

**INFLUENCIA DE LA VELOCIDADES DE OPERACIÓN Y EL DISEÑO
GEOMÉTRICO EN LA ACCIDENTALIDAD CASO DE ESTUDIO AVENIDA
CIRCUNVALAR EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA PARROQUIA
NUESTRA SEÑORA DE EGIPTO A LA ENTRADA A MONSERRATE, SENTIDO
SUR – NORTE**

**JIMMY ALEXANDER MILLÁN CADENA
LUIS MIGUEL OLIVERA LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ, DC.
2015**

**INFLUENCIA DE LA VELOCIDADES DE OPERACIÓN Y EL DISEÑO
GEOMÉTRICO EN LA ACCIDENTALIDAD CASO DE ESTUDIO AVENIDA
CIRCUNVALAR EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA PARROQUIA
NUESTRA SEÑORA DE EGIPTO A LA ENTRADA A MONSERRATE, SENTIDO
SUR – NORTE**

**JIMMY ALEXANDER MILLÁN CADENA
LUIS MIGUEL OLIVERA LÓPEZ**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil


Asesor Disciplinar: IGMC. NANCY OSPINA CIFUENTES
Asesora Metodológica: LIC. LAURA MILENA CALA TRISTANCHO

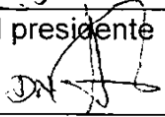
UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ, DC.
2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado


Firma del presidente jurado


Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 29 de Mayo 2015

Bogotá D.C. 11/06/2015

Señores:

Departamento de Biblioteca
Universidad La Gran Colombia
Ciudad

Estimados señores:

Yo (nosotros)

<u>Jimmy Alexander Millán Cadena</u>	, con C.C. No	<u>80'919.806</u>
<u>Luis Miguel Olivera López</u>	, con C.C. No	<u>1.019'017.380</u>

Autor (es) exclusivo(s) del trabajo de grado titulado: Influencia de la velocidades de operación y el diseño geométrico en la accidentalidad caso de estudio Avenida Circunvalar en el tramo comprendido entre la Parroquia Nuestra Señora de Egipto a la entrada a Monserrate, sentido sur – norte Bogotá.

Para optar el título como Ingenieros Civiles presentado y aprobado en el año 2015 autorizo (amos) a la Universidad La Gran Colombia obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación; conforme al art. 2, 12, 30 (modificado por el art 5 de la ley 1520/2012), y 72 de la ley 23 de de 1982, Ley 44 de 1993, art. 4 y 11 Decisión Andina 351 de 1993 art. 11, Decreto 460 de 1995, Circular No 06/2002 de la Dirección Nacional de Derechos de Autor para las Instituciones de Educación Superior, art. 15 Ley 1520 de 2012 y demás normas generales en la materia.

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previo convenio perfeccionado con la Universidad para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas Facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones	X	

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
6. La inclusión en el repositorio Biblioteca Digital de la Universidad La Gran Colombia	X	

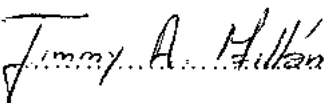
De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, el presente consentimiento parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

“son propiedad de los autores los derechos morales sobre el trabajo”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables; la Universidad La Gran Colombia está obligada a RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas convenientes para garantizar su cumplimiento.

NOTA: Información Confidencial:

Esta Monografía o Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica, confidencial y demás similar, o hace parte de una investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. SI NO

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

Firma..... 

Nombre: Jimmy Alexander Millán Cadena

C.C. No: 80'919.806 de Bogotá

Firma..... 

Nombre: Luis Miguel Olivera López

C.C. No: 1.019'017.380 de Bogotá

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	12
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3.	JUSTIFICACIÓN.....	17
4.	OBJETIVOS.....	18
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	18
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
5.	ANTECEDENTES	19
6.	MARCO DE REFERENCIA.....	22
6.1.	MARCO CONCEPTUAL	22
6.1.2.	Las Características de la Vía	24
6.1.3.	Las características del vehículo.....	24
6.1.4	Las condiciones meteorológicas.....	25
6.1.5	Sistemas de medida de velocidades instantáneas.....	25
6.1.6	Clasificación de los sistemas de medida.....	26
6.1.7	Señalización.....	30
6.1.8	Tipos de accidentes viales	31
6.2	MARCO LEGAL	35
6.3	MARCO GEOGRAFICO.....	40
6.3.1	Ubicación General	40
6.3.2	Ubicación Local Del Proyecto	41
7	DISEÑO METODOLÓGICO.....	43
7.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACION.....	43
7.2	TIPO DE INVESTIGACION	43
7.3	DISEÑO MUESTRAL.....	43
7.3.1	Población.....	43
7.3.2	Muestra	43
7.3.3	Variables.....	44
8	FASES DE INVESTIGACIÓN	45
8.1	FASE 1. Recolección de información	45
8.2	FASE 2. IDENTIFICACIÓN DE LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN.....	45
8.2.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS.....	46
8.3	FASE 3. EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	47

8.3.1	INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	47
9	RESULTADOS	49
9.1	DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD REAL DE OPERACIÓN DE LA VÍA	49
9.1.1	Aforos de volumen	49
9.1.2	Cálculo de Velocidad	50
9.2	EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	61
9.2.1	Diseño geométrico	61
9.2.2	Evaluación de radios de la vía	62
9.3	ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD.....	63
9.3.1	Accidentalidad.....	63
9.3.2	Recolección de Información.....	63
9.3.3	Cálculo y evaluación del Índice de Accidentalidad Total.....	65
9.3.4	Relación Accidentalidad – Velocidad	66
10	CONCLUSIONES	70
11	BIBLIOGRAFIA	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 División de vehículo por clase	24
Tabla 2. Radios mínimos absolutos.	29
Tabla 3. Índices de accidentes de tránsito	30
Tabla 4. Accidentalidad por gravedad.....	34
Tabla 5. Accidentalidad por clase.....	34
Tabla 6. Marco legal	35
Tabla 7. Características de la geografía de la ubicación.....	41
Tabla 8. Radios mínimos para diferentes velocidades de diseño y peraltes máximos	62
Tabla 9. Evaluación de radios según señalización existente	62
Tabla 10. Evaluación de radios según velocidad real de operación.....	62
Tabla 11. Accidentalidad por gravedad.....	63
Tabla 12. Accidentalidad por clase.....	64
Tabla 13. Índices de accidentalidad por año	65
Tabla 14 Tabla comparativa de puntos críticos.....	68

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Participación en accidentes con motocicleta involucrada contra los accidentes totales por año.....	34
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Señales Reglamentarias.....	30
Figura 2 Señales Preventivas.....	30
<i>Figura 3. Ubicación del proyecto.....</i>	<i>41</i>

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I Formato de aforo de velocidades de operación

ANEXO II Mapas de accidentalidad

ANEXO III TABLA VELOCIDADES

ANEXO IV Aforos y graficas velocidad vs densidad

1 INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tráfico constituyen uno de los principales problemas de nuestra sociedad según estudios realizados por la secretaria de movilidad distrital. Con el fin de minimizar al máximo esta cantidad es imprescindible considerar los tres factores concurrentes de la siniestralidad: el conductor, el vehículo y la infraestructura. Este último es considerado por algunos estudios como el causante, en mayor o menor medida, del 34 % de los accidentes en carretera (Highway Safety Manual, 2010). De hecho, investigaciones previas han mostrado cómo las colisiones tienden a concentrarse desproporcionadamente en ciertos tramos de la carretera, indicando que además de los errores de los conductores, las características de la carretera juegan un papel primordial cuando se produce un accidente. Una de las principales razones relacionadas con la infraestructura puede ser la baja consistencia del diseño geométrico. Esta situación produce que la geometría de la vía no se ajuste a las expectativas de los conductores y, por tanto, que estos puedan verse sorprendidos ante ciertas configuraciones de la misma, produciendo además una alta variabilidad en la velocidad entre elementos de la carretera y entre diferentes conductores que puede conllevar una mayor frecuencia de accidentes.

Tomando en cuenta las características que ofrece la Avenida Circunvalar y considerando la dificultad del estudio de la influencia de estos factores mencionados anteriormente, en la presente investigación, se ha abordado este estudio relacionando las densidades vehiculares con las velocidades de operación y diseño, las tasas de accidentalidad reportadas por las entidades competentes, todo esto para identificar cuál es su incidencia con la accidentalidad en la zona de estudio.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A escala mundial, el tema de la accidentalidad vial se ve cada vez con mayor preocupación, todos los años casi 1,3 millones de personas pierden la vida a consecuencia de accidentes de tránsito. Hasta hace poco, no se conocía con exactitud cuál era la situación de la seguridad vial en el mundo. En 2009 la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹ publicó el Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, que evalúa por primera vez la situación de la seguridad vial a nivel mundial, con estadísticas alarmantes que ubican en Latinoamérica índices de accidentalidad vial de 19.2 muertes por cada 100.000 habitantes.

Por parte de los organismos multilaterales de crédito como el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) o Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (IDB), y otros como la Organización Panamericana de la Salud (OPS), entidades encargadas de reunir datos a nivel mundial, ubican la accidentalidad vial como la séptima causa de mortalidad².

En Colombia, el Ministerio de Transporte ajustó el Plan Nacional de Seguridad Vial PNSV 2013-2021 a través del consenso de actores y agentes expertos en el tema, con el objetivo general del Plan es reducir en un 50% el número de fallecidos en siniestros de tránsito en Colombia al año 2016. Este objetivo es coherente con la meta planteada por la OMS.³

En los últimos años se ha incrementado el número de accidentes de tránsito, según estadísticas del Ministerio de Salud y Protección Social, a escala nacional el accidente de tránsito es la novena causa de mortalidad general y la segunda de muerte violenta en Colombia. La accidentalidad vehicular representa en Colombia un problema de salud pública que genera grandes pérdidas humanas y materiales a la sociedad. Las cifras de personas lesionadas en 2011 son igualmente considerables, incluso teniendo en cuenta que muchos de esos accidentes no son debidamente judicializados por diferentes motivos. Más grandes aún son las

¹ Organización Mundial de la Salud Tema: Prevención de la violencia y los traumatismos, Consultado el 25 de noviembre de 2014. Disponible en <http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009/es/>. (Bogotá).

² MARTA GONZÁLEZ GARRIDO. Estudio de Velocidades. España. Marzo de 1999. Informe técnico. P 53. Citado por citado por GOMEZ ULLOA, Juan David y MANRIQUE MAPE, Diego Alexander. Tesis Estudio de la velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizada. Bogotá. 2014. P 22.

³ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Plan Nacional de Seguridad Vial. [En línea] <<https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones.php?id=3239>>. [Citado en 5 de noviembre de 2014].

estadísticas de los llamados choques simples; lo cual repercute de manera directa en las lesiones fatales y no fatales de las personas, daños a vehículos y bienes inmuebles. Además, los volúmenes de tráfico en las ciudades aumentan, lo cual incide en la movilidad.⁴

En Bogotá el problema de accidentalidad vial es una de las principales causas de muerte en Bogotá, de acuerdo al estudio realizado por el Fondo de Prevención Vial.⁵ En este estudio se mencionan tres factores de vital importancia que contribuyen a este problema: en primer lugar el factor más elevado es el del ser humano, el cual tiene una responsabilidad del 73%, en este porcentaje están comprendidos el conductor del vehículo y el peatón, el primero aporta a este índice cuando conduce en estado de embriaguez, no ceder el paso en cruces, adelantar indebidamente, no respetar la separación adecuada entre vehículos y el exceso de velocidad, el peatón por su parte aporta a este índice con la imprudencia que comete al realizar cruces indebidos y maniobras peligrosas para cruzar calles con flujo vehicular constante. En segundo lugar el factor técnico de la vía aportando a este índice el 34% de responsabilidad en el estudio realizado y hace referencia a los defectos constructivos de diseño y señalización de la vía. En último lugar pero no menos importante se encuentra el factor vehicular, el cual aporta un 13% de responsabilidad y se ve representado en las fallas mecánicas del vehículo, los defectos de neumáticos, frenos o luces, entre otros, los cuales se podrían prevenir realizando la revisión técnica exigida por la normatividad vigente.⁶

De acuerdo al análisis anterior se evidencia que los factores humanos y de la vía son los que más contribuyen en los accidentes de tránsito y también están relacionados con los accidentes que ocurren por exceso de velocidad, puesto que el riesgo de sufrir un accidente aumenta directamente cuando a su vez aumenta la velocidad disminuyendo las posibilidades de manejo y de control del vehículo. De acuerdo a esto en la ciudad de Bogotá según el Código Nacional de Tránsito⁷ en zonas urbanas se puede conducir a una velocidad de 80 km/h, en las zonas escolares a 30 km/.

⁴ Fondo de Prevención Vial. Capítulo Velocidad. Tema: Para proteger la vida y la integridad de todos los usuarios de las vías. Consultado el 20 de Febrero de 2014. Disponible en: <URL: <https://www.fpv.org.co/proteccion/velocidad/9>>. (Bogotá).

⁵ Ibid.

⁶ GOMEZ ULLOA. Juan David y MANRIQUE MAPE. Diego Alexander. Estudio de la velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizadas. Bogotá 2014. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad La Gran Colombia. Departamento de Ingeniería Civil.

⁷ Código Nacional de Tránsito. Capítulo XI. Límites de velocidad. Artículo 106. Límite de velocidad en zonas urbanas públicas. Pág. 52. Consultado el 25 de Enero de 2014.

Específicamente en la avenida circunvalar en el tramo comprendido entre la Parroquia Nuestra Señora de Egipto y la entrada a Monserrate, se ha encontrado elevados índices de accidentalidad de acuerdo a lo evidenciado por la Policía Nacional a través de los puestos de control, por ser una ruta a flujo libre que no está semaforizada, este tramo permite el desarrollo de altas velocidades que aumentan la probabilidad de accidentes.

La Policía Nacional presentó tablas de accidentalidad de las cuales tiene conocimiento la Secretaría de Movilidad, en las que se presentan la gravedad y la clase de los accidentes desde el año 2007 hasta el 2012 en el sector. Dichas tablas se presentan más adelante en el Marco de referencia, tablas 1 y 2.

Desde la inauguración de la avenida circunvalar entre 1982 y 1985 se han presentado innumerables inconvenientes con esta avenida. Tales como trancones y deslizamientos, son algunos de los más comunes que se presentan en esta vía. Estos problemas no permiten el desarrollo de las comunidades aledañas y a su vez perjudican a los usuarios de esta vía.

En esta investigación se pretende establecer la relación entre velocidad de operación que tienen los vehículos que transitan por el tramo mencionado, el diseño geométrico de la vía y su incidencia en el factor de la accidentalidad en la ruta que va desde la Parroquia Nuestra Señora de Egipto a la entrada a Monserrate sentido sur-norte Bogotá.

PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA PROBLEMA

¿Qué relación tienen la velocidad de operación, el diseño geométrico y su incidencia en la accidentalidad en vías no semaforizadas tomando como caso de estudio Avenida Circunvalar en el tramo comprendido entre la Parroquia Nuestra Señora de Egipto a la entrada a Monserrate sentido sur-norte Bogotá?

3. JUSTIFICACIÓN

Bogotá es una ciudad que está en constante crecimiento y cada día en sus calles son notorias las falencias para contener la capacidad vehicular, lo cual predispone a los conductores a tomar vías alternas por las cuales sea más rápido llegar a sus destinos, además de la falta de conciencia por parte de los conductores que por cuestiones de tiempo o por simple imprudencia sobrepasan las velocidades permitidas por factores como la falta de señalización en las vías o simplemente por imprudencia. Entre otras cosas se evidencia que conducir a altas velocidades es una de las principales causas de accidentalidad vial en Bogotá, para lo cual se han presentado herramientas para mitigar este efecto tales como: normas y sanciones emitidas por el Código Nacional de Tránsito. Por otra parte la Policía Nacional realiza controles, impone sanciones o comparendos, también se realizan campañas que pretenden concientizar a las personas tanto peatones como conductores, de la responsabilidad que tienen que asumir en la vía, con el fin de fomentar una cultura de responsabilidad vial.

Es de suma importancia mencionar que al exceder los límites de velocidad, son cometidos errores muy graves y los cuales pueden empeorar al sumarles las condiciones de la vía en cuanto a su infraestructura y señalización; una de las posibles causas puede ser que el diseño geométrico de la vía no cumple con las especificaciones técnicas mínimas, porque el proceso de construcción de la vía o los materiales empleados en ello, no fueron los más adecuados o porque la señalización vial no fue ubicada de la forma correcta.

Por ello para este estudio se busca determinar la velocidad de operación para el tramo de la Avenida Circunvalar comprendido entre la Parroquia de Nuestra Señora de Egipto y la entrada a Monserrate, teniendo en cuenta que este es un tramo no semaforizado el cual permite a los usuarios de la vía desarrollar altas velocidades con el fin de identificar los puntos en los cuales se presentan excesos de velocidad, complementando con el diseño geométrico del área de estudio, para de esta forma poder formular posteriormente medidas técnicas necesarias, en cuanto al diseño de la vía, la forma de ubicar de manera correcta la señalización adecuada para la vía, balizamientos, reductores de velocidad, entre otros.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia entre la velocidad de operación en la zona no semaforizada y el diseño geométrico sobre la accidentalidad de la avenida circunvalar en el tramo comprendido entre la parroquia Nuestra señora de Egipto hasta la entrada a Monserrate, en sentido sur-norte.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las velocidades de operación para el tramo comprendido entre la entrada a Monserrate en el Paso Bolívar y Parroquia de Nuestra Señora de Egipto sentido sur-norte.
- Identificar los puntos críticos de accidentalidad en la zona de estudio.
- Modelar el diseño geométrico actual con base a los requerimientos mínimos para la velocidad de operación en esta vía.

5. ANTECEDENTES

Se han realizado estudios de tráfico en España, en la región de Andalucía⁸ donde el proceso que se empleó para realizar dichos estudios está basado en establecer el mapa de velocidades. Para realizar un estudio de este tipo fue necesario evidenciar en el entorno un problema de tráfico y en la zona de estudio, se determinó un índice muy elevado de accidentalidad a causa de las altas velocidades de operación, por ello la Junta de Andalucía realizó dicho estudio para minimizar el índice de accidentalidad.

Dentro de los resultados que arrojó el estudio se pudo determinar el mapa de los accesos a la provincia con mayor tráfico. Con respecto a dichos accesos se añadieron dos mapas: el primero como complemento hace mención al mapa de vehículos pesados y el segundo y más importante es el mapa de velocidades, el cual es el que proporciona la información de la velocidad media de operación, es decir, el promedio de las velocidades que desarrollan los vehículos en circulación. De este mapa se obtuvo la circulación de los vehículos ligeros en cada tramo de la red y la respectiva información de las velocidades temporales de los vehículos tanto ligeros como pesados, que pasaron por cada sección de los aforos.

Con el estudio fue posible conocer los valores medios de las variables de recorrido, lo cual fue un punto importante para llevar a cabo el análisis de accesibilidad, movilidad y modelación del tráfico en la red vial de Andalucía.

Por otra parte, la investigación de Martha González⁹ parte de la idea de que la velocidad media de recorrido depende de las condiciones del tráfico, también depende de otros factores tales como la intensidad, el trazado de la vía, el pavimento, las zonas urbanas y los factores climáticos, partiendo de estos la investigadora establece relaciones entre la velocidad, la intensidad y la densidad de la vía.

Para el caso de Colombia se toma como referencia dos casos particulares en los cuales se estudia la velocidad de operación de vehículos: una en Ibagué, Tolima y

⁸ JUNTA DE ANDALUCÍA [En línea]. <http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/texto/50ec>. [citado el 25 de Octubre del 2013].

⁹ MARTA GONZÁLEZ GARRIDO. Estudio de Velocidades. España. Marzo de 1999. Informe técnico. P 53. Citado por GOMEZ ULLOA, Juan David y MANRIQUE MAPE, Diego Alexander. Tesis Estudio de la velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizada. Bogotá. 2014. P 22.

otra en Bogotá la cual estudia velocidades de operación del transporte masivo de Bogotá.

En el caso de Ibagué¹⁰ se realizó un estudio de velocidad puntual, el cual se basó en cronometrar el tiempo que se demora un vehículo en recorrer una distancia predeterminada sobre un tramo de vía establecido, y repetir esa medida para una cantidad suficiente de vehículos con la que se pueda determinar una velocidad representativa en todos los vehículos. El porcentaje de este estudio fue del 85%, es decir: se determina la velocidad que adopta el 85% de los conductores y la forma de realizar este procedimiento es por métodos manuales. El tramo de estudio está delimitado a la Avenida Ambalá, hasta la calle 67, punto que sirve como acceso peatonal y vehicular para la Universidad de Ibagué.

En Bogotá en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas¹¹ se realizó un estudio de velocidades de operación en los carriles mixtos para el transporte masivo de Bogotá, para el cual se analizan seis corredores como zona de estudio los cuales son: la Autopista Norte, Calle 80, Carrera 30, Avenida de las Américas, Avenida Suba y la Calle 26. Dichos corredores representan un factor determinante en el tránsito de la ciudad, ya que por ellos transita una cantidad considerable de vehículos del sistema masivo, y son algunas de las vías más representativas en la ciudad en medida de volúmenes de tránsito. En estas zonas se hicieron mediciones de velocidades puntuales que fueron medidas de forma directa con radar; también se realizaron cálculos de las velocidades máximas seguras y cómodas con las que no se vea afectada la seguridad de los usuarios de los corredores analizados, con lo que se pretendía emitir una propuesta de velocidades máximas de operación adecuadas para cada uno de los corredores de estudio, lo que representa un avance en la movilidad vehicular y un fortalecimiento en la seguridad de los usuarios, tanto peatonales, como conductores y demás.

¹⁰ ESTUDIO SOBRE VELOCIDAD PUNTUAL AV. AMBALÁ ENTRE CALLES 67 Y 69 IBAGUÉ (TOLIMA). JIMÉNEZ PÉREZ, Édgar Ramiro. Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Civil. Especialización en Vías y Transporte. Manizales
Marzo de 2007.

¹¹ ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN LOS CARRILES MIXTOS DE LAS TRONCALES DEL TRANSPORTE MASIVO EN BOGOTÁ – Hacia Una Propuesta De Aumento De La Velocidad Máxima Permitida. RINCÓN, Mario Arturo. VARGAS, Wilson. GONZÁLEZ, Carlos. CHALA, Julián David. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

De la universidad la Gran Colombia¹² se tiene el estudio de velocidades de operación en rutas no semaforizada, en el cual por medio de aforos se buscó conocer la velocidad real de operación para el tramo de la Avenida Circunvalar comprendido entre la entrada a Monserrate en el Paso Bolívar y Parroquia de Nuestra Señora de Egipto, esto con el fin de identificar los puntos donde se presenten exceso de velocidad, y así hacer posible implementar las medidas técnicas necesarias, bien sea en el rediseño de la vía, la colocación correcta de la señalización vial o la ubicación de reductores de velocidad.

¹² ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN EN RUTAS URBANAS NO SEMAFORIZADA. GOMEZ ULLOA, Juan David, Universidad La Gran Colombia. Facultad De Ingeniería. 2014.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO CONCEPTUAL

La carretera es una infraestructura la cual tiene como finalidad permitir la circulación de vehículos con fluidez, frente al espacio con el que cuenta y el tiempo que duran en circular los vehículos a lo que se conoce como: volumen vehicular¹³. Su composición está en función de las demandas del tránsito que por allí circula y con respecto a ello se mide su constitución, puede tener varias calzadas o varios sentidos de circulación. El ministerio tiene un compromiso que realiza a través, del INVIAS, con ello quiere aumentar el sistema de producción de los municipios y que este sistema abra sus puertas a otras ciudades del país, generando a su vez un mercado competitivo y un mayor desarrollo para cada departamento.¹⁴

Existen Balizamientos, los cuales son: señales informativas o restrictivas, como la utilización de determinados elementos que son fácilmente perceptibles por el conductor, con el objeto de destacar la presencia de límites de obras u otras indicaciones para el conductor. Eso hace parte del funcionamiento del sistema, a lo que se identifica como elemento dinámico del sistema; este sistema se puede dividir en sectores para identificar el volumen de tráfico, el cual se puede determinar como la cantidad de vehículos que transitan en un determinado intervalo de tiempo. La resolución de problemas identificados en el tema de transporte significa un crecimiento en el desarrollo cultural en el cual la teoría del desarrollo resulta por su importancia en una prolongación de la teoría económica y de la economía política.¹⁵

La señalización que existe en determinado lugar, es el conjunto de señales y órdenes de agentes de la circulación, señales circunstanciales que modifican el régimen normal de utilización de la vía y señales de balizamiento fijo, semáforos, señales verticales de circulación y marcas viales, destinadas a los usuarios de la

¹³ DEFINICIÓN.DE. Definición de carretera. [en línea]. <http://definicion.de/carretera/>. [citado el 14 de octubre de 2014].

¹⁴ BALIZAMIENTO. Definición y significado. [en línea]. <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/balizamiento-definicion-significado/gmx-niv15-con193083.htm>. [citado el 16 de noviembre de 2014].

¹⁵ ITINERARIOS PEATONALES. Consorcio Zaragoza. Conceptos de señalización. [en línea]. <http://itinerarios.consortiozaragoza.es/index>. [citado el 14 de octubre de 2014].

vía y que tienen por misión advertir e informar a éstos u ordenar o reglamentar su comportamiento con la necesaria antelación de determinadas circunstancias de la vía o de la circulación.¹⁶

El Código Nacional de Tránsito colombiano¹⁷, es claro en cuanto a los límites de velocidad a los que deben circular los vehículos en las diferentes vías del país. Es importante recordar algunos aspectos que menciona este código al respecto:

- En carretera, la velocidad máxima permitida para los vehículos particulares es de 100 kilómetros por hora y los de transporte público y escolar, 80 kilómetros por hora. En caso de que la carretera no esté señalizada, la velocidad de manejo debe ser de 80 kilómetros por hora.
- En vías urbanas y municipales, el límite de velocidad quedó establecido en máximo 60 kilómetros por hora, en vías residenciales y escolares, el límite es 30 kilómetros por hora.
- Se debe aclarar que cada Secretaría de Tránsito tiene la potestad de cambiar dichos límites, y por ello, la velocidad en las vías de una ciudad o departamento pueden variar.
- Según este mismo código, el exceso de velocidad tiene una multa de 15 salarios mínimos diarios legales vigentes.
- A continuación se mencionan algunos factores que afectan la velocidad que se tienen en cuenta para este estudio, estos conceptos son tomados del documento de Marta González.¹⁸

6.1.1. Intensidad.

De todos los factores que influyen sobre la velocidad, el más importante es la INTENSIDAD. Mientras la intensidad del tráfico es baja, los conductores pueden mantener la velocidad que ellos juzgan más adecuada, mientras que cuando aumenta la intensidad la velocidad de cada conductor viene determinada en gran parte por los demás, produciéndose una disminución de la velocidad media. Cuando la intensidad es muy alta y la carretera llega a estar congestionada, la

¹⁶ BIBLIOTECA VIRTUAL DE DERECHO, ECONOMÍA Y CIENCIAS SOCIALES. Desarrollo cultural. [en línea]. <http://eumed.net/libros-gratis/2011a/898/Desarrollo%20Cultural.hmt>. [citado el 14 de octubre de 2014].

¹⁷ Código Nacional de Tránsito. Op. cit., p. 52.

¹⁸ GONZÁLEZ. Op. cit., p. 8 / 9.

velocidad resulta poco influida por las características de la carretera e incluso es casi la misma para todos los vehículos.

6.1.2. Las Características de la Vía

Como lo expresa el documento de tesis de Velocidades de operación realizada en La Gran Colombia,¹⁹ la mayoría de los estudios han demostrado que la velocidad aumenta con la calidad de ésta, tanto en lo relativo al trazado como a la regularidad superficial de su pavimento y al ruido que perciben. El factor que mayormente limita la velocidad es la curvatura en planta, por la sensación de aceleración centrífuga no compensada por el peralte que provoca en el conductor. Sin embargo, una reducción de la visibilidad no suele provocar una disminución de la velocidad, en este caso los conductores asumen más riesgo.

6.1.3. Las características del vehículo.

El tipo y las características del vehículo influyen en la velocidad, pero no demasiado, a no ser que se combinen con otros factores relacionados con el trazado, especialmente en alzado.

Tabla 1 División de vehículo por clase

CLASE	MODELO				TOTAL POR CLASE	
	De 1900 a 1950	De 1951 a 1975	De 1976 a 2005	No tiene	cantidad	%
1.TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO YMASIVO (veh)	0	951	19.957	0	20.908	2,9%
1.TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO (%)	0,0%	4,5%	95,5%	0,0%	100,0%	
1.1.Buses	0	68	8.306	0	8.374	1,1%
1.2.Bus articulado	0	0	607	0	607	0,1%
1.3.Buseta	0	883	5.685	0	6.568	0,9%
1.4.Camioneta	0	0	75	0	75	0,0%
1.5.Microbus	0	0	5.281	0	5.281	0,7%
1.6.Minibus	0	0	2		2	0,0%
1.7.Minivan	0	0	1		1	0,0%
2.TRANSPORTE INDIVIDUAL PASAJEROS(TAXIS) DE	0	3	45.787	0	45.790	6,3%
2.TRANSPORTE INDIVIDUAL DE	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	

¹⁹ GOMEZ ULLOA. Juan David y MANRIQUE MAPE. Diego Alexander. Estudio de la velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizadas. Bogotá 2014. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad La Gran Colombia. Departamento de Ingeniería Civil.

PASAJEROS(%)						
2.1.Automovil	0	3	45.787	0	45.790	6,3%
2.2.Camioneta	0	0	0	0	0	0,0%
4.TRANSPORTE PARTICULAR (veh)	10.048	96.139	555.641	731	662.559	90,9%
4.TRANSPORTE PARTICULAR (%)	1,5%	14,5%	83,9%	0,1%	100,0%	
4.1.AUTOMOVIL	6.244	57.512	376.422	..	440.178	60,4%
4.2.B U S	58	1.719	590	..	2.367	0,3%
4.3.BUSETA	4	299	281	..	584	0,1%
4.4.CAMION	1.175	6.059	4.479	..	11.713	1,6%
4.5.CAMIONETA	2.048	17.187	73.266	..	92.501	12,7%
4.6.CAMPERO	167	9.787	67.898	..	77.852	10,7%
4.7.CICLOMOTO	0	1	8	..	9	0,0%
4.8.DOBLE TROQUE	1	1	10	..	12	0,0%
4.9.MAQ. AGRICOLA	0	6	34	..	40	0,0%
4.10.MAQ. INDUSTRIAL	4	145	305	..	454	0,1%
4.11.MICRO BUS	6	1.002	2.140	..	3.148	0,4%
4.12.MINIBUS	0	0	19	..	19	0,0%
4.13.MINITRACTOR	0	0	11	..	11	0,0%
4.14.MINIVAN	0	0	2	..	2	0,0%
4.15.MOTOCARRO	0	15	207	..	222	0,0%
4.16.MOTOCICLETA	8	1.018	28.799	..	29.825	4,1%
4.17.MOTONETA	0	56	122	..	178	0,0%
4.18.SIN INFORMACION EN CARPET	308	1.151	847	..	2.306	0,3%
4.19.TRACTOCAMION	8	64	112	..	184	0,0%
4.20.TRACTOR	0	2	17	..	19	0,0%
4.21.TROLEBUS	0	11	5	..	16	0,0%
4.22.SIN INFORMACION REPORTADA POR LA STT	17	104	67	..	188	0,0%
4.23.TRACCION ANIMAL	731	731	0,1%
TOTAL MATRICULADOS BOGOTA	10.048	97.093	621.385	731	729.257	100%
TOTAL MATRICULADOS BOGOTA (%)	1,4%	13,3%	85,2%	0,1%	100,0%	

Fuente: Secretaria de Tránsito y Transportes -STT, Base de datos Registro Distrital Automotor –RDA, SETT (Servicios Especializados de Tránsito y Transporte)
Elaboró: Subdirección de Análisis Sectorial, Dirección de Infraestructura y Transporte, Contraloría de Bogotá.

6.1.4 Las condiciones meteorológicas.

La niebla reduce la visibilidad disponible en términos inciertos, y provoca unas reducciones de la velocidad a veces excesivas. La lluvia reduce el rozamiento disponible entre el neumático y el pavimento, necesiéndose una mayor distancia para detenerse.

6.1.5 Sistemas de medida de velocidades instantáneas.

La velocidad que llevan los vehículos en la vía permite apreciar el mejor o peor funcionamiento de la circulación. Por ello, las medidas de velocidades y los tiempos de recorrido resultan imprescindibles en los estudios de planeamiento de una red viaria y cuando se desea conocer la calidad del servicio de la misma, teniendo en cuenta la demanda que soporta.

Las medidas de velocidad se realizan con técnicas distintas, según el tipo de velocidad que se pretende medir. Una de las maneras es medir la velocidad instantánea de los vehículos al pasar por un punto dado y a partir de ellas obtener la distribución de velocidades, otra manera es estimar la velocidad media de un vehículo a lo largo de un tramo a través del tiempo que se demora el vehículo en recorrerlo.

6.1.6 Clasificación de los sistemas de medida.

6.1.6.1 Métodos indirectos:

Medir el tiempo que tarda en pasar un vehículo entre los detectores situados a una distancia fija y conocida y medir el tiempo que tarda en atravesar un coche un lazo de inducción.

6.1.6.2 Métodos directos:

Medir la velocidad directamente con algún procedimiento basado en el efecto Doppler.

Principales sistemas de medida

6.1.6.2.1 Enoscopio.

Es el sistema más sencillo para medida de velocidad. Se podría definir como un sistema de baja tecnología basado en la observación directa del paso del vehículo por parte de una persona, midiendo el tiempo que el vehículo tarda en recorrer una distancia conocida. Consiste en una caja en forma de L abierta en sus extremos dotada de un espejo que permite girar 90 grados los rayos luminosos. Para la medida de la velocidad se colocan estos aparatos a una distancia conocida. El observador, provisto de un cronómetro mide el tiempo transcurrido entre el paso del vehículo por las dos secciones marcadas por los enoscopios²⁰.

²⁰ GONZÁLEZ. Op. cit., p. 14 / 15.

6.1.6.2.2 Marcas viales.

Procedimiento más sencillo que el anterior. Se establecen dos líneas transversales en la superficie de la carretera a distancia conocida. Un observador provisto de un cronómetro, mide el tiempo que tarda en pasar el vehículo entre ambas marcas, registrándolo para posteriormente calcular la velocidad.

6.1.6.2.3 Método Del Coche Flotante.

La forma más sencilla de obtener estos datos suelen ser el empleo de vehículos que circulan por la red viaria o tramo de estudio, en el que viajan observadores con instrumentos especiales. El coche flotante trata de mantenerse flotando en la circulación, adelantando tantos vehículos como lo adelantan a él, o bien trata de circular a la velocidad media que el conductor estima que equivale a la velocidad media del tráfico.

Para estos estudios es necesario un vehículo que efectúe varias veces el recorrido que se analiza, que conviene que tenga unas características medias representativas del parque de la zona donde se va realizar el estudio y que esté en condiciones de uso perfectas. Además del cuenta kilómetros normal, el coche debe ir provisto de un odómetro, que puede apreciar decámetros con el que debe mantenerse el error de las medidas de distancia por debajo del 2%. Junto con el conductor suelen ir uno o dos observadores, que hacen las lecturas y toman nota de ellas. Las lecturas corresponden a las distancias recorridas y a los tiempos empleados.

6.1.6.3 Cálculo de la velocidad

La velocidad de los vehículos por método de marcas viales²¹ para la cual se establece una distancia entre dos puntos que se marcan en la vía y con un cronómetro se mide el tiempo que el vehículo tarda en atravesar la distancia que existe entre estos puntos.

²¹ MARTA GONZÁLEZ GARRIDO. Op. cit., p. 13.

Este método es posible teniendo en cuenta que la aplicación de leyes formulación física, en la cual se especifica que²²:

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

Dónde:

V= Velocidad

Δx = Distancia

Δt = Tiempo

Es necesario tener en cuenta que uno de los inconvenientes que presenta este método, se debe a que el tiempo de reacción del observador se sitúa entre 0.5 segundos y 2 segundos, por lo cual en el caso de tráfico intenso la persona no sería capaz de observar todo lo que desee²³.

6.1.6.4 Cálculo de los radios mínimos:

Para la velocidad obtenida en el tramo vial en estudio, lo cual se hará teniendo en cuenta lo descrito en el manual de diseño del INVIAS²⁴.

Los radios mínimos absolutos, están dados por la siguiente expresión matemática:

$$Rm = \frac{V^2}{127(e \max + f \max)}$$

Donde:

Rm: Radio mínimo absoluto, (m).

V: Velocidad específica, (km/h).

emax: Peralte máximo asociado a V, en tanto por uno.

²² Raymond A. Serway, John W. Jewett, Física: para Ciencias e ingenierías, Volumen 1, libro de física P 29.

²³ MARTA GONZÁLEZ GARRIDO. Op. cit., p. 13.

²⁴ JORGE IVAN RAMIREZ DUQUE Estudio Topográfico y Diseño Geométrico Tramo Asia – El Crucero – K5+190 - K11+400 P.10

fmax: Coeficiente de fricción lateral máximo, asociado a V.

Tabla 2. Radios mínimos absolutos.

Velocidad específica (Km/h)	Peralte recomendado (e max) %	Fricción lateral (ft max)	Factores e+ ft	Radio Mínimo	
				Calculado (m)	Redondeado (m)
30	8,0	0,180	0,260	22,26	30,00
40	8,0	0,172	0,252	49,95	50,00
50	8,0	0,164	0,244	80,68	80,00
60	8,0	0,157	0,237	119,61	120,00
70	8,0	0,149	0,229	168,48	170,00
80	7,5	0,141	0,216	233,30	235,00
90	7,0	0,133	0,203	314,18	315,00
110	6,5	0,126	0,191	413,25	415,00
110	6,0	0,118	0,178	535,26	535,00
120	5,5	0,110	0,170	687,19	690,00
130	5,0	0,100	0,150	887,14	890,00
140	4,5	0,094	0,139	1110,29	1100,00
150	4,0	0,087	0,127	1395,00	1400,00

Fuente: JORGE IVAN RAMIREZ DUQUE Estudio Topografico y Diseño Geometrico Tramo Asia – El Crucero – K5+190 - K11+400 P.10

El índice de accidentalidad por kilómetros de calles urbanas, son evaluados teniendo en cuenta los factores que se encuentra en la tabla 8.

Tabla 3. Índices de accidentes de tránsito

Índice	Límite	Grado de accidentalidad
Índice de accidentalidad (IPAT)	0,01	Muy Bajo
	0,32	Bajo
	0,61	Media
	1,23	Alto
	2,44	Muy Alto
Índice de accidentalidad por km urbano (IATKMU)	0,01	Muy Bajo
	0,35	Bajo
	1,01	Media
	1,35	Alto
	2,01	Muy Alto
Índice de accidentalidad por área urbana (IATAU)	0,01	Muy Bajo
	0,33	Bajo
	0,95	Media
	1,58	Alto
	2,21	Muy Alto
Índice de accidentalidad por población urbana (IATPU)	0,01	Muy Bajo
	0,32	Bajo
	0,91	Media
	1,51	Alto
	2,11	Muy Alto
Índice de accidentalidad por autos registrados (IATAR)	0,01	Muy Bajo
	0,57	Bajo
	1,10	Media
	1,65	Alto
	2,46	Muy Alto

Fuente: Raquel Hinojosa Reyes - Pedro Leobardo Jiménez Sánchez Siniestralidad Por Accidentes De Tránsito En México. P. 299

6.1.7 Señalización

Es un signo que avisa de algún evento. La señalización es un medio de comunicación con el usuario. La señalización en un túnel es la misma que la correspondiente a cielo abierto: señalización direccional fija; señalización de tráfico fija (señales de peligro, límites de velocidad, destino); señalización variable (señales de asignación de carril).

6.1.7.1 Señalización vertical

Son láminas fijas en postes o estructuras instaladas en la vía, su finalidad es informar mediante símbolos o leyendas. Se dividen en: *Señales reglamentarias*

indican a los usuarios de la vía limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso, su código es SR o *Señales preventivas*, las cuales advierten al usuario de estados de peligro, su código es SP.²⁵ A continuación se presentan las figuras correspondientes a señales reglamentarias y preventivas respectivamente.

Figura 1. Señales Reglamentarias.



Fuente: Manual de señalización vial. Diseño de Señales reglamentarias. Anexo A-1

Figura 2. Señales Preventivas.



Fuente: Manual de señalización vial. Diseño de Señales preventivas. Anexo A- 2

6.1.8 Tipos de accidentes viales

A continuación se presentan tipos de accidentes encontrados de la Revista Informativa²⁶ en la que se da a entender por accidente de tránsito a todo impacto de un vehículo contra otro, de un vehículo contra un mueble, inmueble o semoviente, volcaduras, atropellamiento de personas o salidas de un vehículo en rodamiento de una o más personas así como la salida de un vehículo de la

²⁵ Manual de señalización vial. Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras, ciclorutas de Colombia. Capítulo 2-B.

²⁶ Técnicas de Investigación. Consultado el 07 de abril de 2015. En Internet: <http://invest-cleuver-c.blogspot.com/2011/01/educacion-vial-normas-de-seguridad.html>. Publicado el 11 de Enero de 2011.

superficie de rodamiento de una vía pública.²⁷ Estos accidentes se clasifican de la siguiente manera:

6.1.8.1 POR ALCANCE:

Ocurre entre dos vehículos que circulan uno delante de otro, en el mismo carril o con la misma trayectoria y el de atrás impacta al de adelante ya sea que este último vaya en circulación o se detenga normal o repentinamente.

6.1.8.2 CHOQUE DE CRUCERO:

Ocurre entre dos o más vehículos provenientes de arroyo de circulación que converge o se cruzan invadiendo un vehículo parcial o totalmente el arroyo de circulación.

6.1.8.3 CHOQUE DE FRENTE:

Ocurre entre dos o más vehículos provenientes del arroyo de circulación opuestos, los cuales se impactan cuando uno de ellos invade parcial o totalmente el carril, arroyo de circulación o trayectoria contraria.

6.1.8.4 CHOQUE LATERAL:

Ocurre entre dos o más vehículos cuyos conductores circulan con trayectoria paralelas, en el mismo sentido impactando los vehículos entre sí cuando uno de ellos invade parcial o totalmente el carril o trayectoria del otro.

6.1.8.5 SALIDA DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO:

Ocurre cuando un conductor pierde el control de su vehículo y se sale de la vía o arroyo de circulación.

²⁷ Técnicas de Investigación. Consultado el 12 de Marzo de 2014. En Internet: <http://invest-cleuver-c.blogspot.com/2011/01/educacion-vial-normas-de-seguridad.html>. Publicado el 30 de Enero de 2011.

6.1.8.6 CHOQUE CONTRA OBJETO FIJO:

Ocurre cuando un vehículo en movimiento en cualquier sentido se impacta contra un objeto que se encuentre de manera provisional o fijo.

6.1.8.7 VOLCADURA:

Ocurre cuando un vehículo pierde completamente el contacto entre llantas y superficie de rodamiento originándose giros verticales o transversales.

6.1.8.8 PROYECCIÓN POR IMPACTO:

Ocurre cuando un vehículo en movimiento se impacta con algún objeto o proyecta contra alguien o algo; la proyección puede ser de tal forma que lo proyectado caiga en el carril o trayectoria de otro vehículo y se origine otro accidente.

6.1.8.9 PROYECCIÓN:

Ocurre cuando del vehículo en movimiento se desprende un objeto del mismo vehículo o un objeto que éste transporte y se impacta contra alguien o algo.

6.1.8.10 ATROPELLAMIENTO:

Ocurre cuando un vehículo en movimiento impacta contra una persona, esta puede estar estática o en movimiento o en su caso trasladándose apoyado por aparatos o vehículos no regulados por este reglamento, esto en el caso de persona con discapacidad.

La separación entre dos (2) vehículos que circulen uno tras de otro en el mismo carril de una calzada, será de acuerdo con la velocidad:²⁸

- Para velocidades de hasta treinta (30) kilómetros por hora, diez (10) metros.

²⁸ Código Nacional de Transito. Op. cit., p. 53.

- Para velocidades entre treinta (30) y sesenta (60) kilómetros por hora, veinte (20) metros.
- Para velocidades entre sesenta (60) y ochenta (80) kilómetros por hora, veinticinco (25) metros.
- Para velocidades de ochenta (80) kilómetros en adelante, treinta (30) metros o la que la autoridad competente indique.

En todos los casos, el conductor deberá atender al estado del suelo, humedad, visibilidad, peso del vehículo y otras condiciones que puedan alterar la capacidad de frenado de éste, manteniendo una distancia prudente con el vehículo que antecede.

A continuación se presentan dos tablas emitidas por la Policía Nacional y con conocimiento de la Secretaría de Movilidad, en las que se expresan la gravedad y la clase de los accidentes desde el año 2007 hasta el 2012 en el sector de estudio.

Tabla 4. Accidentalidad por gravedad

ACCIDENTALIDAD POR GRAVEDAD							
GRAVEDAD	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	TOTAL
HERIDOS	2	12	2	2	4	4	26
MUERTOS	0	1	0	0	0	0	1
DAÑOS	8	17	8	7	8	4	52
OTRAS	10	30	10	9	12	8	79

Fuente: Secretaría de Movilidad.

En esta grafica identificamos los accidentes desde el año 2007 hasta el 2012 en el sector de estudio caracterizados por la clase de accidente

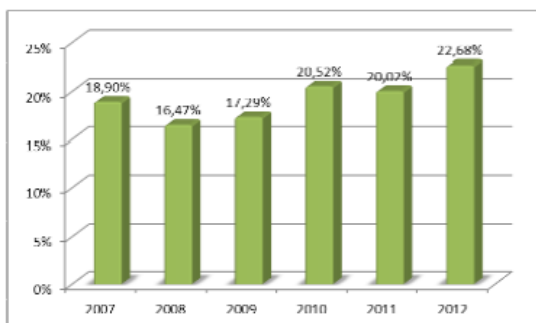
Tabla 5. Accidentalidad por clase

ACCIDENTALIDAD POR CLASE							
CLASE	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	TOTAL
ATROPELLO	0	2	0	0	0	0	2
CAIDA	0	0	0	0	2	0	2

CHOQUE	9	25	9	9	10	7	69
OTRO	1	3	1	0	0	0	5
VOLCAMIENTO	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL	10	30	10	9	12	8	79

Fuente: Secretaría de Movilidad

Gráfica 1. Participación en accidentes con motocicleta involucrada contra los accidentes totales por año.



Año	% Participación	Crecimiento
2007	18,90%	
2008	16,47%	-2,43%
2009	17,29%	0,83%
2010	20,52%	3,23%
2011	20,02%	-0,50%
2012	22,68%	2,66%

6.2 MARCO LEGAL

A continuación se presenta una tabla resumen en la que podemos encontrar las distintas leyes, decretos o resoluciones que inciden en el proyecto.

Tabla 6. Marco legal

Año	Norma	Descripción
1991	Constitución Política de Colombia	Art 339, Estipula la elaboración de un plan nacional de desarrollo en donde se registren las diferentes estrategias políticas, económicas, sociales y ambientales, así como las metas, propósitos y objetivos nacionales a largo y mediano plazo, en donde se asegure el uso eficiente de los recursos y sus diversas funciones.
2003	Ley 842	Min. Educación Nacional, Art 2. Regulación y especificación del ejercicio de la Ingeniería a nivel nacional, funciones, áreas de desempeño entre

		otras
2003	Ley 842	Min. Educación Nacional, Art. 31, relativo a los deberes de los profesionales.
2004	Resolución 1050	Ministerio de Transporte, mediante la cual se establece que toda entidad pública, o persona natural que realice actividades de señalización debe ceñirse estrictamente al reglamento contenido en el “Manual de Señalización vial”
2011	Ley 1450	Congreso de la República, mediante el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo en Inversiones, para el periodo de 2010/2014 Prosperidad para todos.
1989	Ley 33	Min, de Educación, Por medio de la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Transportes y Vías, sus requisitos, funciones, idoneidad, entre otras disposiciones.
2004	Manual para el Manejo de Transito para obras civiles en zonas urbanas.	De acuerdo a lo estipulado en el “Manual de Señalización vial” se establece el Manual interno de la Secretaría de Tránsito y Transporte, para el manejo de tránsito para obras civiles en zonas urbanas.
2002	Ley 769 del Código Nacional de Tránsito	Determina los límites de velocidad permitidos para la ciudad de Bogotá.
2002	Artículo 106	Determina que En vías urbanas las velocidades máximas serán de sesenta (60) kilómetros por hora excepto cuando las autoridades competentes por medio de señales indiquen velocidades distintas.
2002	Artículo 107	Determina límites de velocidad en zonas rurales, para lo que expresa que La velocidad máxima permitida en zonas rurales será de ochenta (80) Kilómetros por hora. En los trayectos de las autopistas y vías arterias en que las especificaciones de diseño y las condiciones así lo permitan, las autoridades podrán autorizar velocidades máximas hasta de (100) kilómetros por hora por medio de señales adecuadas.
2002	Artículo 108	Contempla la separación entre vehículos, la cual está condicionada por la velocidad.

		<ul style="list-style-type: none"> • Para velocidades de hasta treinta (30) kilómetros por hora, diez (10) metros. • Para velocidades entre treinta (30) y sesenta (60) kilómetros por hora, veinte (20) metros. • Para velocidades entre sesenta (60) y ochenta (80) kilómetros por hora, veinticinco (25) metros. • Para velocidades de ochenta (80) kilómetros en adelante, treinta (30) metros o la que la autoridad competente indique. • En todos los casos, el conductor deberá atender al estado del suelo, humedad, visibilidad, peso del vehículo y otras condiciones que puedan alterar la capacidad de frenado de éste, manteniendo una distancia prudente con el vehículo que antecede.
2011/2016	Plan Nacional de Seguridad Vial.	Regulación de la velocidad el cual busca reducir en un 50% las mortalidades derivadas de los accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá.
2011	Perfil No17	El cual hace referencia a la regulación de la velocidad para alcanzar un comportamiento preventivo y de auto cuidado que estimule la conciencia de no exceder los límites de velocidad al conducir un vehículo automotor.
2013	Manual de Carreteras Diseño Geométrico. Estudio de seguridad vial 201.08	Se tratará según el tipo de proyecto, aspectos tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Distancia de visibilidad, parada y adelantamiento. • Señalización vertical: ubicación, tamaño, visibilidad, nivel de flexión, coherencia, uniformidad. • Señalización horizontal: características del material, tipología, coherencia con la señalización vertical. • Balizamiento: necesidad, adecuación y disposición. • Condiciones climáticas de la zona por

donde discurre la carretera. Entre otras.		
2013	Manual de Carreteras. Diseño Geométrico. Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico. 201.	Criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de carreteras. Geometría de la vía, características apropiadas que satisfagan demanda del proyecto dentro del marco de viabilidad económica. Alcance de los niveles de estudio.
2014	Conferencia Regional sobre Desarrollo Social de América Latina y el Caribe.	Mejorar las políticas nacionales de desarrollo social, así como la cooperación internacional, regional y bilateral en esta materia. Entre sus objetivos también figuran examinar la pobreza multidimensional y avanzar en la medición de la pobreza, la desigualdad y las brechas estructurales.

El artículo 339 de la Constitución Política de Colombia, Estipula la elaboración de un plan nacional de desarrollo en donde se registren las diferentes estrategias políticas, económicas, sociales y ambientales. El cual es de vital importancia en el desarrollo del trabajo de investigación porque contribuye al plan de desarrollo en materia social, ligada a la seguridad vial del sector que vamos a estudiar.

La ley 842 de 2003. Regula ejercicio profesional de los ingenieros en cuanto a sus derechos y deberes y también en cuanto al ejercicio de los profesionales, por esta parte es indispensable tenerlo en cuenta para nuestro proyecto.

Resolución 1050 de 2004. Ministerio de Transporte, mediante la cual se establece que toda entidad pública, o persona natural que realice actividades de señalización debe ceñirse estrictamente al reglamento contenido en el “Manual de Señalización vial”. El cual se va a emplear en el reconocimiento de la señalización contenida en el tramo de estudio, qué se encuentra y qué hace falta para mejorar el desempeño en la operación de velocidad del sector.

Ley 1450 de 2011. Congreso de la República, mediante el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo en Inversiones, para el periodo de 2010/2014 Prosperidad

para todos. El cual se ve directamente relacionado con los proyectos que buscan generar desarrollo a nivel social.

Ley 33 de 1989. Min, de Educación, Por medio de la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Transportes y Vías, sus requisitos, funciones, idoneidad, entre otras disposiciones.

Manual para el Manejo de Transito para obras civiles en zonas urbanas. 2004. De acuerdo a lo estipulado en el “Manual de Señalización vial” se establece el Manual interno de la Secretaría de Tránsito y Transporte, para el manejo de tránsito para obras civiles en zonas urbanas. El cual vamos a emplear para contemplar las especificaciones y condiciones en las cuales debe emplearse señalización específica en un tramo de estudio. Para dar peso y fundamento a las decisiones de señalización que se tomen para mejorar el sector estudiado.

Ley 769 del Código Nacional de Tránsito de 2004. Determina los límites de velocidad permitidos para la ciudad de Bogotá. Y específicamente el artículo 106 del 2002 determina que En vías urbanas las velocidades máximas serán de sesenta (60) kilómetros por hora excepto cuando las autoridades competentes por medio de señales indiquen velocidades distintas. Lo cual es indispensable para identificar en el sector qué velocidades de operación se están registrando, por medio de aforos vehiculares y compararlos con las especificaciones requeridas para el sector, evaluando de esta forma los factores que puedan generar efectos importantes en el tema de seguridad vial.

El artículo 108 de 2002. Contempla la separación entre vehículos, la cual está condicionada por la velocidad.

- Para velocidades de hasta treinta (30) kilómetros por hora, diez (10) metros.
- Para velocidades entre treinta (30) y sesenta (60) kilómetros por hora, veinte (20) metros.
- Para velocidades entre sesenta (60) y ochenta (80) kilómetros por hora, veinticinco (25) metros.
- Para velocidades de ochenta (80) kilómetros en adelante, treinta (30) metros o la que la autoridad competente indique.
- En todos los casos, el conductor deberá atender al estado del suelo, humedad, visibilidad, peso del vehículo y otras condiciones que puedan alterar la capacidad de frenado de éste, manteniendo una distancia prudente con el vehículo que antecede.

De acuerdo a las velocidades registradas se puede evaluar la separación entre vehículos lo cual está ligado al perfil no 17 de 2011, el cual hace referencia a la

regulación de la velocidad para alcanzar un comportamiento preventivo y de auto cuidado que estimule la conciencia de no exceder los límites de velocidad al conducir un vehículo automotor.

Manual de Carreteras Diseño Geométrico. Estudio de seguridad vial 201.08. Se tratará según el tipo de proyecto, aspectos tales como:

- Distancia de visibilidad, parada y adelantamiento.
- Señalización vertical: ubicación, tamaño, visibilidad, nivel de flexión, coherencia, uniformidad.
- Señalización horizontal: características del material, tipología, coherencia con la señalización vertical.
- Balizamiento: necesidad, adecuación y disposición.

Condiciones climáticas de la zona por donde discurre la carretera. Entre otras.

Manual de Carreteras. Diseño Geométrico. Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico. 201. El cual define criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de carreteras. Geometría de la vía, características apropiadas que satisfagan demanda del proyecto dentro del marco de viabilidad económica. Alcance de los niveles de estudio. Empleados en la evaluación del diseño geométrico del sector y la factibilidad de realizar un diseño geométrico más adecuado para el lugar.

6.3 MARCO GEOGRAFICO

6.3.1 Ubicación General

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona oriental de Bogotá Distrito capital, entre la localidad de San Cristóbal y La Candelaria con una distancia aproximada de 1.8 Km, desde su punto de inicio, Parroquia Nuestra Señora de Egipto a la entrada a Monserrate

La Candelaria está ubicada en el centro de la ciudad de Bogotá, esta limita: al norte, con la localidad de los Mártires; al sur, con la localidad de San Cristóbal; al oriente, con la localidad de Santa Fe, con las localidades de Los Mártires y Antonio Nariño. Esta localidad cuenta con una extensión total de 206 hectáreas

(ha), todo el sector corresponde a suelo urbano, dado que esta localidad no presenta suelo rural.²⁹

Es necesario destacar que en esta localidad se encuentran algunos sitios históricos como: el cerro de Monserrate, el cual tiene una altitud 3152 msnm y se ubica sobre la cordillera oriental.

San Cristóbal está localizada en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, sobre un altiplano de 2.600 metros sobre el nivel del mar (msnm), rodeado por cadenas montañosas que superan los 3.500 msnm. La localidad se extiende sobre las montañas del eje principal de la Cordillera, contra los cerros del páramo Cruz Verde. Los pisos térmicos que tiene van desde una altitud cercana a los 2.600 msnm hasta los 3.500 msnm, en donde nacen un gran número de quebradas y existen bosques nativos y montunos.

La localidad está dividida en 5 UPZ con un total de 198 barrios. En esta se encuentran 488.407 habitantes los cuales se distribuyen en 3 estratos socioeconómicos; un 7,6% de la población de San Cristóbal habita viviendas pertenecientes al estrato 1, mientras que un 76,6% lo hace en viviendas de estrato 2 y, un 14,8% de los habitantes de la localidad viven en viviendas de estrato 330.

Tabla 7. Características de la geografía de la ubicación

País	Colombia
Distrito Capital	
Región	Andina
Ubicación	4°35'56"N 74°04'51"O
Altitud	2 600 a 3 2501 msnm

6.3.2 Ubicación Local Del Proyecto

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona oriental de Bogotá Distrito capital, con una distancia aproximada de 1.9 Km, desde su punto de inicio, Parroquia Nuestra Señora de Egipto a la entrada a Monserrate, esta vía está clasificada por el IDU como una vía tipo V2 con anchos de carril de 3.5, este proyecto no contempla ninguna línea de semáforos, con topografía quebrada con

²⁹ Conociendo la localidad de la Candelaria. En: http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Publicaciones%20SDP/Publicaciones%20SDP/17La_candelaria.pdf

³⁰ Localidad de San Cristóbal, en línea: <http://www.integracionsocial.gov.co/modulos/contenido/default.asp?idmodulo=768>

pendientes entre los 20 y los 30 grados, comprende 11 curvas horizontales y 3 curvas verticales, se encuentra pavimentada en un 100%, con notorios deterioros en la vía.

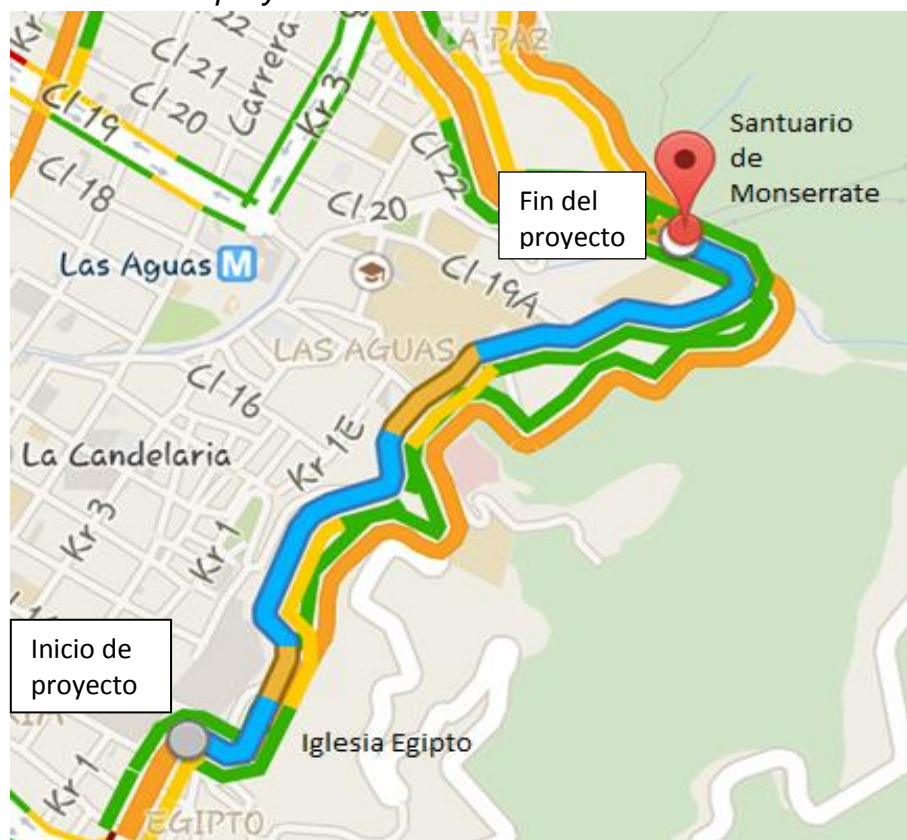
6.3.2.1 INICIO DEL PROYECTO

El inicio del proyecto está ubicado en la Iglesia Nuestra Señora de Egipto con coordenadas $4^{\circ}35'37.0''N$ $74^{\circ}04'09.0''W$ a una altitud aproximada de 2.693 m.s.n.m.

6.3.2.2 FIN DEL PROYECTO-

El final del proyecto se encuentra ubicado en la entrada al Santuario de Monserrate con coordenadas $4^{\circ}36'9.81''N$ $74^{\circ} 3'39.19''O$ a una altitud aproximada de 2.679.47 m.s.n.m.

Figura 3. Ubicación del proyecto



7 DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, porque se va a observar el escenario de estudio para identificar factores determinantes en la circulación del sector. Con respecto a ello se pueden mostrar o determinar puntos críticos de circulación con base a cifras obtenidas y expresadas por medio de gráficos, tablas de aforos vehiculares o más herramientas estadísticas que nos permitan identificar los volúmenes de tráfico que circulan por el sector de estudio.

7.2 TIPO DE INVESTIGACION

El tipo de investigación es descriptiva, dado que se basa en información dada por medio de gráficos y tablas con las que se determinan velocidades de operación; cifras estadísticas que permitirán evidenciar los índices de accidentalidad existentes y mapas permiten identificar el diseño geométrico que tiene el sector de estudio y de esa forma evaluar sus condiciones actuales.

7.3 DISEÑO MUESTRAL

7.3.1 Población

Está conformada por el grupo de personas, objetos, etc. que nutren de información el fenómeno que se estudia; en este caso la población hace referencia a los vehículos y sus velocidades de operación, también el tramo que se evaluar, incluyendo en él sus características físicas, poblacionales y demás elementos que aporten o intervengan en los resultados del estudio.

7.3.2 Muestra

Se realiza la selección de una porción de población por medio de aforos vehiculares a realizar en el tramo comprendido entre: la parroquia Nuestra Señora de Egipto la cual se encuentra ubicada en la kra 3 este con calle 10 A. Y la entrada a Monserrate que se encuentra en la avenida circunvalar con carrera 1. En este sector de estudio se realiza la muestra por medio de aforos vehiculares.

7.3.2.1 Muestreo

Para este estudio se escogió el tipo de muestreo mixto, ya que por las características de los aforos que se realizarán para la obtención de datos tales como velocidades medias máximas y mínimas se debe tener en cuenta el muestreo por conglomerados ya que se tendrá en cuenta el tipo de vehículo aforado para asignarlo a un grupo específico de vehículos ya sea carro, camión, motocicleta o transporte público. De igual manera se utilizará el muestreo aleatorio simple ya que en el momento de realizar el aforo no se tendrá control del tipo de vehículo aforado

7.3.3 Variables

7.3.3.1 Independientes:

La vía es una variable independiente porque afecta de forma directa las velocidades de operación o circulación de los vehículos que por ella transitan, la señalización que exista o no exista también se ve directamente relacionada con el buen desempeño de quienes por allí transitan y con la optimización de recursos que permitan un mejor viaje durante el trayecto no semaforizado.

7.3.3.2 Dependientes:

Las variables dependientes en el caso de estudio son las velocidades de operación las cuales están condicionadas por el estado de la vía, la señalización existente, balizamientos y de más factores que la afectan de forma directa o indirecta, los cuales se tomarían como valores agregados que en determinado momento pueden jugar un papel importante en la accidentalidad del sector de estudio, tales como: el estado mecánico de los vehículos, manifestaciones de los estudiantes de universidades cercanas al sector, factores climáticos y demás.

8 FASES DE INVESTIGACIÓN

8.1 FASE 1. Recolección de información

Esta fase tiene como finalidad, identificar el entorno en el cual se desarrolla la investigación, en la cual se toma información sobre las velocidades de operación de los vehículos que transitan por el tramo comprendido entre la Iglesia de Nuestra Señora de Egipto y la Entrada a Monserrate.

Se realiza una recolección de información primaria y secundaria con el fin de desarrollar el mapa de velocidades de la zona de estudio.

Para ello es necesario realizar los siguientes pasos:

- Buscar la normatividad vigente, en la que se regula la velocidad de operación máxima permitida en las vías de Bogotá y a nivel nacional.
- Precisar para la zona de estudio el índice de accidentalidad por exceso de velocidad, por medio de reportes de accidentalidad obtenidos de la Secretaría de Movilidad.
- Realizar visitas de campo en las cuales se realicen aforos de tiempo durante tres días, en los cuales sea posible identificar la velocidad de operación de los vehículos, especificaciones de los mismos y realizar un registro fotográfico en el cual se identifiquen las señales de tránsito que regulen velocidades, para posteriormente relacionarlas con los aforos realizados y con los cálculos de velocidad de diseño.
- Identificación de los puntos críticos a partir de los videos obtenidos en las visitas de campo, los cuales se relacionarán después con las velocidades de operación y diseño del tramo de estudio y con el índice de accidentalidad.

8.2 FASE 2. IDENTIFICACIÓN DE LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN.

En esta primera fase el objetivo es poder describir la velocidad de los vehículos que transitan la avenida circunvalar en el tramo comprendido entre la Iglesia Nuestra Señora de Egipto y la entrada a Monserrate. Para este procedimiento se va a realizar una recolección de datos con los que se puede desarrollar un mapa de velocidades para el tramo en estudio.

Pasos para la recolección de datos:

- En primer lugar se debe consultar la normatividad vigente en la cual se puede identificar la velocidad máxima permitida en las vías de Bogotá.
- Es necesario definir el índice de accidentalidad presentado en la avenida circunvalar, con base a los resultados aportados por la secretaría de movilidad e información de la alcaldía local de Candelaria o de Santafé respectivamente.
- Realizar visitas de campo en las cuales se realizarán aforos de tiempo durante seis días, en los cuales se obtendrán datos de los puntos críticos donde los vehículos puedan presentar mayor velocidad de operación y también se identificarán las condiciones de la vía.
- Tomar registro fotográfico, para tener un punto de referencia del sector, de la seguridad vial y el entorno.

Con ello se procede a procesar la información obtenida en la que se realizan las siguientes actividades:

- Seleccionar y procesar la información que se obtiene en las visitas de campo, organizando los datos obtenidos y discriminando la información pertinente.
- Calcular las velocidades por medio de la formula expresada en el marco conceptual para el cálculo de velocidad.
- Cálculo de los radios mínimos para la velocidad obtenida en el tramo vial en estudio, lo cual se hará teniendo en cuenta lo descrito en el manual de diseño del INVIAS³¹ lo cual está expresado en el marco conceptual.

8.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS

³¹ JORGE IVAN RAMIREZ DUQUE Estudio Topográfico y Diseño Geométrico Tramo Asia – El Crucero – K5+190 - K11+400 P.10

- Tomar registro fotográfico de la zona de estudio para identificar los lugares en los que se presenta mayor accidentalidad.
- Realizar el cálculo del índice de accidentalidad, el cual se realiza teniendo en cuenta la cantidad total de accidentes que se han presentado en la zona de estudio los cuales se pueden tomar con la tabla X del marco conceptual sobre Índices de accidentes de tránsito.

8.3 FASE 3. EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.

- En la evaluación del diseño geométrico se puede identificar si la vía que se está estudiando cumple con las especificaciones mínimas de señalización. Teniendo los radios de las curvas existentes y la velocidad real de operación y al comparar esta última con la velocidad descrita en las señalizaciones que se encuentren en la zona estudio se puede entrar a evaluar la situación del diseño geométrico de la vía.
- De acuerdo a la información obtenida con las velocidades de operación y la comparación con el diseño geométrico, es posible evaluar también los resultados de los puntos críticos donde los vehículos obtienen mayor velocidad en el tramo en estudio, con el fin de:
 - Aplicar la normatividad de velocidad de acuerdo a la ley vigente.
 - Expresar recomendaciones necesarias a razón de disminuir el índice de accidentalidad por exceso de velocidad en esta vía, bien sea por parte del diseño geométrico, la falta de señalización o por la ubicación y colocación de nuevos reductores de velocidad que sean más efectivos.

8.3.1 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

8.3.1.1 FORMATOS:

Se empleó un formato de aforo de velocidades de operación, el formato se encuentra en el anexo I

8.3.1.2 SOFTWARE

Para el desarrollo de la investigación trabajamos El software con el que trabajamos para la realización del Diseño Geométrico y su comparación con las velocidades que se encuentran en la vía fue **Civil Cad**.

9 RESULTADOS

9.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD REAL DE OPERACIÓN DE LA VÍA

La velocidad es muy importante para realizar un estudio de tráfico, como lo expresa el estudio de velocidades realizado en La Gran Colombia ³² en el que se consideran los conceptos fundamentales y se relacionan con la accidentalidad, de esta forma la velocidad en relación con la accidentalidad es uno de los factores más importantes y la velocidad real de operación también es determinante en el estudio.

Así mismo en este estudio se pretende determinar la velocidad real del tramo de estudio y también la influencia de este con la accidentalidad a partir del cálculo del índice de accidentalidad de la vía.

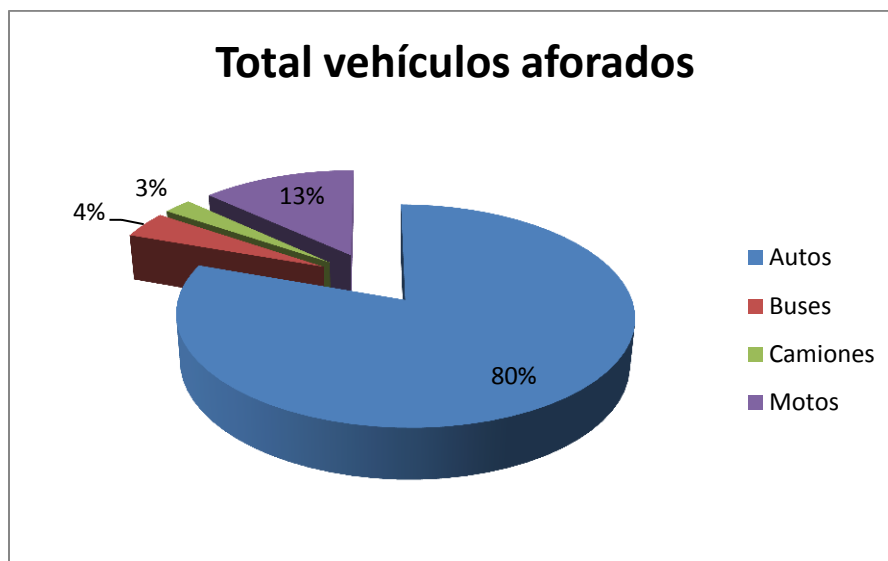
9.1.1 Aforos de volumen

Es necesario realizar aforos de tiempo para con ellos poder determinar la cantidad de vehículos que transitaron por el tramo de estudio, también con ellos se pueden conocer los resultados de la velocidad real de operación y es necesario comprender que el factor de tiempo es vital al realizar un cálculo de velocidad por lo que se incluye de forma puntual en la investigación.

En la gráfica 5 se puede evidencia la muestra tomada del trabajo en campo en la que se identifica el total de los vehículos que transitaron por la zona de estudio y el porcentaje de la sumatoria de cada tipo de vehículo, discriminando por: automóviles, buses, motocicletas y camiones tipo C2.

³² GOMEZ ULLOA. Juan David y MANRIQUE MAPE. Diego Alexander. Estudio de la velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizadas. Bogotá 2014. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad La Gran Colombia. Departamento de Ingeniería Civil.

Gráfica 5. Composición Vehicular total.



Fuente: Propia

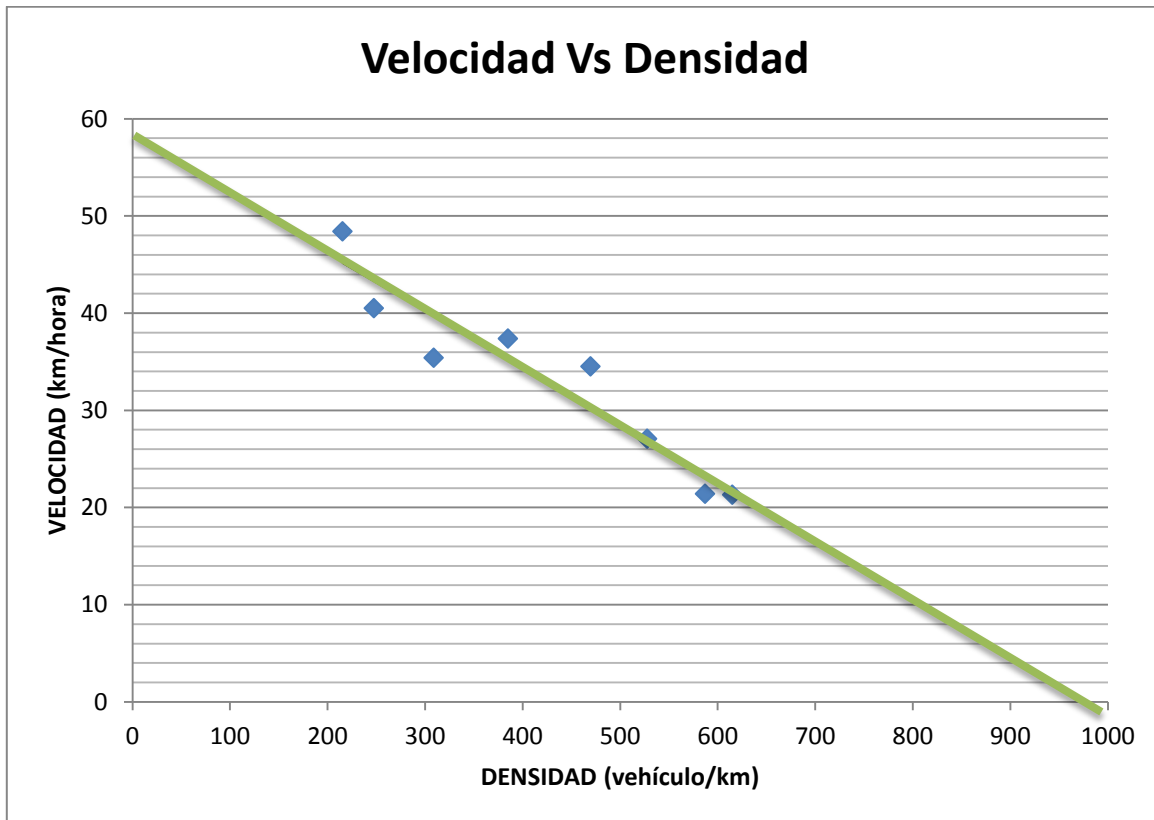
En la gráfica se evidencia que la composición vehicular en su mayoría es de automóviles con un 80% de automóviles registrados contra un 13% de motos, 4% de buses y 3% de camiones respectivamente, por lo que al ser tan elevado este porcentaje, el estudio se puede realizar con este tipo de vehículos (Automóviles) por ser el medio de transporte más utilizado en la zona de estudio.

9.1.2 Cálculo de Velocidad

Para el cálculo de velocidad en la zona de estudio, se realizó por puntos en los cuales se tomó un registro de tiempos para una distancia estipulada en cada punto, para posteriormente determinar las densidades a las distintas horas del día en las que se realizaron los aforos y su respectiva velocidad de operación real, la cual se encuentra registrada en el Anexo III (Tablas de velocidad).

Con la información recolectada se pudo establecer la velocidad con la que iban los vehículos, y en un análisis más detallado se relacionaron las variables: densidad y velocidad en la siguiente gráfica, la cual muestra las velocidades a las que funcionaría la vía con diferentes densidades de vehículos.

Gráfica 6. Velocidad vs Densidad.



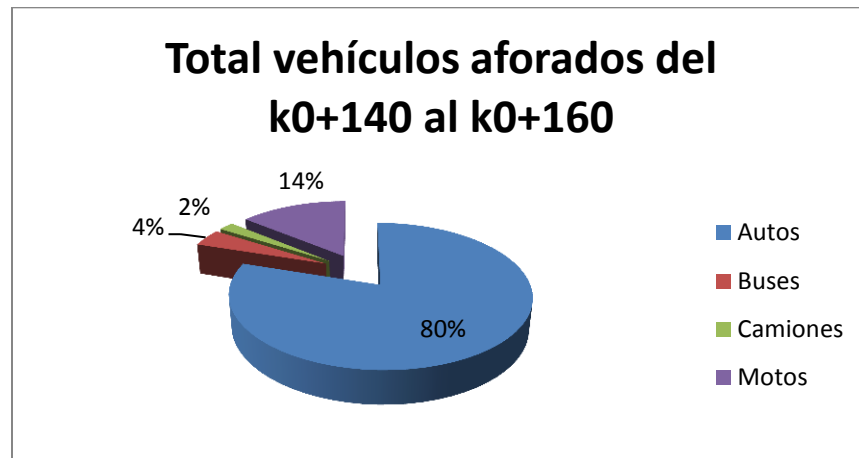
Fuente: Propia

En esta gráfica se puede identificar el comportamiento de la vía, con respecto a la velocidad y a la cantidad de vehículos que transitan por esta zona, en la que las velocidades están comprendidas entre los 20 y 50 Km/h con dos datos aislados de la línea de tendencia, los cuales están orientados hacia los 35 km/h con diferentes valores de densidad vehicular, pero que no se alejan del promedio de velocidades. También se percibe que a mayor cantidad de vehículos (densidad), disminuye la velocidad, como se presenta en últimos valores obtenidos en la gráfica.

A continuación se presentan las gráficas de composición vehicular por puntos de registro, en las que podemos evidenciar los volúmenes de vehículos que circularon por cada uno de estos puntos dados en porcentaje, y sus respectivas gráficas de Velocidad Vs Densidad para los tres puntos de registro con los que se trabajó en la zona de estudio.

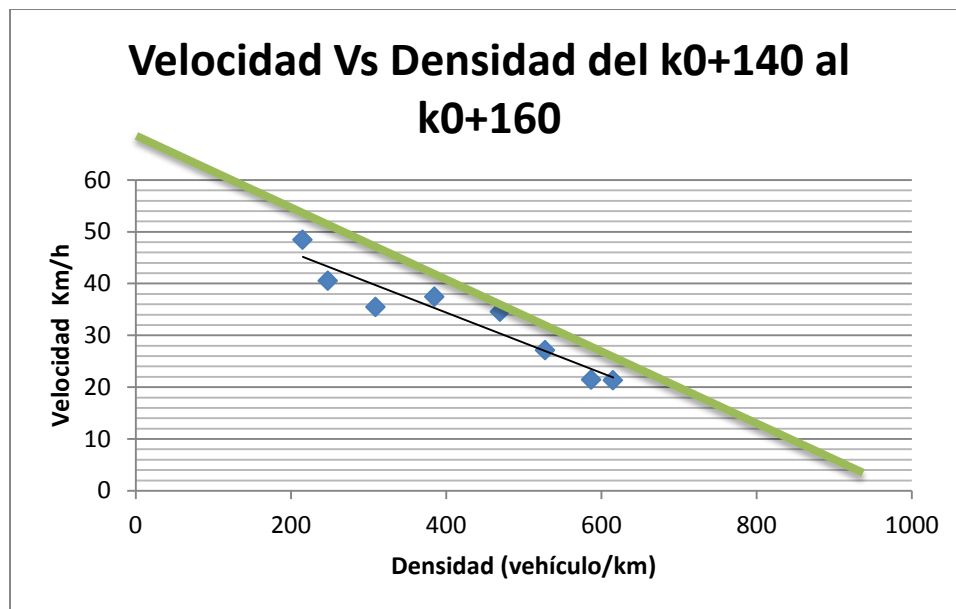
La primer zona de estudio se ubicó a 1.2 km del inicio de nuestro tramo de estudio en frente del gimnasio de la Universidad de los Andes, ent la abscisa K1+140.

Gráfica 7. Composición vehicular primer punto de registro



Fuente: Propia

Gráfica 8. Composición vehicular primer punto de registro



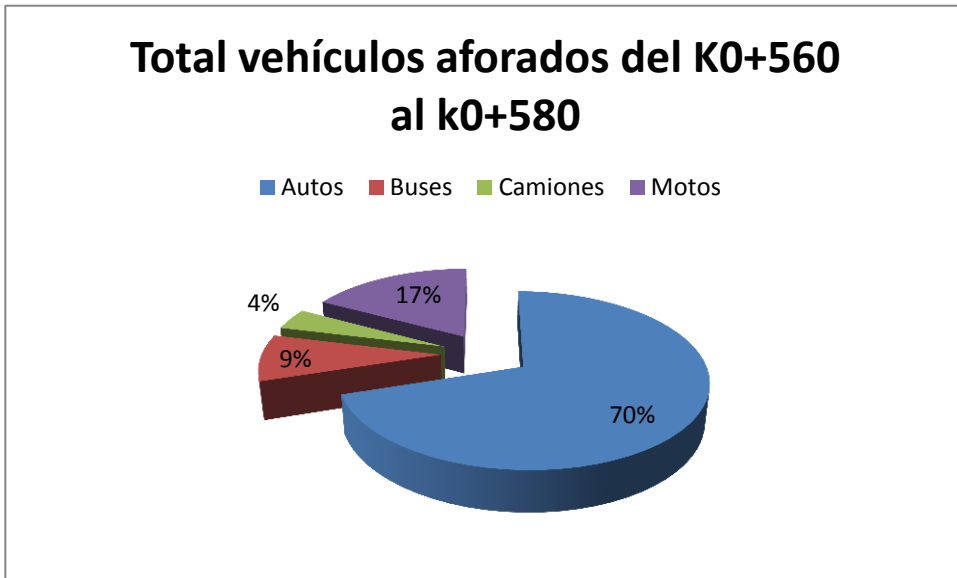
Fuente: Propia

Según los datos obtenidos en la gráfica del primer punto de registro, se presentan velocidades entre 22 y 47 Km/h, las cuales son consecuentes con el número de vehículos por hora que se registra; la velocidad es de 22 km/h cuando el número aproximado de vehículos es de 610 y de 47 Km/h cuando el número aproximado de vehículos es de 210.

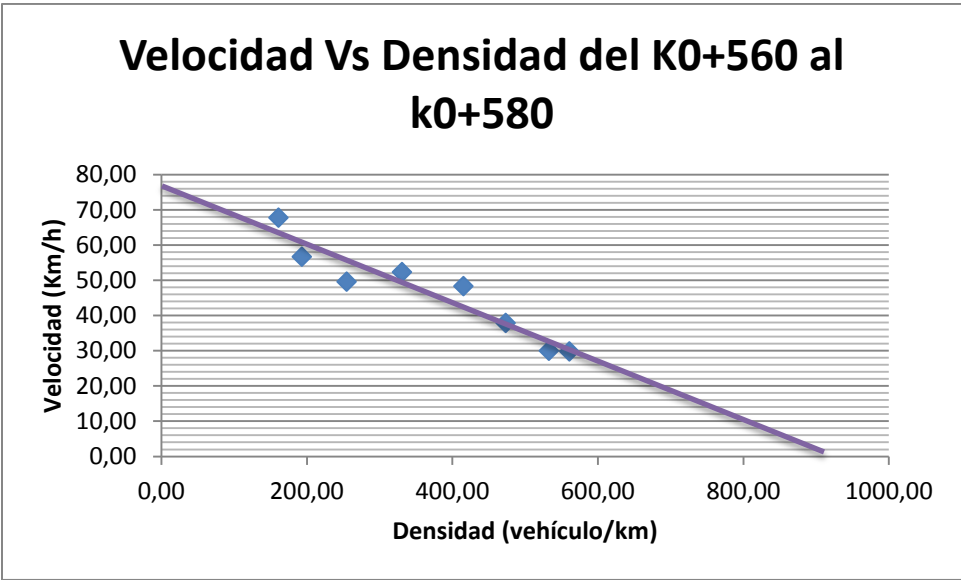
La velocidad de operación en este punto está entre 22 y 47 Km/h, con un promedio de 33.25 y la velocidad estipulada por la señal de tránsito ubicada en este punto es de 30 Km/h, por lo que se puede decir que la velocidad de operación está cumpliendo con la de diseño presentada en la señal de tránsito.

La segunda zona de estudio se encuentra ubicada a 560 metros del punto de inicio de nuestro tramo de estudio, en la abscisa K0+560.

Gráfica 9. Composición vehicular segundo punto de registro



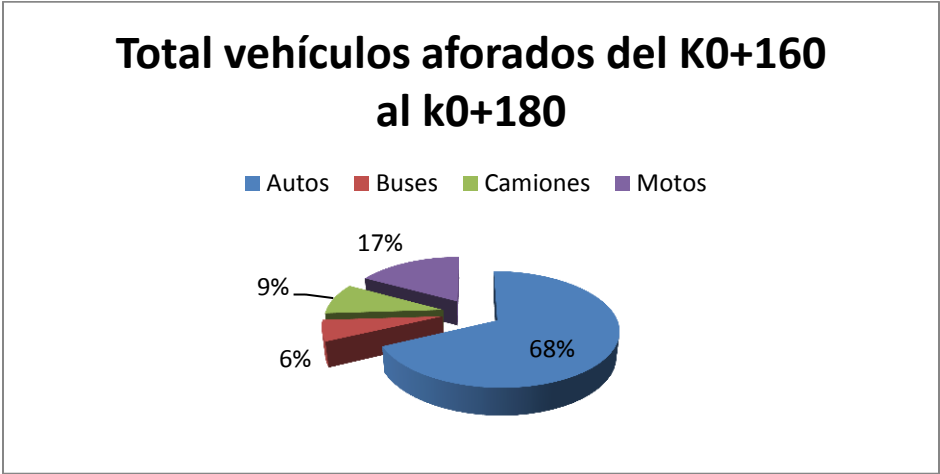
Gráfica 10. Composición vehicular segundo punto de registro



En la gráfica del segundo punto de registro se puede identificar que las velocidades de operación registradas se encuentran entre los 29 y 67 Km/h con densidades de 190 a 560 vehículos por km respectivamente. El promedio de velocidades de operación es de 46.5 Km/h y al relacionarlo con la velocidad de diseño que muestra la señal de tránsito la cual es de 40 Km/h, se puede decir que sus valores son cercanos y por ello el comportamiento de los vehículos en cuanto a la velocidad del tramo está funcionando con normalidad.

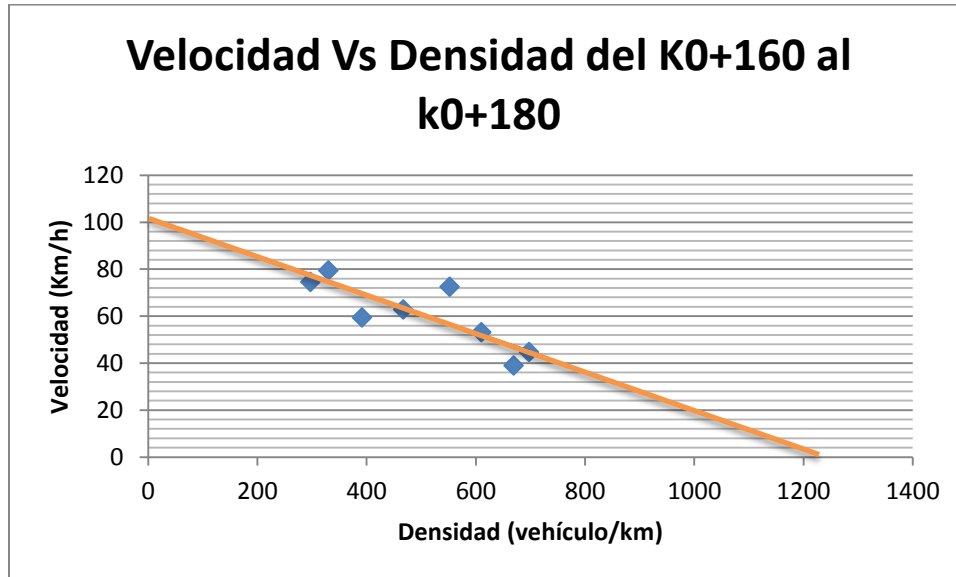
La tercera zona de estudio se encuentra ubicada a 160 metros del punto de inicio de nuestro proyecto, en la abscisa K0+160.

Gráfica 11. Composición vehicular tercer punto de registro



Fuente: Propia

Gráfica 12. Composición vehicular tercer punto de registro



Fuente: Propia

En la gráfica presentada del registro en el tercer punto, se puede identificar como las velocidades de operación sobrepasan la velocidad permitida por su respectiva señal de tránsito ya que para esta zona la velocidad máxima permitida es de 50 km/h y la velocidad promedio de operación está en 60.1 km/h. las velocidades de operación se encuentran entre 39 y 82 km/h con densidades de 700 y 300 vehículos por km, respectivamente, con un valor aislado y cercano a los 70 Km/h con una densidad de 550 vehículos por hora.

A continuación se presenta el registro fotográfico del recorrido de la vía identificando las señales de velocidad encontradas en la inspección visual con su respectiva ubicación en la vía, para identificar su coherencia con respecto a las velocidades de operación. Iniciando desde la Iglesia de Nuestra Señora de Egipto, hasta la entrada a Monserrate y la ubicación en el trazado geométrico de la vía, para identificar la coherencia con las velocidades de operación.

Ilustración 1 Inicio del recorrido



Fuente propia



Abscisa K0+160.

Abscisa K0+300.

Ubicación de la señal.



Ubicación de la señal

Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia



Fuente propia

Abscisa K0+460.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K0+530.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K0+530.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K0+840.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K0+940.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K0+980.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K1+280.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K1+380.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

Abscisa K1+380.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



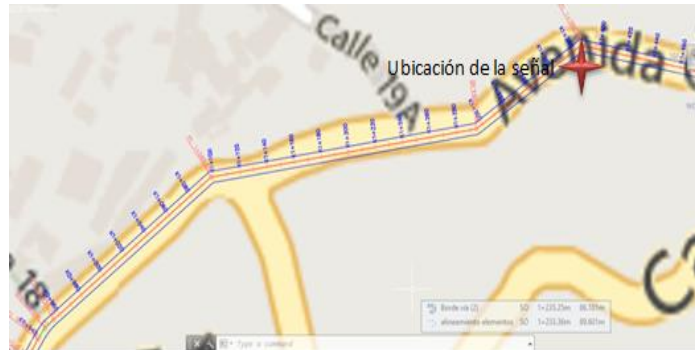
Fuente propia

Abscisa K1+500.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



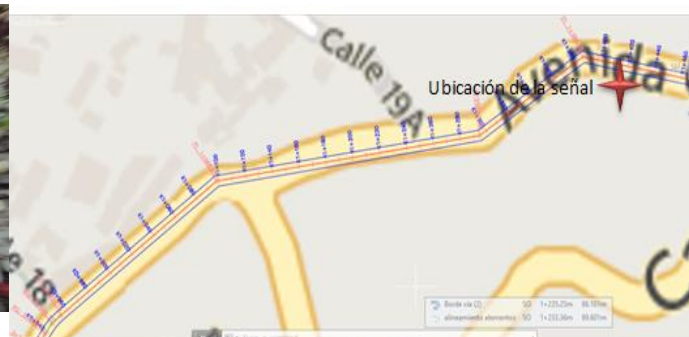
Fuente propia

Abscisa K1+680.



Fuente propia

Ubicación de la señal



Fuente propia

Abscisa K1+880.



Fuente propia

Ubicación de la señal.



Fuente propia

9.2 EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

9.2.1 Diseño geométrico

La evaluación del diseño geométrico es determinante para saber si la vía en estudio está cumpliendo con las especificaciones mínimas de señalización, para esta investigación se realizó el estudio de los radios provistos para las curvas existentes, se hace necesaria teniendo en cuenta que la velocidad de diseño real obtenida en esta investigación es de 50 Km/h, lo que supera la velocidad promedio que se ve en la señalización existente, debido a que dichas señales dan a entender al conductor la velocidad a la que se debería transitar por este corredor vial.

La velocidad de diseño se estima mediante la modelación en Civilcad así como la ayuda de la siguiente tabla

Tabla 8. Radios mínimos para diferentes velocidades de diseño y peraltes máximos

Velocidad de Diseño Km/h	f _{max}	Radio Mínimo Redondeado		
		e _{max} = 4%	e _{max} = 6%	e _{max} = 8%
30	0.28	22	21	20
40	0.23	47	43	41
50	0.19	86	79	73
60	0.17	135	123	113
70	0.15	203	184	168
80	0.14	280	252	229
90	0.13	375	336	304
100	0.12	492	437	394
110	0.11	NA	560	501
120	0.09	NA	756	667

Fuente: Elaboración propia con base en (American Association of State and Transportation Officials, AASHTO, 2011).

9.2.2 Evaluación de radios de la vía

En la Tabla 9 se registran los resultados del cálculo de los radios redondeados que autoriza la normativa INVIAS en la Tabla 2, posteriormente, en la tabla 8 los radios mínimos para la velocidad real de operación del tramo en estudio, teniendo en cuenta que también estos deben ser redondeados para que cumpla con la normatividad existente.

Tabla 9. Evaluación de radios según señalización existente

Evaluación de Radios Según Señalización Existente

Velocidad	Km/H	Radio Mínimo Redondeado en (m)
30		30
40		50
50		80

Fuente: Propia – Manual de diseño INVIAS

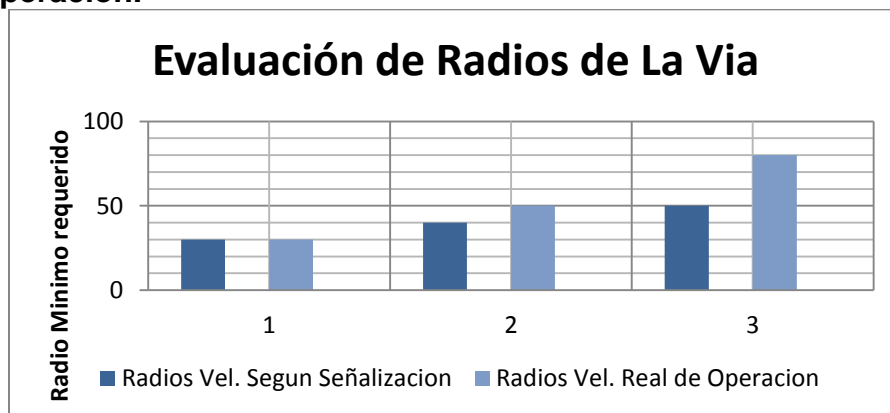
Tabla 10. Evaluación de radios según velocidad real de operación

Evaluación de Velocidad Según Velocidad real de Operación

Velocidad Real de Operación en (Km/H)	Radio Mínimo Calculado en (m)	Radio Mínimo Redondeado en (m)
52	89,8	120
54	96,9	120

Fuente: Propia – Manual de diseño INVIAS

Gráfica 15. Relación de radios mínimos requeridos vs radios de velocidad real de operación.



Fuente: Propia

9.3 ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD

9.3.1 Accidentalidad

La información de la accidentalidad del tramo en estudio es suministrada por la Secretaría de Movilidad de la ciudad de Bogotá, la cual es recopilada a través de mapas como se puede evidenciar en el anexo II.

9.3.2 Recolección de Información

En la tabla 7 y 8, se registran todos los accidentes que han sido notificados por la Policía Nacional y de los que tienen conocimientos la Secretaría de Movilidad, vale la pena mencionar que la Secretaría en su comunicado especifica que para el año 2013 no cuenta con los datos recopilados en su totalidad, por lo cual todavía no puede hacer entrega de los mismos.

Tabla 11. Accidentalidad por gravedad

ACCIDENTALIDAD POR GRAVERAD							
GRAVEDAD	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	TOTAL
HERIDOS	2	12	2	2	4	4	26
MUERTOS	0	1	0	0	0	0	1
DAÑOS	8	17	8	7	8	4	52
TOTAL	10	30	10	9	12	8	79

FUENTE: SECRETARÍA DE MOVILIDAD

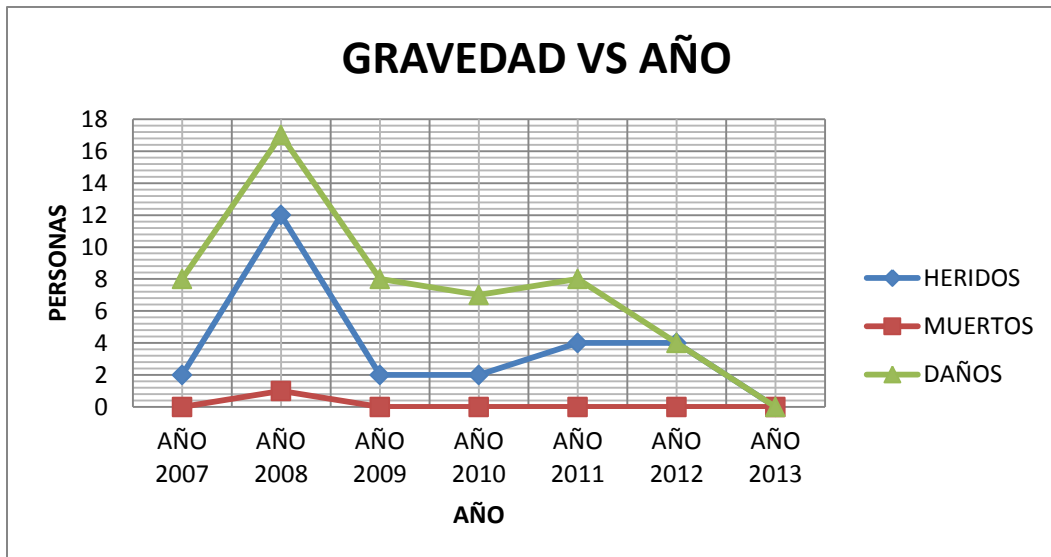
Tabla 12. Accidentalidad por clase

ACCIDENTALIDAD POR CLASE							
CLASE	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	TOTAL
ATROPELLO	0	2	0	0	0	0	2
CAIDA	0	0	0	0	2	0	2
CHOQUE	9	25	9	9	10	7	69
OTRO	1	3	1	0	0	0	5
VOLCAMIENTO	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL	10	30	10	9	12	8	79

FUENTE: SECRETARÍA DE MOVILIDAD

En la gráfica 16 (Gravedad del accidente por año), se determina que en el año 2008 se presentaron los índices de accidentalidad más altos con respecto a la gravedad, esto debido a que se presentaron 17 choques con daños, 12 heridos y una persona muerta.

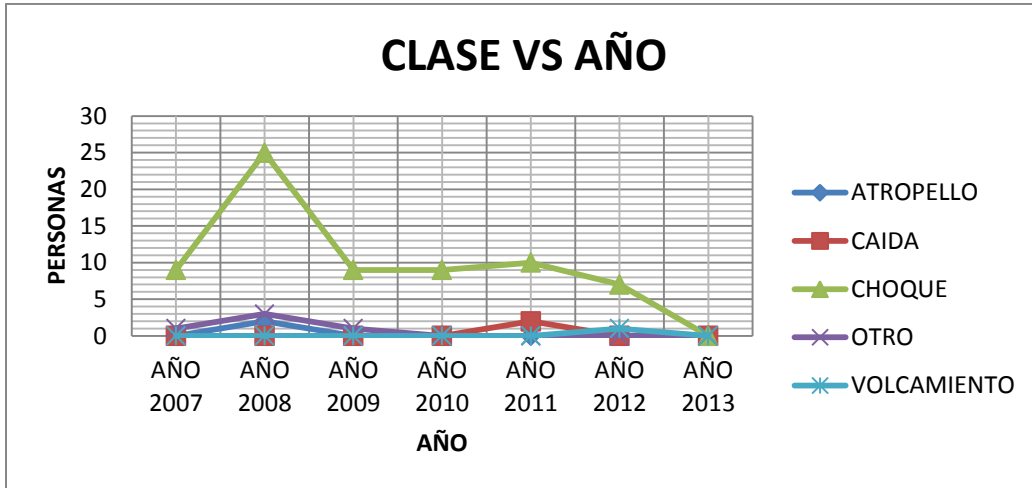
Gráfica 16. Gravedad del accidente por año



Fuente: Propia

En la gráfica 17, se determina que en el 2008 se presentaron la cantidad más alta de accidentes por clase, debido a que se presentaron 25 choque, 2 atropellados y otros 3 accidentes no clasificados.

Gráfica 17. Accidentalidad por año



Fuente: Propia

9.3.3 Cálculo y evaluación del Índice de Accidentalidad Total

Aplicando la metodología propuesta, en la tabla 13 se determinan los índices de accidentalidad de la zona de estudio por cada año desde el 2007 hasta el 2012, para lo cual se ha tenido en cuenta un TPD de 12.842 del año 2012.

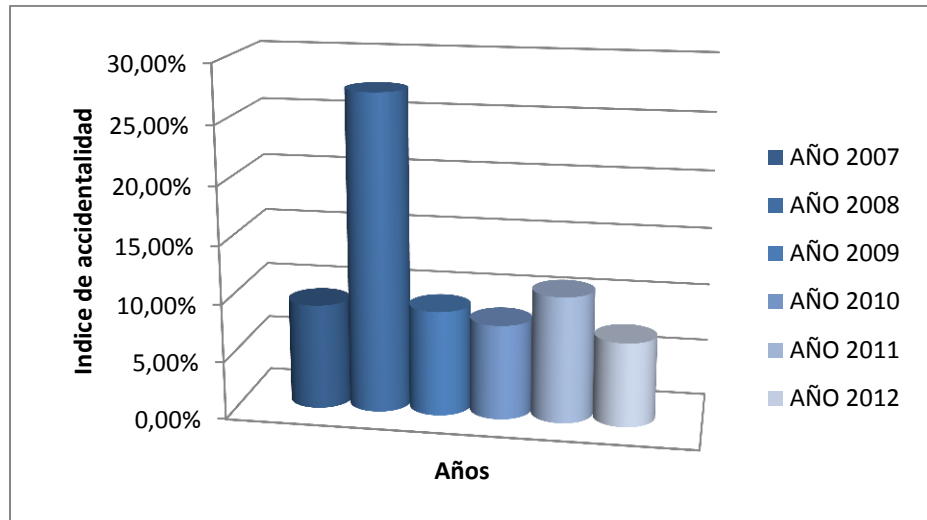
Tabla 13. Índices de accidentalidad por año
INDICE DE ACCIDENTALIDAD POR AÑO

Años	Cantidad de accidentes - Informe Secretaría de Movilidad	Índice de accidentalidad
2007	10	9,12%
2008	30	27,36%
2009	10	9,12%
2010	9	8,21%
2011	12	10,95%
2012	8	7,30%

Fuente: Propia – Mapa de accidentalidad Secretaría de Movilidad

En la gráfica 18, se determina que los índices de accidentalidad por año, evidenciando que el para el año 2008 se registra el mayor índice de accidentalidad el cual fue del 27.36%, por otra parte también es necesario destacar que el menor índice de accidentalidad se da en el año 2012 con un valor de 7.30%.

Gráfica 18. Índice de Accidentalidad Por Año.



Fuente: Propia

Por otra parte, para determinar el índice de accidentalidad total (IAT) para el tramo en estudio durante el periodo de 5 años, se tiene como factores determinantes, el TPD del último año que fue de 12,842 para el año 2012, el número total de accidentes presentados en la vía desde 2008 hasta el 2012, los cual registran un total 69 accedentes y la distancia total de la sección.

$$IAT = \frac{69 * 100.000.000}{12,842 * 365 * 2,339 * 5}$$

IAT = 13%

De acuerdo a la tabla 2 (Índices de accidentalidad de transito), el índice de accidentalidad total calcula fue de 0.13 por lo que este es catalogado como un índice bajo, debido a que se encuentra en el rango de 0.10 a 0.35.

9.3.4 Relación Accidentalidad – Velocidad

De acuerdo al análisis realizado a los mapas de accidentalidad suministrado por Secretaría de Movilidad (Anexo II) y al estudio de velocidad realizado en esta investigación, se ha determinado que el punto de la entrada al Instituto Roosevelt y el punto entrada a la Universidad Distrital, son los puntos críticos de la relación entra la accidentalidad y la velocidad, ya que sea podido relacionar que la mayor cantidad de accidentes han pasado en estos dos sectores. Así mismo, la velocidad encontrada en esta investigación para el tramo uno en el cual se ubican estas dos instituciones fue de 52 Km/h, velocidad que claramente supera la reglamentada por las señales de tránsito existentes.

Por otra parte, también es importante destacar que debido al diseño geométrico de la vía las pendientes descendentes que se evidencian en estos puntos hace que se genera una mayor velocidad, lo que ocasiona que los vehículos desarrollen altas velocidades; otro factor determinante es la alta demanda peatonal de estas instituciones, ya que muchas veces los vehículos particulares y de servicio público, así como los buses hacen paradas en curva, lo cual no favorece la reducción en el índice de accidentalidad.

Tabla 14 Tabla comparativa de puntos críticos

ZONA EVALUADA	VELOCIDAD DE DISEÑO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN	SEÑALIZACION	OBSERVACIONES
1	La velocidad encontrada para esta zona comprendida entre el k0+140 al k0+160 fue de 30km/h.	La velocidad de operación promedio en esta zona fue de 33.25km/h.	 <p style="text-align: center;">K1+150</p>	En esta zona se evidencia que la velocidad de operación coincide con la de diseño así como la de señalización
2	La velocidad definida para esta zona comprendida entre el k0+560 y el k0+580 fue de 40km/h.	La velocidad promedio de operación encontrada en este punto fue de 46.5 km/h.	 <p style="text-align: center;">K0+560</p>	En esta zona se evidencia un leve aumento de la velocidad de operación con respecto a la de diseño y a la señalizada de 40 km/h excediendo la velocidad de la zona.

<p style="text-align: center;">3</p>	<p>La velocidad definida para este punto comprendido entre el k0+160 al k0+180 fue de 50 km/h.</p>	<p>La velocidad promedio de operación para esta zona fue de 60.6 km/h.</p>	 <p style="text-align: center;">K0+160</p>	<p>En esta zona se evidencia que la velocidad de operación excede a la velocidad de diseño y la de señalización por 10.6 km/h lo cual supera la velocidad permitida para este tramo de la vía.</p>
---	--	--	--	--

10 CONCLUSIONES

- Se identificaron las velocidades de operación a lo largo del tramo comprendido entre la Parroquia de Nuestra Señora de Egipto y Monserrate en el Paso Bolívar sentido sur-norte dando como resultado velocidades promedio de 53 km/h, las cuales sobrepasan las velocidades registradas en las señales de tránsito y las de diseño, las cuales por los respectivos radios de curvatura deberían ser menores para la zona de estudio.
- Se identificó un punto crítico en el que las velocidades de operación son mayores que las permitidas por la señalización allí encontrada, para esta zona comprendida entre el k0+160 al k0+340 se recomienda la implementación de reductores de velocidad con el fin de evitar accidentes por causa del exceso de velocidad.
- Se pudo evidenciar una zona comprendida entre el k1+480 y el k1+580 en la que se genera trancones gracias a un local de comidas en la cual parquean carros sin tener una zona apropiada para este fin, al quedar en una curva esta no permite visualizar con tiempo los carros que aparcan en esta zona lo cual genera gran peligro para los usuarios de la vía, en esta zona se recomienda implementar señales preventivas que avisen el peligro que se encuentra más adelante o la creación de una bahía de parqueo para que los vehículos parqueados no representen un peligro para los usuarios de la vía.
- Por medio de la modelación en Civil Cad se pudo determinar los radios mínimos así como también anchos de vía lo cual nos permitió estimar una velocidad de diseño de 53 km/h de acuerdo con la tabla 10 de evaluación de radios según velocidad real de operación.
- En el trabajo de diseño geométrico de Civil Cad, se realizó un trazado de la vía, abscisado y realización de curvas, para efectos de sustentar resultados de trabajo de grado, pero los datos de abscisado de la zona de estudio sacados de Google Earth y exportados a Civil Cad no tienen la certeza que si puede tener en determinado caso la realización de un levantamiento topográfico para tener resultados más confiables en el abscisado de una vía.
- De acuerdo con los datos encontrados de accidentalidad así como lo observado en las visitas a la zona de estudio y las velocidades de operación encontradas se puede evidenciar que hay una incidencia entre la accidentalidad en el tramo comprendido entre el k0+160 al k0+340 esto teniendo en cuenta las características de este punto que es la recta más larga de todo el tramo evaluado.

11 BIBLIOGRAFIA

- ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN LOS CARRILES MIXTOS DE LAS TRONCALES DEL TRANSPORTE MASIVO EN BOGOTÁ – Hacia Una Propuesta De Aumento De La Velocidad Máxima Permitida. RINCÓN, Mario Arturo. VARGAS, Wilson. GONZÁLEZ, Carlos. CHALA, Julián David. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- BIBLIOTECA VIRTUAL DE DERECHO, ECONOMÍA Y CIENCIAS SOCIALES. Desarrollo cultural. [en línea]. <http://eumed.net/libros-gratis/2011a/898/Desarrollo%20Cultural.htm>. [citado el 14 de octubre de 2014].
- ESTUDIO SOBRE VELOCIDAD PUNTUAL AV. AMBALÁ ENTRE CALLES 67 Y 69 IBAGUÉ (TOLIMA). JIMÉNEZ PÉREZ, Édgar Ramiro. Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Civil. Especialización en Vías y Transporte. Manizales Marzo de 2007
- GOMEZ ULLOA. Juan David y MANRIQUE MAPE. Diego Alexander. Estudio de la velocidad de operación en rutas urbanas no semaforizadas. Bogotá 2014. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad La Gran Colombia. Departamento de Ingeniería Civil.
- <http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/texto/50ec>. [citado el 25 de Octubre del 2013].
- MARTA GONZÁLEZ GARRIDO. Estudio de Velocidades. España. Marzo de 1999. Informe técnico. P 53.