gas y Agua <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 134,9 * t - 269.044,9$ $R^2 = 0,97$ $r = 0,98$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluad $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	3,51%
				2021 – 2025	2,82%
				2025 – 2030	2,40%
				2031 – 2035	2,09%
				2036 – 2040	1,85%
				2041 – 2045	1,66%
7	PIB Construcción <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 309,6 * t - 618.975,8$ $R^2 = 0,95$ $r = 0,97$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	3,50%
				2021 – 2025	3,39%
				2025 – 2030	2,80%
				2031 – 2035	2,38%
				2036 – 2040	2,07%
				2041 – 2045	1,83%
8	PIB Comercio, Reparación, Restaurantes y Hoteles <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 472,3 * t - 942.840,8$ $R^2 = 0,96$ $r = 0,98$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	3,53%
				2021 – 2025	3,01%
				2025 – 2030	2,53%
				2031 – 2035	2,19%
				2036 – 2040	1,92%
				2041 – 2045	1,72%
				2016 – 2020	3,47%

Tabla 5-13 Modelos de Proyeccion evaluados					
Modelo		Tipo	Expresión	Tasas de Crecimiento $r^*$	
9	PIB Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 226,3 * t - 451.154,5$ $R^2 = 0,97$ $r = 0,98$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2021 – 2025	2,71%
				2025 – 2030	2,32%
				2031 – 2035	2,03%
				2036 – 2040	1,80%
				2041 – 2045	1,62%
10	PIB Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicio de las empresas <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 931,1 * t - 1.856.728,1$ $R^2 = 0,97$ $r = 0,98$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	2,95%
				2021 – 2025	2,82%
				2025 – 2030	2,40%
				2031 – 2035	2,09%
				2036 – 2040	1,85%
				2041 – 2045	1,65%
11.	PIB Actividades de Servicios sociales, comunales y Personales <sup>B</sup>	Serie de Tiempo	$PIB_{i+1} = 579,9 * t - 1.157.427,1$ $R^2 = 0,97$ $r = 0,98$ $PIB_{i+1}$ es el valor futuro del PIB para la actividad evaluada $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	2,18%
				2021 – 2025	2,99%
				2025 – 2030	2,52%
				2031 – 2035	2,18%
				2036 – 2040	1,92%
				2041 – 2045	1,71%
12	INVIAS Estación 269 – Autos <sup>c</sup>	Serie de Tiempo	$TPDS_{i+1} = -83.83 * t - 172.641$ $R^2 = 0,35$ $r = 0,60$ $TPDS_{i+1}$ es el valor futuro del TPD semanal para Autos $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	0,00%
				2021 – 2025	0,00%
				2025 – 2030	0,00%
				2031 – 2035	0,00%
				2036 – 2040	0,00%
				2041 – 2045	0,00%
13	INVIAS Estación 269 – Buses <sup>c</sup>	Serie de Tiempo	$TPDS_{i+1} = 18,48 * t - 36.168$ $R^2 = 0,12$ $r = 0,35$ $TPDS_{i+1}$ es el valor futuro del TPD semanal para Buses $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	1,33%
				2021 – 2025	1,23%
				2025 – 2030	1,14%
				2031 – 2035	1,07%
				2036 – 2040	1,00%
				2041 – 2045	0,94%
14	INVIAS Estación 269 – Camiones <sup>c</sup>	Serie de Tiempo	$TPDS_{i+1} = 133,2 * t - 264.324$ $R^2 = 0,73$ $r = 0,85$ $TPDS_{i+1}$ es el valor futuro del TPD semanal para Camiones $t$ es el año de evaluación	2016 – 2020	2,37%
				2021 – 2025	2,07%
				2025 – 2030	1,83%
				2031 – 2035	1,64%
				2036 – 2040	1,49%
				2041 – 2045	1,36%

\*Las tasas de crecimiento se obtuvieron utilizando el modelo calibrado y considerando su proyección en el tiempo. Con dicha información, se obtuvieron las tasas de crecimiento mediante la siguiente expresión  $r = \sqrt[k]{\frac{E_t}{E_{t-k}}} - 1$  donde  $k$  es el número de años entre el primer y último valor de la variable conocida,  $E_t$  el último valor de la variable evaluada y  $E_{t-k}$  el primer año de la variable evaluada.

<sup>A</sup>El cálculo se realiza teniendo en cuenta la información presentada en el análisis demográfico

<sup>B</sup>El cálculo se realiza teniendo en cuenta la información presentada en el análisis del PIB y actividades económicas

<sup>C</sup>El cálculo se realiza teniendo en cuenta la información presentada en el análisis del Transito Promedio Diario

**Fuente: Elaboración propia**

Se procede a realizar un análisis de estadística descriptiva de las diferentes tasas obtenidas por los diferentes modelos para los períodos de análisis establecidos y para las categorías de livianos, buses y camiones. Este análisis de estadística descriptiva se utiliza

para organizar, presentar y describir el conjunto de datos con el propósito de facilitar su uso.

Dentro de los análisis de estadística descriptiva, se han considerado los siguientes indicadores: **a.** el valor mínimo como aquel valor que resulta como el valor más bajo de todas las tasas, **b.** el valor de la mediana como el valor del conjunto tal que el 50% de las tasas son menores o iguales y el 50% mayores o iguales, **c.** el valor de la media geométrica como el valor promedio obtenido mediante la raíz cuadrada del producto de las tasas (recomendada ampliamente para promediar razones, intereses y tasas) y **d.** el valor máximo como el mayor valor registrado.

Finalmente, se establece la mediana como la tasa de crecimiento que describe el Crecimiento Normal del Tránsito tal y como se presenta en la Tabla 5-14, Tabla 5-15 y Tabla 5-16. Se espera que las tasas de crecimiento seleccionadas tengan lugar con mayor probabilidad en función del análisis a las variables socioeconómicas y crecimiento del tránsito realizado previamente.

*Tabla 5-14 Estadística Descriptiva Tasas de Crecimiento para vehículos livianos*

<b>Periodo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Media Geométrica</b>	<b>Máximo</b>
2016 – 2020	0.22%	2.18%	1.37%	3.53%
2021 – 2025	0.21%	2.82%	1.35%	3.01%
2025 – 2030	0.20%	2.40%	1.20%	2.53%
2031 – 2035	0.20%	2.09%	1.09%	2.19%
2036 – 2040	0.20%	1.85%	1.00%	1.92%
2041 – 2045	0.20%	1.65%	0.93%	1.72%

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 5-15 Estadística Descriptiva Tasas de Crecimiento para buses*

<b>Periodo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Media Geométrica</b>	<b>Máximo</b>
2016 – 2020	0.22%	1.76%	1.40%	3.53%
2021 – 2025	0.21%	1.97%	1.32%	3.01%
2025 – 2030	0.20%	1.73%	1.18%	2.53%
2031 – 2035	0.20%	1.55%	1.08%	2.19%
2036 – 2040	0.20%	1.40%	1.00%	1.92%
2041 – 2045	0.20%	1.28%	0.93%	1.72%

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 5-16 Estadística Descriptiva Tasas de Crecimiento para camiones*

<b>Periodo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Media Geométrica</b>	<b>Máximo</b>
2016 – 2020	2.37%	3.38%	3.12%	3.51%
2021 – 2025	2.07%	2.72%	2.72%	3.39%
2025 – 2030	1.83%	2.32%	2.33%	2.80%
2031 – 2035	1.64%	2.03%	2.03%	2.38%
2036 – 2040	1.49%	1.80%	1.80%	2.07%
2041 – 2045	1.36%	1.62%	1.62%	1.83%

*Fuente: Elaboración propia*

**PRODUCTO 13. DOCUMENTO QUE CONTIENE LA ESTIMACIÓN DEL TRÁNSITO FUTURO, SU ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.**

Ítem 13A Definición del Tránsito Generado (TG) y Desarrollado (TD)

El Tránsito Generado (TG) hace referencia a aquellos viajes que no se realizarían si no se realiza el mejoramiento de la carretera y de acuerdo con (Cal y Mayor & Cárdenas, 2013), éste se compone por tres categorías a saber:

- El **tránsito inducido** son viajes que previamente no se han realizado por ningún modo de transporte que ahora se realizará en vehículos particulares.
- El **Tránsito convertido** son viajes que previamente se realizan en otro modo de transporte y que ahora se realizará en vehículos particulares.
- El **Tránsito Trasladado** consiste en viajes hechos a destinos completamente diferentes atribuibles a la atracción de la nueva carretera y no a cambio de usos del suelo

En el caso del Tránsito Desarrollado (TD), éste corresponde al incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera. La experiencia indica que, al mejorar una carretera, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal donde se genera un tránsito adicional. De acuerdo con Cal & Mayor (2013), este tránsito adicional puede ser considerado del orden de magnitud del 5% del tránsito actual. Finalmente, tal y como lo menciona se acostumbra a asignar el tránsito generado y desarrollado al periodo de generación uno o dos años después que la carretera inicie su operación.

Teniendo en cuenta que el proyecto trae consigo nuevas oportunidades para los desplazamientos de la población, se ha considerado que el Tránsito Generado y Desarrollado estará compuesto exclusivamente por el Tránsito Inducido debido a que no se espera tener tránsitos convertidos o nuevos tránsitos trasladados (atraídos) debido a que estos últimos fueron considerados en el Tránsito Actual que ya se ha mencionado ampliamente previamente.

*Tabla 5-17 TPDS Actual + TPDS Generado para cada una de las alternativas evaluadas*

	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
<b>Alternativa 1</b>	407	62	624
<b>Alternativa 2</b>	439	68	635
<b>Alternativa 3</b>	642	100	676

*Fuente: Elaboración propia*

### Ítem 13B Estimación de pronósticos

Para llevar a cabo la estimación del tránsito futuro, se ha partido de la expresión recomendada por Cal & Mayor (2013), que involucra la estimación del tránsito actual y el incremento del tránsito.

*Tabla 5-18 TPDS Futuro para cada una de las alternativas evaluadas*

<b>Año</b>	<b>Alternativa 1</b>			<b>Alternativa 2</b>			<b>Alternativa 3</b>		
	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
<b>2016</b>	407	62	624	439	68	635	642	100	676
<b>2017</b>	416	63	645	449	69	657	656	102	699
<b>2018</b>	425	64	667	458	70	679	670	104	722
<b>2019</b>	434	65	690	468	71	702	684	106	747
<b>2020</b>	444	67	713	479	73	726	699	108	772
<b>2021</b>	456	68	732	492	74	745	719	110	793
<b>2022</b>	469	69	752	506	76	766	739	112	815
<b>2023</b>	482	71	773	520	77	786	760	114	837
<b>2024</b>	496	72	794	535	79	808	782	116	860
<b>2025</b>	510	73	815	550	80	830	804	119	883
<b>2026</b>	522	75	834	563	82	849	823	121	903
<b>2027</b>	535	76	854	577	83	869	843	123	924
<b>2028</b>	548	77	873	590	84	889	863	125	946
<b>2029</b>	561	79	894	605	86	909	884	127	968
<b>2030</b>	574	80	914	619	87	931	905	129	990
<b>2031</b>	586	81	933	632	89	949	924	131	1010
<b>2032</b>	599	83	952	645	90	969	943	133	1031



Año	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones
2033	611	84	971	659	91	988	963	135	1052
2034	624	85	991	673	93	1008	983	137	1073
2035	637	86	1011	687	94	1029	1004	140	1095
2036	649	88	1029	699	96	1047	1022	142	1115
2037	661	89	1048	712	97	1066	1041	144	1135
2038	673	90	1067	725	98	1085	1060	146	1155
2039	685	91	1086	739	100	1105	1080	148	1176
2040	698	93	1105	752	101	1125	1100	150	1197
2041	709	94	1123	765	102	1143	1118	152	1216
2042	721	95	1141	778	104	1162	1136	153	1236
2043	733	96	1160	790	105	1180	1155	155	1256
2044	745	98	1179	803	106	1200	1174	157	1276
2045	757	99	1198	817	108	1219	1194	159	1297

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con el análisis realizado y los valores encontrados, se observa que la Alternativa 3 presenta un mayor número de vehículos respecto a las demás, sin embargo, requiere que su geometría asegure velocidades de por lo menos 60 km/h mientras que las demás permiten velocidades menores. Además, dentro del reparto modal, se observa el beneficio al sector de carga y mercancía con el crecimiento del número de camiones que transitaran por el proyecto tal y como se esperaba con la ejecución de los diferentes planes estructurados por el gobierno para aumentar la competitividad del país.

**PRODUCTO 14. DOCUMENTO QUE CONTIENE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE TRANSPORTE**

Ítem 14A Estimación de costos de transporte haciendo uso de modelos realizados por entidades gubernamentales

Para la obtención de los costos de operación vehicular, se va a utilizar la metodología del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2015); La metodología presenta los costos de operación por tipo de vehículo con base en un modelo realizado en el software HDM IV donde calcula internamente las velocidades y los costos de operación de los diferentes vehículos que deben cubrir los usuarios de las vías, así como también los deterioros y los costos de conservación de las mismas; en función del diseño de la vía, de las normas de conservación, del volumen de tránsito, de las cargas por eje y las condiciones ambientales. Se describe esta metodología como un asistente en la planificación vial que permite la

evaluación técnico – económica de diferentes modos de transporte en cuando a obras de conservación, nuevos proyectos, justificación de presupuestos y fijación de prioridades.

Aplicando la metodología descrita previamente y con las siguientes características, en la Tabla 5-19, se presenta el Costo de Operación para la situación base por cada tipo de vehículo a precios del año 2015:

- **Tipo de Terreno:** Rectilíneo y plano
- **Pavimentada:** No
- **Estado:** Mala
- **IRI:** 12
- **Precios:** Mercado
- **Longitud:** 17,5 km

*Tabla 5-19 Costos de operación por tipo de vehículo en la situación base*

<b>Vehículo</b>	<b>\$/KM</b>	<b>Costo de operación (\$)</b>
<b>Automovil</b>	\$ 874	\$ 15,295
<b>Campero</b>	\$ 1,803	\$ 31,553
<b>Buseton - 21 Pasajeros</b>	\$ 3,068	\$ 53,690
<b>Bus de Lujo - 34 pasajeros</b>	\$ 3,901	\$ 68,268
<b>Camion - 2 Ejes</b>	\$ 2,080	\$ 36,400
<b>Camion - C2S1</b>	\$ 3,607	\$ 63,123
<b>Camion - C3S2</b>	\$ 6,317	\$ 110,548
<b>Camion C3S3</b>	\$ 6,619	\$ 115,833

*Fuente: Elaboración propia*

La situación con proyecto mejora considerablemente las condiciones de la vía. Además de reducir alrededor de un 20% los costos de operación para los vehículos que se movilizan por la vía tal y como se presenta en la Tabla 5-20.

- **Tipo de Terreno:** Rectilíneo y plano
- **Pavimentada:** Si
- **Estado:** Buena
- **IRI:** 3,5
- **Precios:** Mercado
- **Longitud:** 17,5 km

Tabla 5-20 Costos de operación por tipo de vehículo en la situación con proyecto

<b>Vehículo</b>	<b>\$/KM</b>	<b>Costo de operación (\$)</b>
<b>Automovil</b>	\$ 703	\$ 12,303
<b>Campero</b>	\$ 1,320	\$ 23,100
<b>Buseton - 21 Pasajeros</b>	\$ 1,889	\$ 33,058
<b>Bus de Lujo - 34 pasajeros</b>	\$ 2,502	\$ 43,785
<b>Camion - 2 Ejes</b>	\$ 1,518	\$ 26,565
<b>Camion - C2S1</b>	\$ 2,594	\$ 45,395
<b>Camion - C3S2</b>	\$ 4,226	\$ 73,955
<b>Camion C3S3</b>	\$ 4,407	\$ 77,123

*Fuente: Elaboración propia*

Ítem 14B Estimación de costos de transporte por medio del HDM – No aplica – Dado que para la estimación de los costos de operación se utilizó el modelo realizado por el Instituto Nacional de Vías, descrito previamente.

Finalmente, en el Anexo 3 Lista de chequeo aplicación caso práctico, se presenta el desarrollo de la lista de chequeo.

## Capítulo 6.

### Conclusiones y lecciones aprendidas

El presente documento es una herramienta de estandarización y unificación de los procedimientos técnicos necesarios para la elaboración de los estudios de tránsito en proyectos viales interurbanos. Este, además, de ser efectivo para la realización del estudio, también lo es para su revisión. A continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones que se derivan del documento:

- Al emplear los lineamientos para la elaboración de los estudios, se puede realizar una valoración de la calidad global del producto y de esta forma satisfacer los requerimientos mínimos establecidos. Con el actual avance tecnológico es necesario sistematizar los procedimientos a ejecutar y de esta forma ser asimilados por la población en general.
- La interacción constante entre el encargado de elaborar el estudio y su interventoría o revisor es fundamental para la realización exitosa de este. Al existir esta interacción, se disminuye el número de fallas y dificultades que al final se ven reflejadas en los recursos del proyecto, puede ser en términos de tiempo o dinero. Tal y como se establece en los lineamientos, es prudente tener la retroalimentación, consenso y la aprobación continua en cada etapa de ejecución del estudio.
- La estandarización y unificación de los estudios de tránsito por medio de los lineamientos trae consigo ciertos beneficios como:
  - ✓ Preservación del conocimiento y la experiencia
  - ✓ Prevención de recurrencia de errores
  - ✓ Generación de productos de buena calidad y costos reales
  - ✓ Suministra una base para el mejoramiento continuo en la forma de realizar los estudios
  - ✓ Optimización de los recursos
- En relación con el caso de estudio, se puede observar la importancia de la implementación de los lineamientos al obtener un producto sustentado técnicamente que acorde con la interventoría o ente revisor cumple con los requerimientos mínimos de información. Lo anterior, con el objeto de brindar a los interesados una

serie de criterios que le permitan tomar una decisión técnica sobre el proyecto de infraestructura vial. Cabe resaltar que el estudio de tránsito, en la mayoría de los proyectos, es a uno de los insumos fundamentales para las demás especialidades.

Finalmente, este documento aporta en gran medida al desarrollo de la investigación en las áreas de tránsito y transporte en vías interurbanas. Las principales contribuciones de este proyecto a futuras investigaciones son:

- Los lineamientos permiten para próximas investigaciones aumentar el nivel de detalle en los diferentes procedimientos técnicos estudiados y de esta forma generar cada vez más productos de excelente calidad.
- La metodología sugerida permite la inclusión de nuevas tecnologías para la recopilación y análisis de información y las diferentes simulaciones que se pueden utilizar.
- El trabajo puede servir como punto de partida para establecer una norma a nivel nacional de revisión de los estudios de tránsito

## Referencias Bibliográficas

- Barceló, J., & Kuwahara, M. (2010). *Traffic Data Collection and its Standardization*. New York: Springer.
- BID. (2016). BIG DATA: una gran herramienta en el transporte. *Moviliblog Ideas de transporte y movilidad para América Latina y el Caribe*, 1.
- Box, P. (1985). *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. Mexico D. F.: Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Cal y Mayor y Asociados. (2005). *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- CAL Y MAYOR, R., & CARDENAS, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones* (Octava Edición ed.). México D. F.: Alfaomega.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2013). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. Bogotá D. C.: Alfaomega.
- Centy Villafuerte, D. (2010). *Manual Metodológico para el Investigador científico*. Tamaulipas: eumed.net.
- CORASCO. (2008). *Manual para la revisión de Estudios de Tránsito*. Nicaragua: Corea y Asociados S. A.
- DELOITTE CONSULTING S.L. (2016). *Estudio de demanda de la Autopista Pamplona - Cúcuta Memoria*. Cúcuta: www.deloitte.com.
- Department for Transport. (2007). *Guidance on Transport Assessment*. London: The Stationary Office.
- Elefteriadou, L. (2014). *An Introduction of Traffic Flow Theory*. Gainesville: Springer.
- FDOT. (2014). *Traffic Analysis Handbook*. Tallahassee, Florida: Florida Department of Transportation.

- FHWA. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume II: Decision Support Methodology for Selecting Traffic Analysis Tools*. McLean: US Department of Transportation.
- Garber, N., & Hoel, L. (2015). *Traffic and Highway Engineering*. Stanford: Stamford Cengage Learning.
- Guzman, A., & Vasallo, J. (2013). Methodology for Assessing Regional Economic Impacts of Charges for Heavy-Goods Vehicles in Spain. *Journal of the Transportation Research Board*, 129-139.
- Hensher, D., & Button, K. (2000). *Handbook of Transport Modelling*. Amsterdam - Lausanne - New York - Oxford - Shannon - Singapore - Tokyo: Elsevier Science.
- Hollander, Y. (2016). *Transport Modelling for a Complete Beginner*. London: CThink!
- Institute of Transportation Engineers. (2010). *Manual of Transportation Engineering Studies* (2nd Edition ed.). Washington, DC: Institute of Transportation Engineers.
- INVÍAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: Ministerio de Transporte.
- INVÍAS. (2011). *Requerimientos Técnicos - Estudios y Diseños para Mejoramiento de Carreteras*. Bogotá D. C.: Instituto Nacional de Vías.
- INVÍAS. (2011). *Requerimientos Técnicos - Estudios y Diseños para Rehabilitación de Carreteras*. Bogotá D. C.: Instituto Nacional de Vías.
- INVÍAS. (2015). *Manual de Consultoría e Interventoría para Estudios y Diseños y Gerencia de Proyectos en INVÍAS*. Bogotá D. C.: Sociedad Colombiana de Ingenieros - SCI.
- INVIAS. (2015). *Volúmenes de Tránsito y costos de operación 2014 - 2015*. Bogotá D. C.: Instituto Nacional de Vías y Ministerio de Transporte.
- INVÍAS. (2016). *Volúmenes de Tránsito 2015 - 2016*. Bogotá: Ministerio de transporte.
- Keryll, H., McMullen, D., & Odoki, J. (2000). *HDM-4 Highway Development & Management Volume 2 Applications Guide*. France: The World Road Association.

- Leduc, G. (2008). Road Traffic Data: Collection Methods and Applications. *JRC Technical Notes*, JRC 47967 - 2008.
- Lehovec, F. (2004). The effect of transport infrastructure on development. *Slovak Journal of civil engineering*, pp. 30 - 32.
- Ley 1682, D. O. 48.982 (Ministerio de Transporte 22 de Noviembre de 2013).
- Martínez, F. (1991). Transporte y su interacción con el suelo urbano. *Actas del V Congreso de Chileno de ingeniería de transporte*, (págs. 273-291). Santiago.
- Medina Suárez, M. N. (2014). *La investigación aplicada a proyectos. Volumen I Identificación del proyecto y formulación de la investigación* (Segunda Edición ed.). Bogota D. C.: Cayé.
- Medina Suárez, M. N. (2014). *La investigación aplicada a proyectos. Volumen II De los objetivos al diseño metodológico de la investigación*. Bogotá D. C.: Cayé.
- Misión Francesa INGEROUTE. (1976). *Compilación de informes sobre factibilidad y transporte*. Bogotá D. C.: Ministerio de Obras Públicas y Transporte.
- MOPC. (2009). *Manual de Carreteras de Paraguay*. Asunción: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.
- Netivei Israel, national transport infrastructure company Ltd. (2018). *Engineering design process checklist, chapter: traffic design*. Jerusalem: Netivei Israel, national transport infrastructure company Ltd.
- Ortúzar, J. (2015). *Modelos de demanda de transporte* (Segunda Edición ed.). Bogotá D. C.: Alfaomega.
- Rodriguez, M. (2005). *El Método MR, Maximización de resultados para la pequeña empresa*. Bogotá: Norma.
- SILUPAS, T. (2006). Annual average daily traffic forecasting using different techniques. *Transport*, 38-43.



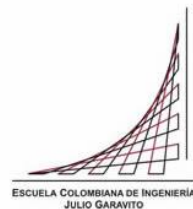
- SMITH, B., & DEMETSKY, F. (1997). Traffic Flow Forecasting: Comparison of Modeling Approaches. *Journal of transportation Engineering*, 261-266.
- Smith, B., & Demetsky, M. (1997). Traffic Flow Forecasting: Comparison of Modeling Approaches. *Journal of transportation Engineering*, 261 - 266.
- TRAIN, K. (2009). *Choice Methods with Simulation* (Second Edition ed.). Cambridge: Cambridge University Press. doi:978-0-521-76655-5
- Transport and Infrastructure Council. (2016). *Australian Transport Assessment and Planning Guidelines*. Canberra: Australian Transport Assessment and Planning Guidelines.
- Transport Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington D. C.: TRB.
- Universidad de Antioquia & Universidad Pontificia Bolivariana. (2015). *Infraestructura vial en Colombia (1993 - 2013)*. Medellín: Sistema General de Regalias.
- Willumsen, L., & Ortúzar, J. (2011). *Modelling Transport*. Chichester: Willey.
- YE, X. (2010). Accelerated Procedure of Multiclass Highway Traffic Assignment for Maryland Statewide Transportation Model. *The 89th Annual Meeting of Transportation Research Board*, 1-16.

# **Maestría en Ingeniería Civil**

## **Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia**

### **Anexo 1 Bases de datos recopilación de información (Medio Magnético)**

**Bogotá, D.C., septiembre de 2018**



# **Maestría en Ingeniería Civil**

## **Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia**

### **Anexo 2 Modelo de Simulación Macroscópica (Medio Magnético)**

**Bogotá, D.C., septiembre de 2018**

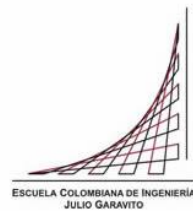


# **Maestría en Ingeniería Civil**

## **Lineamientos para la elaboración de Estudios de Tránsito en Proyectos Viales Interurbanos en Colombia**

### **Anexo 3 Lista de chequeo aplicación caso práctico**

**Bogotá, D.C., septiembre de 2018**



A continuación, se presenta el desarrollo de la lista de chequeo para la aplicación del caso práctico. En este caso, la forma de llenar la lista de chequeo corresponde a los siguientes símbolos: **X** en caso de cumplir con la actividad y **NA** en caso de que no aplique y se presenta su respectiva explicación al final del documento.

Ítem	Descripción	Producto	Estado
<b>Identificación de la necesidad</b>			
<b>1A</b>	<b>Identificación de la problemática o necesidad a satisfacer</b>		<b>X</b>
1A.1	Definir los antecedentes		<b>X</b>
1A.2	Identificar los involucrados o partes interesadas		<b>X</b>
1A.3	Identificar su evolución en el tiempo	<b>Producto 1.</b> Documento inicial compuesto por la descripción de la problemática, su coordinación con programas y planes del gobierno nacional y las alternativas de solución identificadas	<b>X</b>
1A.4	Establecer la problemática		<b>X</b>
1A.5	Identificar las causas y consecuencias		<b>X</b>
1A.6	Construcción del diagrama CPC		<b>X</b>
<b>1B</b>	<b>Coordinación con los planes y programas del gobierno nacional</b>		<b>X</b>
<b>1C</b>	<b>Identificar las posibles alternativas de solución</b>		<b>X</b>
<b>Descripción del proyecto</b>			
<b>2A</b>	<b>Presentar información respecto al contexto general y contractual del proyecto</b>		<b>X</b>
2A.1	Definir los antecedentes del proyecto		<b>X</b>
2A.2	Identificar los tramos y/o unidades funcionales del proyecto		<b>X</b>
2A.3	Definir las etapas del proyecto (año inicio de construcción, año final de construcción, año inicio de operación, año final de operación entre otros)	<b>Producto 2.</b> Documento resumido que describe la localización del proyecto	<b>X</b>
2A.4	Justificar la relación del proyecto con los planes de desarrollo departamentales y nacionales		<b>X</b>
2A.5	Presentar los datos contractuales del proyecto		<b>X</b>
<b>2B</b>	<b>Establecer la localización general del proyecto</b>		<b>X</b>

Ítem	Descripción	Producto	Estado
2B.1	Localizar el proyecto dentro del contexto nacional, regional y nacional		X
2B.2	Identificar la troncal o transversal a la cual pertenece el proyecto		X
2B.3	Elaborar la representación gráfica de la localización del proyecto (mapa o imágenes representativas)		X
<b>Objetivos del estudio de tránsito</b>			
<b>3A</b>	<b>Definición del objetivo general</b>	<b>Producto 3.</b> Documento que contiene los objetivos del estudio	<b>X</b>
<b>3B</b>	<b>Definición de los objetivos específicos</b>		<b>X</b>
<b>Área de influencia</b>			
<b>4A</b>	<b>Definición del área de influencia según su alcance geográfico</b>		<b>X</b>
4A.1	Representación gráfica del área de influencia en forma de mapa o imagen representativa		<b>X</b>
4A.2	Justificación del área de influencia según su alcance geográfico		<b>X</b>
<b>4B</b>	<b>Definición del área de influencia según su impacto</b>	<b>Producto 4.</b> Documento que contiene la definición del área de influencia de forma detallada y justificada con su respectiva representación gráfica	<b>X</b>
4B.1	Representación gráfica del área de influencia en forma de mapa o imagen representativa		<b>X</b>
4B.2	Justificación del área de influencia según su impacto		<b>X</b>
<b>4C</b>	<b>Definición del corte temporal del proyecto</b>		<b>X</b>
4C.1	Selección del año base del proyecto		<b>X</b>
<b>5A</b>	<b>Coordinación del área de influencia</b>	<b>Producto 5.</b> Documento por parte de la interventoría y la entidad contratante con la aprobación del área de influencia	<b>NA<sub>1</sub></b>
5A.1	Socialización del área de influencia hacia la interventoría		-
5A.2	Socialización del área de influencia a la entidad contratante		-
<b>Recopilación de información secundaria</b>			
<b>6A</b>	<b>Recopilación de información referente a la geografía económica de la región</b>		<b>X</b>
6A.1	Crecimiento Demográfico	<b>Producto 6.</b> Documento que contiene la información secundaria recopilada acompañado de anexos y bases de datos	<b>X</b>
6A.2	Producto Interno Bruto y Actividades Económicas		<b>X</b>
6A.3	Características del suelo		<b>X</b>
<b>6B</b>	<b>Recopilación de información referente al diseño geométrico</b>		<b>X</b>

Ítem	Descripción	Producto	Estado
6B.1	Trazado (alineamiento horizontal y vertical)		X
6B.2	Criterios de diseño		X
6B.3	Dimensiones (longitud, ancho de la calzada, número de carriles, entre otros)		X
6B.4	Obras de infraestructura		X
6B.5	Estaciones proyectadas de peaje		X
<b>6C</b>	<b>Recopilación de información referente a volúmenes de tránsito</b>		X
6C.1	Series históricas de volúmenes vehiculares por categoría suministradas por entidades gubernamentales		X
<b>6D</b>	<b>Recopilación de información referente a estudios previos:</b>		NA <sub>2</sub>
6D.1	Metodología empleada en la realización del estudio		-
6D.2	Datos existentes recogidos durante la ejecución del estudio		-
6D.3	Método empleado para la obtención de proyecciones y asignaciones del tránsito		-
6D.4	Estimaciones de tránsito y costos de operaciones		-
6D.5	Recomendaciones y conclusiones		-
<b>6E</b>	<b>Revisión de la validez temporal y espacial de la información secundaria recopilada</b>		X
<b>Recopilación de información primaria</b>			
<b>7A</b>	<b>Elaboración de la metodología de toma de información</b>	<b>Producto 7.</b> Documento que contiene la metodología de la toma de información y aprobación de esta por parte de la interventoría y entidad contratante	NA <sub>3</sub>
<b>8A</b>	<b>Procesamiento de información del Inventario vial</b>		X
8A.1	Tipo de vía		X
8A.2	Ancho de calzada	<b>Producto 8.</b> Documento que presenta el procesamiento y análisis de la información recopilada acompañado de anexos y bases de datos	X
8A.3	Longitud de los tramos de evaluación		X
8A.4	Número de carriles		X
8A.5	Sentido de circulación		X
8A.6	Tipo y estado del pavimento		X

Ítem	Descripción	Producto	Estado
8A.7	Otras características		X
<b>8B</b>	<b>Procesamiento de información de volúmenes de tránsito motorizados y no motorizados</b>		<b>NA<sub>4</sub></b>
8B.1	Volúmenes vehiculares y peatonales para periodos de 15 minutos para cada periodo y día de toma de información, así como para cada acceso y movimiento aforado representado en vehículos mixtos y equivalentes		-
8B.2	Volumen Horario de Máxima Demanda, Hora de Máxima Demanda, Factor de Hora Pico por acceso y total para cada punto aforado		-
8B.3	Volumen Total (en el periodo aforado) y Composición vehicular para cada periodo y día de toma de información		-
8B.4	Histograma de volúmenes vehiculares y peatonales		-
8B.5	Factores de Expansión de volúmenes vehiculares y el Tránsito Promedio Diario, incluyendo las categorías vehiculares consideradas		-
<b>8C</b>	<b>Procesamiento de información de velocidades</b>		<b>NA<sub>5</sub></b>
8C.1	Velocidad promedio de recorrido por tramo		-
8C.2	Velocidad promedio de marcha por tramo		-
8C.3	Demoras y tiempos de recorrido		-
<b>8D</b>	<b>Procesamiento de información de Encuestas de Preferencia Revelada y Preferencia Declarada</b>		<b>NA<sub>6</sub></b>
8D.1	Verificación del tamaño muestral de acuerdo con el estimado en la etapa metodológica		-
8D.2	Análisis de estadística descriptiva para cada uno de los atributos solicitados en la encuesta de Preferencia Revelada		-
8D.3	Procesamiento de los Orígenes y Destinos obtenidos y la georreferenciación de estos		-
8D.4	Análisis de las encuestas de Preferencia Declarada, con los respectivos modelos de elección		-



Ítem	Descripción	Producto	Estado
	realizados y las estadísticas de aceptación de estos		
<b>Selección y aplicación de herramientas de análisis de tránsito</b>			
<b>9A</b>	<b>Selección de la herramienta de análisis de tránsito</b>	<b>Producto 9.</b> Documento resumido que presente la calibración del año base junto a sus criterios y especificaciones de aceptación. Lo anterior, debe estar acompañado de los archivos de simulación y demás archivos necesarios para su revisión.	<b>X</b>
<b>9B</b>	<b>Entrada de datos a un software de simulación</b>		<b>X</b>
<b>9C</b>	<b>Calibración y validación del modelo</b>		<b>X</b>
9C.1	Selección de indicadores a calibrar		<b>X</b>
9C.2	Criterios o estadísticas que cumplir		<b>X</b>
<b>10A</b>	<b>Aprobación de la calibración</b>		<b>NA<sub>7</sub></b>
<b>10B</b>	<b>Ejecución de la simulación</b>		<b>NA<sub>8</sub></b>
10B.1	Evaluación de indicadores		-
<b>10C</b>	<b>Realizar control de calidad de la simulación</b>	<b>Producto 10.</b> Documento de aprobación por parte de la interventoría y entidad contratante a la situación base calibrada	<b>NA<sub>9</sub></b>
10C.1	Verificar que las características de la red tales como número de carriles, tipos de vías, longitud, restricciones y demás atributos sean correctas.		-
10C.2	Verificar la metodología utilizada para la simulación y si los parámetros utilizados por defecto son razonables.		-
10C.3	Verificar si los resultados obtenidos son razonables para las condiciones analizadas.		-
<b>Estimación de flujos y proyecciones de tránsito</b>			
<b>11A</b>	<b>Definición del Tránsito Actual (TA)</b>	<b>Producto 11.</b> Documento que contiene el valor del Tránsito Actual, su análisis y diferentes hipótesis de asignación	<b>X</b>
11A.1	Estimación del TPDS		<b>X</b>
11A.2	Estimación del TPDA		<b>X</b>
11A.3	Estimación del Volumen Horario		<b>X</b>
<b>12A</b>	<b>Definición del Crecimiento Normal del Tránsito (CNT)</b>	<b>Producto 12.</b> Documento que describe la metodología utilizada para la obtención de los factores de crecimiento, junto a los resultados obtenidos. Finalmente, lo anterior debe ser aprobado por la entidad contratante y la interventoría.	<b>X</b>
12A.1	Definir la metodología para la estimación de acuerdo con la información disponible y los niveles de certeza de cada una		<b>X</b>
12A.2	Validar las suposiciones con respecto a la infraestructura de transporte, uso de la tierra y condiciones socioeconómicas		<b>X</b>
12A.3	Recopilación de tasas de crecimiento propuestas por		<b>X</b>

Ítem	Descripción	Producto	Estado
	entidades gubernamentales o estudios previos		
12A.4	Evaluación de escenarios más probable, optimista y pesimista		X
<b>13A</b>	<b>Definición del Tránsito Generado (TG) y Desarrollado (TD)</b>		<b>X</b>
13A.1	Definir metodología para la estimación del TG y TD		X
13A.2	Recopilación de factores o valores propuestos por entidades gubernamentales o diferentes estudios	<b>Producto 13.</b> Documento que contiene la estimación del Tránsito Futuro, su análisis y conclusiones.	X
13A.3	Estimación del TG y TD		X
<b>13B</b>	<b>Estimación de pronósticos</b>		<b>X</b>
<b>Costos de transporte</b>			
14A	<b>Estimación de costos de transporte haciendo uso de modelos realizados por entidades gubernamentales</b>		<b>X</b>
<b>14B</b>	<b>Estimación de costos de transporte por medio del HDM</b>	<b>Producto 14.</b> Documento que contiene los resultados obtenidos en la estimación de los costos de transporte	<b>NA<sub>10</sub></b>
14B.1	Recopilación de información referente a la red de transporte		-
14B.2	Recopilación de información referente al parque automotor		-
14B.3	Recopilación de información referente al tipo de proyecto		-
14B.4	Ejecución de modelos		-

1. En el respectivo producto, el consultor debe recibir por parte de la interventoría o la entidad contratante la aprobación del área de influencia definida previamente. Cabe resaltar que el área de influencia seleccionada debe estar en concordancia con las demás especialidades con el objetivo de evitar cambios y problemas en otra etapa del proyecto.
2. Dado que se considera un proyecto nuevo, no tiene estudios previos, excepto el estudio de la identificación de la necesidad descrito al inicio del proyecto.
3. Dada la etapa actual en la cual se encuentra el proyecto, no se recopiló este tipo de información.
4. Dada la etapa actual en la cual se encuentra el proyecto, no se recopiló este tipo de información.

5. Dada la etapa actual en la cual se encuentra el proyecto, no se recopiló este tipo de información.
6. Dada la etapa actual en la cual se encuentra el proyecto, no se recopiló este tipo de información.
7. En este producto la interventoría y entidad contratante revisa y aprueba los resultados obtenidos para la situación base.
8. En este producto la interventoría evalúa los principales indicadores resultado de la simulación hecha por el consultor.
9. Dentro de los ítems mínimos a verificar se debe tener en cuenta lo siguiente:
  - a. Verificar que las características de la red tales como número de carriles, tipos de vías, longitud, restricciones y demás atributos sean correctas.
  - b. Verificar la metodología utilizada para la simulación y si los parámetros utilizados por defecto son razonables y sustentados.
  - c. Verificar si los resultados obtenidos representen la realidad.
10. Dado que para la estimación de los costos de operación se utilizó el modelo realizado por el Instituto Nacional de Vías, descrito previamente.