

**ANALISIS DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE  
ADELANTAMIENTO DE VEHICULOS LIVIANOS ENTRE LA  
INTERSECCION LA CEMENTO (PR0+300) Y EL PEAJE RIONEGRO  
5300 (PR13+000) DE LA RUTA NACIONAL 45A08 EN SANTANDER**

**PAULA ANDREA RODRIGUEZ DELGADILLO  
NELSON DAVID VALDERRAMA CALDERON**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2018**

**ANALISIS DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE  
ADELANTAMIENTO DE VEHICULOS LIVIANOS ENTRE LA  
INTERSECCION LA CEMENTO (PR0+300) Y EL PEAJE RIONEGRO  
5300 (PR13+000) DE LA RUTA NACIONAL 45A08 EN SANTANDER**

**PAULA ANDREA RODRIGUEZ DELGADILLO  
NELSON DAVID VALDERRAMA CALDERON**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR:  
ING. RICARDO PICO VARGAS  
DOCENTE ESPECIALISTA EN VIAS TERRESTRES**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
FEBRERO  
2018**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Director**

---

**Firma del Jurado N°1**

---

**Firma del Jurado N°2**

**Bucaramanga, mayo de 2018**

## **DEDICATORIA**

*Queremos dedicar este trabajo de grado a nuestros padres, quienes fueron nuestro apoyo incondicional en este proyecto y todo el proceso que llevo el estudiar esta carrera, no solo hicieron posible cada semestre el seguir este camino, también fueron nuestros guías en la vida y nos ayudaron a formar lo que somos ahora y futuramente como ingenieros civiles.*

*Dedicamos también este trabajo a nuestro profesor, el ingeniero Ricardo Pico Vargas, por brindarnos su sabiduría y conocimiento para culminar esta carrera con un proyecto de grado que nos permitió ampliar nuestros conocimientos y visualizar de manera más practica algunos de los obstáculos que encontraremos ejerciendo nuestra amada carrera.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por habernos permitido estudiar la carrera que anhelábamos con el corazón y darnos todas las capacidades y herramientas necesarias para aprender y superar los obstáculos que semestre a semestre tuvimos que afrontar, fue nuestro protector en este plan de vida que nos decidió regalar gracias a su divina voluntad.

A nuestros padres por todo el amor, comprensión y apoyo, por ser los primeros en creer en nosotros y lo que lograremos en un futuro, por simplemente ser esas personas que nuestro corazón ama y a quienes queremos enorgullecer con cada de nuestras metas superadas.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION.....	12
2. GENERALIDADES .....	14
2.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA .....	14
2.2 JUSTIFICACIÓN.....	15
2.3 OBJETIVOS.....	16
2.3.1 Objetivo general.....	16
2.3.2 Objetivos específicos: .....	16
2.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	17
3. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL .....	18
3.1 CONSISTENCIA EN EL DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS .....	18
3.2 VELOCIDAD .....	18
3.2.1 Velocidad de diseño ( $V_{tr}$ ) .....	18
3.2.2 Velocidad de operación ( $V_{85}$ ) .....	20
3.2.3 Velocidad específica de un elemento ( $V_e$ ).....	20
3.3 ENFOQUES DE LA CONSISTENCIA EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS .....	20
3.3.1 Enfoque según la homogeneidad geométrica .....	20
3.3.2 Enfoque de Lamm et al.....	20
3.3.3 Enfoque según Polus.....	22
3.3.4 Enfoque según carga mental .....	23
3.4 CONSISTENCIA Y LA SEGURIDAD VIAL.....	24
3.5 DISTANCIA DE VISIBILIDAD .....	25
3.5.1 Distancia de visibilidad de parada ( $D_p$ ).....	25
3.5.2 Distancia de Visibilidad de adelantamiento ( $D_a$ ) .....	27
3.5.3 Distancia de visibilidad de cruce .....	32
3.6 MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO .....	34
3.6.1 Factores influyentes en la maniobra de adelantamiento .....	34
3.6.2 Relación entre la maniobra de adelantamiento y la accidentalidad .....	36
3.6.3 Estudios previos realizados a la maniobra de adelantamiento .....	36

3.6.3.1 Carlson et al. ....	36
3.6.3.2 Harwood et al. ....	37
3.6.3.3 Polus et al. ....	37
3.7 SEÑALIZACION.....	38
3.7.1 Señales .....	38
3.7.1.1 Señales reglamentarias de adelantamiento .....	39
3.7.1.2 Señales de piso de adelantamiento .....	39
3.8 ACELERACION .....	41
4. METODOLOGÍA.....	42
4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.....	42
4.2 ASPECTOS TÉCNICOS DEL TRAMO .....	43
4.2.1 Diseño geométrico .....	43
4.2.2 Transito .....	44
4.2.3 Accidentalidad .....	45
4.3 BASE DE DATOS.....	46
4.3.1 Conductores .....	47
4.3.2 Herramientas y medios para la toma de datos .....	49
4.4 TOMA DE DATOS .....	50
4.5 ESTADO DE SEÑALIZACIÓN DE LA VÍA .....	53
5. ANALISIS DE RESULTADOS .....	55
5.1 ADELANTAMIENTOS.....	55
5.2 TIPO DE ADELANTAMIENTO .....	56
5.3 TIPOS DE VEHÍCULOS ADELANTADOS .....	57
5.4 CLASIFICACIÓN POR VELOCIDADES.....	58
5.5 ANÁLISIS DE ACELERACIÓN .....	61
5.6 COMPARACIÓN DE DATOS DE INVESTIGACIÓN CONTRA MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS DE COLOMBIA .....	61
6. CONCLUSIONES.....	64
7. RECOMENDACIONES.....	66
8. REFERENCIAS .....	67

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Distancia de visibilidad de adelantamiento. ....	28
<b>Figura 2.</b> Distancia de visibilidad en intersecciones. Triangulo mínimo de visibilidad. ....	32
<b>Figura 3.</b> Señal prohibido adelantar. ....	39
<b>Figura 4.</b> Señal de piso sencilla y continua. ....	39
<b>Figura 5.</b> Señal de piso doble y continúa. ....	39
<b>Figura 6.</b> Señal de piso doble y a trazos. ....	40
<b>Figura 7.</b> Señal de sencilla y a trazos. ....	40
<b>Figura 8.</b> Señal de sencilla y a trazos. ....	40
<b>Figura 9.</b> Ubicación geográfica del tramo seleccionado por el proyecto en la ruta 45A entre la Cemento y el Peaje Rionegro. ....	42
<b>Figura 10.</b> Descripción doble calzada. ....	43
<b>Figura 11.</b> Descripción calzada bidireccional. ....	44
<b>Figura 12.</b> Accidentes vía La Cemento – Rionegro 5300 (2015). ....	46
<b>Figura 13.</b> Distribución de género. ....	48
<b>Figura 14.</b> Distribución de edades. ....	48
<b>Figura 15.</b> Equipo VBox Lite de 10Hz. ....	49
<b>Figura 16.</b> Visualización software Racelogic VBox Tools. ....	49
<b>Figura 17.</b> Visualización adelantamiento. ....	50
<b>Figura 18.</b> Ejemplo toma de tiempo. ....	53
<b>Figura 19.</b> Ejemplo de señalización de la vía. ....	53
<b>Figura 20.</b> Ejemplo doble línea solo para accesos. ....	54
<b>Figura 21.</b> Porcentaje de conductores que realizaron maniobra. ....	55
<b>Figura 22.</b> Porcentaje de tipo de adelantamiento. ....	56
<b>Figura 23.</b> Porcentajes de tipo de vehículos adelantados. ....	58
<b>Figura 24.</b> Agrupación de adelantamientos según su velocidad en d1. ....	58
<b>Figura 25.</b> Agrupación de adelantamiento por velocidades en d2. ....	59



## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Velocidades de diseño de tramos homogéneos, Vtr. ....	19
<b>Tabla 2.</b> Índice de consistencia. ....	21
<b>Tabla 3.</b> Índice de consistencia (Polus).....	23
<b>Tabla 4.</b> Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente 0%. ....	26
<b>Tabla 5.</b> Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente. ....	27
<b>Tabla 6.</b> Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo.....	30
<b>Tabla 7.</b> Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles bidireccionales. ....	31
<b>Tabla 8.</b> Porcentajes de oportunidades de adelanta cada 5 Km. ....	31
<b>Tabla 9.</b> Tránsito promedio diario (2011) ....	44
<b>Tabla 10.</b> Accidentalidad vía La Cemento – Peaje Rionegro 5300 (2015). ....	45
<b>Tabla 11.</b> Características de los conductores ....	47
<b>Tabla 12.</b> Distribución de tramo de vía estudiado ....	50
<b>Tabla 13.</b> Ejemplo de clasificación de adelantamientos (ida). ....	51
<b>Tabla 14.</b> Ejemplo de clasificación de adelantamientos (regreso). ....	51
<b>Tabla 15.</b> Ejemplo cada 5 metros en la distancia D2 adelantamiento 17. ....	52
<b>Tabla 16.</b> Conductores que realizaron maniobra. ....	55
<b>Tabla 17.</b> Tipo de adelantamiento (ida).....	56
<b>Tabla 18</b> Tipo de adelantamiento (regreso). ....	57
<b>Tabla 19.</b> Tipos de vehículos adelantados. ....	57
<b>Tabla 20.</b> Rango de velocidad específica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa la maniobra. ....	62
<b>Tabla 21.</b> Porcentaje de error en distancia de adelantamiento 1. ....	62
<b>Tabla 22.</b> Porcentaje de error en distancia de adelantamiento 2. ....	63

## INDICE DE ECUACIONES

	<b>Pág.</b>
<b>Ecuación 1.</b> Índice de consistencia (Lamm). .....	21
<b>Ecuación 2.</b> Área relativa (Polus). .....	22
<b>Ecuación 3.</b> Desviación estandar (Polus). .....	22
<b>Ecuación 4.</b> Valor de consistencia (Polus). .....	22
<b>Ecuación 5.</b> Distancia de Visibilidad de parada. ....	25
<b>Ecuación 6.</b> Distancia de adelantamiento. ....	28
<b>Ecuación 7.</b> Calculo de D1. ....	29
<b>Ecuación 8.</b> Calculo de D2. ....	29
<b>Ecuación 9.</b> Calculo de D4. ....	30
<b>Ecuación 10.</b> Calculo de distancia de cruce. ....	32
<b>Ecuación 11.</b> Calculo de distancia S. ....	33
<b>Ecuación 12.</b> Calculo t2 para distancia de cruce. ....	33
<b>Ecuación 13.</b> Aceleración Cinemática .....	41

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Análisis de la distancia de visibilidad de adelantamiento de vehículos livianos entre la intersección la cemento (PR0+300) y peaje Rionegro 5300 (PR13+000) de la ruta nacional 45A08 en Santander.

**AUTOR(ES):** Paula Andrea Rodríguez Delgadillo  
Nelson David Valderrama Calderón

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Ricardo Pico Vargas

### RESUMEN

Una de las principales causas de accidentalidad hoy en día en las carreteras es que estas no le brindan al usuario la suficiente seguridad para transitar cómodamente, su diseño geométrico cumple con las normas estipuladas más sin embargo no con las expectativas que los conductores suponen al recorrer las vías, la visibilidad para realizar maniobras de adelantamiento es una de las variables que más influye en la accidentalidad por su complejidad, falta de seguridad y eficacia para las vías de una calzada con sentido bidireccional, hoy por hoy en Colombia se han realizado diversas investigaciones con el fin de encontrar las inconsistencias en los diseños que son aceptables en su geometría mas no le brindan al usuario la suficiente información para que este transite con fluidez y seguridad, esta investigación se encargó de realizar el análisis y evaluación de las distancias de adelantamiento con la cual se diseñó una vía rural en el municipio de Santander para poner a prueba la cercanía de las normas del manual de diseño geométrico de carreteras con lo experimentado en campo, para esto inicialmente se tomó de una base de datos el recorrido hecho por 35 conductores en la vía La cemento – Peaje Rionegro con su respectiva información de velocidades, tiempo, aceleraciones y abscisas para calcular las distancias de maniobra inicial (d1), ocupación del carril contrario (d2), distancia de seguridad (d3) y vehículo en el sentido opuesto (d4) y así hallar la distancia total de adelantamiento (da), seguidamente se fueron clasificando los resultados por medio de las velocidades para así compararlos con la información que proporciona el manual de diseño geométrico de carretera.

### PALABRAS CLAVE:

Maniobra de adelantamiento, visibilidad, aceleración, velocidad, diseño geométrico.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** Analysis of the visibility distance of overtaking of light vehicles between La cemento intersection (PR0+300) and the Rionegro 5300 toll road (PR13+000) of the national route 45A08 in Santander.

**AUTHOR(S):** Paula Andrea Rodríguez Delgadillo  
Nelson David Valderrama Calderón

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Ricardo Pico Vargas

### ABSTRACT

One of the main causes of accidents today on Colombian roads is that they don't provide the user with enough safety to travel comfortably, the geometric design complies with the stipulated standards but not with the expectations that drivers assume when they are traveling roads, the visibility to perform overtaking maneuvers is one of the variables that most influences the accident due to its complexity, lack of safety and effectiveness for the roads of a causeway with bidirectional sense, today in Colombia several investigations have been carried out with In order to find the inconsistencies in the designs that are acceptable in their geometry but don't provide the people with enough information so that it travels with fluidity and safety, this investigation was commissioned to perform the analysis and evaluation of overtaking distances with the which was designed a rural route in the municipality of Santander to put verifies the proximity of the rules of the manual of geometric design of roads with what is experienced in the field, for this initially a database was taken from the route made by 35 drivers on the La cemento – road toll Rionegro route with its respective speed information, time, accelerations and abscissa to calculate the initial maneuver distances (d1), occupation of the opposite lane (d2), safety distance (d3) and vehicle in the opposite direction (d4) and thus find the total overtaking distance (da) , after that the results were classified by means of the speeds to compare them with the information provided by the geometric design of the roads manual.

### KEYWORDS:

Overtaking maneuver, visibility, acceleration, speed, geometric design.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## 1. INTRODUCCION

La seguridad vial tiene como fin garantizar el buen funcionamiento de la circulación de tránsito disminuyendo la posibilidad de un accidente, es uno de los factores fundamentales para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial y aun así en muchos casos no se tiene en cuenta al momento de desarrollar estudios en etapas de prefactibilidad o factibilidad de un proyecto de infraestructura vial, dando lugar al incremento en las tasas de accidentalidad y por consiguiente de mortalidad. [1]

Es indispensable que en los temas de movilidad se desarrolle un enfoque basado en la seguridad vial y no solo basarse al mejoramiento de las condiciones de capacidad y movilidad.

En el año 2017 Colombia registró en promedio 18 muertes diarias a causa de accidentes de tránsito, aunque logró quebrar el aumento en las tasas de mortalidad y accidentalidad en las vías del país a causa de accidentes de tránsito que vivió durante su última década dando lugar a una disminución del 4,8% de víctimas fatales y un 9% de lesionados respecto al año anterior según la Agencia Nacional de Seguridad Vial de país, no es suficiente ya que según expertos la situación de seguridad vial está muy alejada de los modelos internacionales de seguridad vial. [2]

El adelantamiento es sin duda una de las maniobras más peligrosas de realizar al momento de transitar en una vía de sentido bidireccional puesto que el conductor debe procesar gran contenido de información y tomar decisiones en milésimas de segundos donde se ven involucrados los tres principales factores influyentes en la accidentalidad el factor humano, el vehículo y la vía. [3]

La distancia de visibilidad requerida para realizar un adelantamiento ha sido motivo de estudio por parte de algunos investigadores intentando obtener una fórmula acertada para su cálculo donde influye directamente la velocidad de operación además de otras variables, algunas con mayor dificultad de cálculo ya que se relacionan con el comportamiento de los conductores en el momento de asumir el riesgo y acatar las normas de tránsito. [4]

Este proyecto analizará las maniobras de adelantamientos realizadas a lo largo de la vía comprendida entre la planta de cemento Cemex ubicada al norte de Bucaramanga y el peaje del municipio de Río Negro del departamento de Santander, con el fin de comparar la distancia de visibilidad experimentada por los conductores para realizar un adelantamiento, con la distancia estipulada por el Instituto Nacional de Vías, para así determinar la consistencia en la visibilidad que presenta la vía.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Uno de los principales factores que influyen en el diseño vial es garantizar la seguridad de la vía por medio de diseños óptimos, por lo tanto se han visto involucrados nuevos índices con los cuales buscan el mejoramiento de la seguridad a lo largo del diseño vial, uno de ellos es la consistencia, la definen como "la condición bajo la cual la geometría de un camino se encuentra en armonía con las expectativas de los conductores tal que evitan maniobras críticas" , por lo tanto en un accidente influyen tres principales factores, los cuales son el factor humano , el vehículo y la vía. Uno de los principales casos de accidentalidad que se presentan a lo largo de las vías de nuestro país se debe a una de las maniobras más peligrosas que se pueden hacer en una vía de sentido bidireccional y es la maniobra de adelantamiento.

Inicialmente se analizará un tramo de vía comprendido entre los municipios de Bucaramanga y Rionegro del departamento de Santander, con el fin de analizar la distancia de visibilidad de adelantamiento en tramos de sentido bidireccional comprendidos entre la intersección La Cemento (PR0+300) y el Peaje Rionegro 5300 (PR13+000) de la ruta nacional 45A08 en Santander. Para este análisis se estudiará el comportamiento de diferentes conductores de vehículo liviano al momento de realizar maniobras de adelantamiento por medio de videos captados por el equipo de muestreo VBOX Racelogic.

El análisis se basará respecto a las condiciones en las cuales se realiza cada uno de los adelantamientos obteniendo perfiles de velocidad, longitudes de adelantamiento, distancias de visibilidad, características de la vía, aceleraciones en el momento de realizar la maniobra, modo de iniciación de la maniobra y la terminación de esta; datos obtenidos por medio del programa Racelogic Vbox Tools.

Finalmente se realizará la comparación de los criterios técnicos pautados por la norma según el manual de diseño geométrico de carreteras desarrollado por el INVIAS y la experiencia de campo de los usuarios del tramo de vía.

## **2.2 JUSTIFICACIÓN**

Hoy en día Colombia presenta problemas de accidentabilidad en carreteras debido a que los criterios postulados por la norma no proporciona la información adecuada a los usuarios de las vías, según el periódico El Tiempo se calcula un promedio de 18 muertes al día en las carreteras y calles de nuestro país por accidentes de tránsito, debido a esto nuestra responsabilidad como ingenieros civiles retorna a la investigación y solución de problemas de las carreteras ya hechas y el aporte de estos conocimientos a la hora de elaborar nuevas carreteras. [2]

Este proyecto de grado tiene como objetivo recopilar una serie de resultados experimentales para analizar maniobras de riesgo que frecuentan un tramo de vía entre los municipios de Bucaramanga y Rionegro para estudiar, analizar, calcular y concluir si los lineamientos de la norma postulada por el manual de diseño geométrico de carreteras se cumplen en este tramo y son los utilizados por los conductores de las vías o la experiencia en campo obliga a un comportamiento diferente, para esto haremos estudio de la consistencia en la velocidad de diseño de la vía y la velocidad con esto lograremos proporcionar conclusiones.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 Objetivo general**

Analizar la maniobra de adelantamiento en un tramo experimental en el departamento de Santander por medio de perfiles de velocidad con la intención de revisar los criterios de diseño de la norma colombiana.

### **2.3.2 Objetivos específicos:**

- Recopilar y analizar información de proyectos previos relacionados con el tema propuesto.
- Identificar las variables que se necesitan en los modelos de distancias de visibilidad de adelantamiento.
- Elaborar una metodología de medición, procesamiento de datos y análisis estadísticos para los datos de distancias de visibilidad de adelantamiento.
- Analizar los datos obtenidos en el estudio experimental para caracterizar el fenómeno de adelantamiento teniendo en cuenta factores relativos al conductor, al vehículo, a la carretera, velocidades de operación, visibilidad.
- Revisar los criterios técnicos relacionados con la maniobra de adelantamiento realizada por cada uno de los vehículos a partir de los resultados de la toma de datos.



## **2.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de este proyecto inicialmente se revisará el estado del arte por medio de documentos, revistas, plataformas tecnológicas digitales, y proyectos de grado para determinar los factores importantes de investigación.

Posteriormente se hará la descripción del tramo experimental seleccionado y la determinación de sitios donde se frecuentan las maniobras de adelantamiento, con esta información se caracterizarán las variables relacionadas con la maniobra (Longitud de la zona disponible, visibilidad, perfiles de velocidad, sección transversal, entre otros). Teniendo todos los datos recogidos del campo y los cálculos de las variables, se identificará la maniobra, clasificándola por el número de vehículos adelantados y adelantantes, modo de iniciación y terminación de maniobras, longitudes de vehículos implicados, iluminación, conductores, ocupantes, fases de seguimiento y fases de adelantamiento.

Seguidamente se realizará el análisis estadístico de datos, comparando velocidades, aceleraciones, abscisas y longitudes proporcionadas por el GPS, para compararlos con un modelo colombiano de distancia de visibilidad de adelantamiento proporcionado por el manual de diseño geométrico de carreteras.

Finalmente se revisarán los resultados del modelo colombiano con los resultados obtenidos en campo y se determinara conclusiones y recomendaciones sobre la seguridad vial en los sectores donde se realizaron las maniobras de adelantamiento.

### **3. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL**

#### **3.1 CONSISTENCIA EN EL DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS**

El diseño geométrico de la vía es fundamental para el desarrollo de un proyecto vial, ya que una buena elaboración debe proporcionar que el conjunto de elementos en planta, perfil y sección transversal provean de seguridad y comodidad al usuario. A pesar de que se sigan los parámetros y normativa que exige cada país para planear el trazado de una carretera se siguen presentando problemas de accidentalidad debido a tres principales factores: el estado de la vía, el factor humano y el vehículo. Con el fin de mitigar estos problemas surge un término para la evaluación del diseño llamado consistencia en el diseño geométrico de vías que busca analizar la armonía que se presenta entre el conductor y la vía comparando las expectativas del usuario con las condiciones geométricas del recorrido.

“Existen diversas definiciones del concepto de consistencia del diseño, derivados del propuesto por Glennon y Harwood (1978). Al - Masaeid et al (1995), la definen como la condición bajo la cual la geometría de un camino se encuentra en armonía con las expectativas de los conductores tal que evitan maniobras críticas. Irizarry y Krammes (1998) por su parte, la definen como aquel diseño cuya geometría se encuentra acorde con las expectativas del conductor” [5]

A lo largo de los años con el fin de encontrar criterios cuantitativos para estudiar la consistencia en un diseño geométrico varios investigadores como Lamm Et, Polus, Messer, entre otros, concluyeron se debían basar en la expectativa y velocidad, teniendo en cuenta estos dos elementos surgen cuatro enfoques importantes para su evaluación: Enfoque por homogeneidad geométrica, enfoque según Lamm, enfoque según Polus y enfoque Según la carga mental.

#### **3.2 VELOCIDAD**

##### **3.2.1 Velocidad de diseño ( $V_{tr}$ )**

La velocidad es el parámetro fundamental para definir los componentes de un proyecto por medio de cálculos y así llegar a un eficiente diseño geométrico de vías, por lo cual deber ser estudiada para garantizar un equilibrio entre los principales factores que influyen en la seguridad de una vía que son el usuario, el vehículo y la carretera.

James cadenas Grisales define la velocidad de diseño como “La máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables que las características de la vía predominan.” [6]

Todos los elementos geométricos de una vía tales como alineamientos de perfil, horizontales, o transversales, radios mínimos, anchos del carril, peraltes, etc., dependen directamente de la velocidad de diseño.

Para elegir la velocidad de diseño de una vía se debe tener en cuenta la importancia o la categoría de la vía próxima a diseñar, la topografía del terreno, el servicio que se desea proporcionar, el impacto ambiental entre otras, es primordial garantizar la seguridad del usuario por lo tanto se debe seleccionar una velocidad de diseño que sea consistente a lo largo de diseño vial para evitar sorprender al usuario con cambios drásticos y frecuentes de velocidad.

El instituto Nacional de vías de Colombia (INVIAS) con el fin de garantizar la consistencia de la velocidad de diseño en un tramo desarrollo la siguiente tabla teniendo en cuenta la categoría de la carretera y el tipo de terreno. [7]

**Tabla 1.** Velocidades de diseño de tramos homogéneos, Vtr.

CATEGORIA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGENEHO VTR(Km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

### **3.2.2 Velocidad de operación ( $V_{85}$ )**

Se define como la velocidad máxima por la cual un usuario puede desplazarse en una carretera sintiéndose cómodo en su conducción sin exceder los límites de seguridad propuestos por la velocidad de diseño, en esta influyen variables como el clima y el tráfico. [7]

Esta velocidad no es calculable mediante el diseño pero a lo largo del tiempo se han desarrollado modelos matemáticos que utilizan la velocidad específica para estimarla y crear diseños de vías las acertados y consistentes. [6]

### **3.2.3 Velocidad específica de un elemento ( $V_e$ )**

Es la máxima velocidad por la cual un usuario puede transitar por cada elemento de la vía (curva, entretangencia), está se encuentra condicionada por el clima, el tráfico, el estado del vehículo y de la vía. [7]

Esta velocidad se clasifica en los siguientes tipos dependiendo de su dimensión y tipo de elemento:

- Velocidad específica de la curva horizontal.
- Velocidad específica de la entretangencia horizontal.
- Velocidad específica de curva vertical.
- Velocidad específica de tangente vertical. [7]

## **3.3 ENFOQUES DE LA CONSISTENCIA EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS**

### **3.3.1 Enfoque según la homogeneidad geométrica**

Esta busca que el trazado de la vía sea completamente homogéneo evitando los cambios fuertes en la velocidad, de esta manera plantea que las curvas deben seguir ciertos parámetros para que el conductor recorra con fluidez y sin imprevistos logrando así que no se presenten accidentes por el factor sorpresa. [5]

### **3.3.2 Enfoque de Lamm et al**

Este método relaciona directamente la consistencia de los elementos horizontales de una curva con la diferencia entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación de la curva estudiada. [5]

El enfoque de Lamm et al, se basa en la evaluación de curvas aisladas simples y curvas compuestas afirmando la existencia de la relación entre la consistencia y la accidentalidad en los factores siguientes:

- Tasa de cambio de curvatura.
- La percepción del usuario.
- La fricción lateral del vehículo en la curva.
- La estabilidad dinámica del vehículo en la curva. [5]

La propuesta de Lamm et al evalúa la consistencia de estos factores con los siguientes criterios:

- Criterio I: Relación de la velocidad de diseño con la velocidad de operación.
- Criterio II: Consistencia de la velocidad de operación en elementos sucesivos.
- Criterio III: Relación de la fricción lateral de la velocidad de diseño con la fricción de operación.

Según esto propuso un indicador de consistencia para curvas aisladas al obtener el valor de absoluto de la diferencia entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación como lo muestra la siguiente ecuación.

**Ecuación 1.** Índice de consistencia (Lamm).

$$IC_L = |V_D - V_O|$$

**Fuente.** Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico. [5]

$IC_L$ : Índice de consistencia método de Lamm et al.

$V_D$ : Velocidad de diseño.

$V_O$ : Velocidad de operación (percentil 85 de la distribución de las velocidades tomadas a la mitad de la curva)

Propuso una clasificación en función del valor de índice de consistencia con la cual podía clasificar una curva horizontal en tres niveles.

**Tabla 2.** Índice de consistencia.

NIVELES	BUENO	$IC_L < 10 \text{ km/h}$
	REGULAR	$10 \leq IC_L \leq 20 \text{ km/h}$
	MALO	$IC_L > 20 \text{ km/h}$

**Fuente.** Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico. [5]

Gracias a este método podemos calificar el diseño de curvas horizontales y tomar medidas para mejorar la consistencia en caso de que no cumpla con esta, ya sea por la implementación de señales de tránsito que permitan la reducción de la velocidad en un tramo determinado o llegado el caso realizar un rediseño de la curva horizontal. [5]

### 3.3.3 Enfoque según Polus

Polus propone el análisis de trazados completos a partir del estudio de la diferencia de velocidad medida en puntos a lo largo de ese tramo con la promedio del mismo, concluyendo que a mayor diferencia de velocidad mayor inconsistencia. [5]

Los estudios realizados por Polus arrojaron una ecuación de cálculo de consistencia basándose en el área de medición y la desviación estándar de velocidades como se muestra a continuación.

**Ecuación 2.** Área relativa (Polus).

$$Ra = \frac{\sum_i |a_i|}{L}$$

**Fuente.** Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico. [5]

**Ecuación 3.** Desviación estándar (Polus).

$$\sigma = \frac{1}{3,6} \sqrt{\frac{(V_i - V_m)^2}{n}}$$

**Fuente.** Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico. [5]

**Ecuación 4.** Valor de consistencia (Polus).

$$C = 2,808 e^{-0,278 * Ra * \sigma}$$

**Fuente.** Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico. [5]

Donde,

Ra: Área relativa [m/s]

L: Longitud [m]

$\sum |a_i|$ : Suma de áreas entre perfil velocidad de operación y velocidad operación promedio [ $m^2/s$ ]

$\sigma$ : Desviación estándar de la velocidad de operación [m/s]

$V_i$ : Velocidad de operación a lo largo del tramo [Km/h]

$V_m$ : Velocidad de operación promedio por longitud a lo largo del tramo [Km/h]  
 n: Número de elementos geométricos a lo largo del tramo.  
 C: valor de consistencia [m/s]

#### Umbral de resultados

**Tabla 3.** Índice de consistencia (Polus).

NIVELES	BUENO	$C > 2$ m/s
	REGULAR	$1 < C \leq 2$ m/s
	MALO	$C \leq 1$ m/s

**Fuente.** Criterios para el análisis de consistencia del diseño geométrico. [5]

Este método difiere al de Lamm en que es posible aplicarlo a cualquier tramo de la vía desde 1 curva aislada hasta tramos con 2 o más curvas. [5]

### 3.3.4 Enfoque según carga mental

Este enfoque hace referencia al grado de concentración y estrés que desarrolla el conductor a lo largo del recorrido. Primeramente, mencionado por McDonald y Ellis, concluyeron que los usuarios de la vía se encuentran bajo cierta presión que proporcionan el conjunto de elementos externos que presta el tramo de vía es decir el ambiente. [5]

La variable en la cual se apoyaron para esta teoría fue el estrés del operario, analizándola en base al tiempo necesario para maniobrar en la vía y el tiempo estipulado para realizar el recorrido.

Este enfoque se ha desarrollado con menor entusiasmo debido a que se basa en variables poco comunes y con menos recursos para su medición, es necesario el uso de alta tecnología que analicen el comportamiento físico y psicológico del usuario, como se refieren los siguientes ejemplos:

- Oclusión visual.
- Ritmo cardiaco.
- Presión arterial.
- Tiempo de espera.

La relación clara con la consistencia en este método es que un ambiente de conducción inseguro con mayor inconsistencia supone más carga mental sobre el conductor lo cual genera mayor probabilidad de accidentes. [5]

### 3.4 CONSISTENCIA Y LA SEGURIDAD VIAL

El diseño por consistencia no solo busca seguir la normativa de diseño geométrico de vías de cada país también implementa los criterios propuestos desde la seguridad vial para hacer carreteras más confiables y que brinden al usuario los elementos necesarios para que generen expectativas y se presente mayor fluidez.

La seguridad vial actúa como factor importante puesto que define los elementos que influyen en la percepción de los conductores tales como la claridad y coherencia en la señalización, la iluminación, los elementos de seguridad para prevención de accidentes, entre otros.

Por tal motivo se puede decir que este método consistencia es el más enfocado a la comodidad del usuario y la reacción de este ante la vía haciéndolo el más eficaz en la seguridad de cada carretera.

En Colombia el diseño geométrico de vías se rige según una normativa determinada por el Instituto nacional de vías (INVIAS) llamado manual de diseño geométrico de carreteras, en este manual abarcan diferentes temas entre los cuales encontramos en el capítulo 8 el estudio de la consistencia del diseño geométrico de carreteras, en este capítulo plantean diferentes criterios con el fin de realizar un diseño vial agradable y seguro teniendo en cuenta los elementos principales en el momento del diseño.

El manual de diseño geométrico de carreteras evalúa la consistencia según tres criterios generales:

- Criterio general para garantizar la adecuada interacción del diseño en planta, en perfil y en sección transversal.  
Este criterio se analiza en base a los planos de diseño en planta y perfil, postulando dos temas principales:
  - ✓ Combinaciones indeseables
  - ✓ Combinaciones recomendadas
- Criterio general para garantizar la adecuada interacción de la carretera con sus intersecciones y demás elementos y estructuras complementarias.  
Este criterio proporciona las recomendaciones necesarias para la implementación de obras auxiliares tales como:
  - ✓ Puentes e intersecciones
  - ✓ Elementos de drenaje
  - ✓ Iluminación
  - ✓ Redes de servicios
- Criterio y recomendaciones para lograr un diseño estético y armonioso con el paisaje.  
Este criterio busca que la vía forme un complemento con el ambiente por el cual se desarrolla, analizando los siguientes elementos:



- ✓ Corredor de ruta.
- ✓ Alineamiento horizontal.
- ✓ Alineamiento vertical.
- ✓ Sección transversal.
- ✓ Intersecciones y estructuras complementarias.
- ✓ Plantaciones.
- ✓ Proceso constructivo. [7]

### 3.5 DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Para un óptimo diseño de carretera, el trazado de la vía le debe proporcionar al usuario visibilidad hacia adelante para fluir y realizar maniobras necesarias de manera segura, cómoda y eficaz. [7]

La normativa en Colombia encargada de postular los parámetros para el cálculo de distancias es la propuesta por el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS, la cual indica que existen tres tipos de distancia de visibilidad:

- Distancia de visibilidad de parada (Dp).
- Distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).
- Distancia de visibilidad de cruce (Dc).

Cada una de estas distancias está directamente relacionada con la velocidad de diseño de la vía.

#### 3.5.1 Distancia de visibilidad de parada (Dp)

Se define como la distancia necesaria por el conductor para detener el vehículo ante un obstáculo inesperado, esta distancia se calcula mediante la suma de la longitud recorrida en la percepción del obstáculo y la longitud recorrida en el frenado del vehículo.

La distancia en el tiempo de percepción está estipulada como la recorrida en 2,5 Segundos por el conductor a la velocidad en la cual transitaba, y la distancia en el frenado es la recorrida desde la aplicación de los frenos con la velocidad inicial y un valor de desaceleración como se muestra en la siguiente ecuación:

**Ecuación 5.** Distancia de Visibilidad de parada.

$$Dp = 0,278_x V_{e_x} t + 0,039_x \frac{V_{e_x}^2}{a}$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

Donde,

Dp: distancia de parada (Metros).

Ve: Velocidad específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado (Km/h).

t: Tiempo de reacción y percepción estipulado como 2,5 (segundos).

A: Rata de desaceleración igual a 3,4 m/s. [7]

**Tabla 4.** Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente 0%.

VELOCIDAD ESPECIFICA Ve	DISTANCIA DE PERCEPCION- REACCION	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
			CALCULADA	REDONDEADA
(km/h)	(m)	(m)	(m)	(m)
20	13,9	4,6	18,5	20
30	20,9	10,3	31,2	35
40	27,8	18,4	46,2	50
50	34,8	28,7	63,5	65
60	41,7	41,3	83	85
70	48,7	56,2	104,9	105
80	55,6	73,4	129	130
90	62,6	92,9	155,5	160
100	69,5	114,7	184,2	185
110	76,5	138,8	215,3	220
120	83,4	165,2	248,6	250
130	90,4	193,8	284,2	285

**Fuente.** Tomado y adaptado del manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

**Tabla 5.** Distancia de visibilidad de parada en tramos con pendiente.

VELOCIDAD ESPECIFICA $V_e$  (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) $D_p$					
	DESCENSO			ASCENSO		
	-3%	-6%	-9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

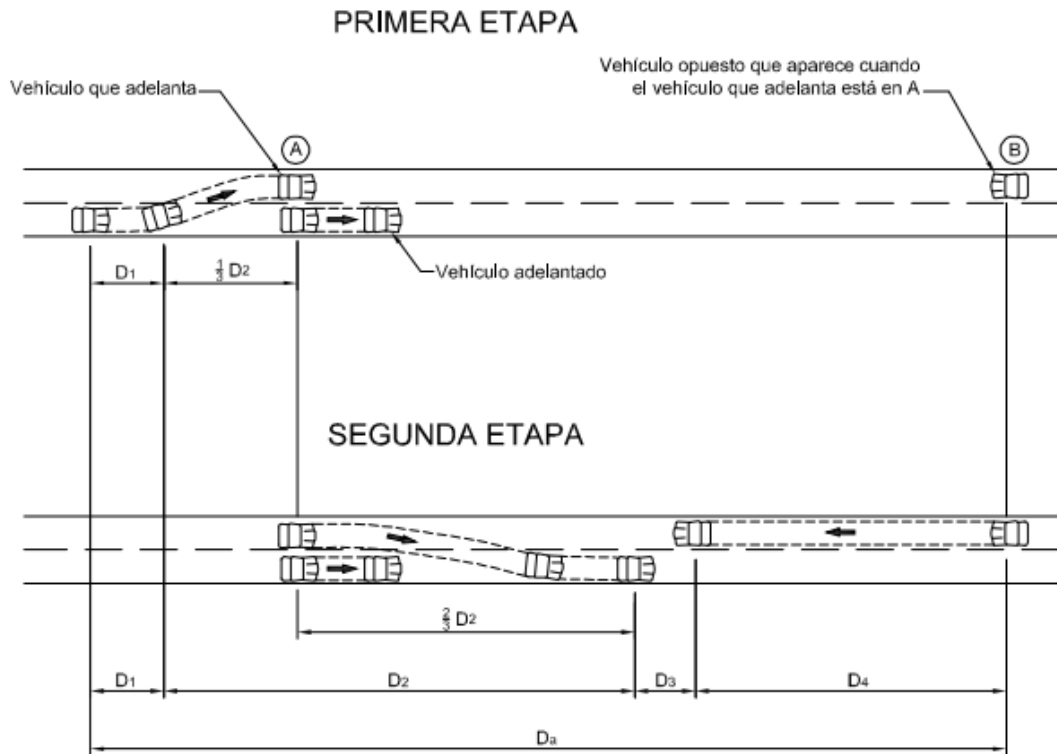
**Fuente.** Tomado y adaptado del manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS [7]

### 3.5.2 Distancia de Visibilidad de adelantamiento ( $D_a$ )

La distancia de visibilidad de adelantamiento es la que permite al conductor realizar una maniobra de adelantamiento en un tramo de la vía de manera segura y sin peligro de interferir con un vehículo en sentido contrario que se identifica al iniciar la maniobra ya que esta se basa en adelantar un vehículo del mismo carril que se dirija a menor velocidad. [7]

Esta distancia es aplicable únicamente para carreteras de dos carriles de sentido bidireccional donde el vehículo que realiza la maniobra invade el carril contrario. [7]

**Figura 1.** Distancia de visibilidad de adelantamiento.



**Fuente.** Manual de diseño geométrico de vías. [7]

La distancia de adelantamiento como lo indica la figura 1, es la suma de las distancias D1, D2, D3 y D4 como se indica en la siguiente ecuación:

**Ecuación 6.** Distancia de adelantamiento.

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

Donde,

$D_a$ : Distancia de visibilidad de adelantamiento en metros.

$D_1$ : Distancia recorrida en el tiempo de percepción y reacción en metros.

$D_2$ : Distancia recorrida por el vehículo adelantante desde que invade el carril contrario hasta regresar a su carril.

$D_3$ : Distancia segura que se recorre una vez terminada la maniobra hasta encontrarse con el vehículo del sentido contrario en metros.

$D_4$ : Distancia del vehículo que se encuentra en el carril contrario en metros. [7]

Para el cálculo de estas distancias se toma como guía los valores y parámetros indicados por la AASHTO – 2004 representados en la tabla 1. Para cuatro diferentes rangos de velocidad específica de entretangencia horizontal ( $V_{ETH}$ ). Cada maniobra de adelantamiento se calcula con la  $V_{ETH}$  con la que se realiza esta. [7]

A continuación, se muestran las ecuaciones para el cálculo de cada distancia postuladas por el manual de diseño geométrico de carreteras.

**Ecuación 7.** Calculo de D1.

$$D_1 = 0.278 \times t_1 \times \left( V - m + \frac{\alpha \times t_1}{2} \right)$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

Donde,

$t_1$ : Tiempo de la maniobra inicial en segundos.

$V$ : Velocidad del vehículo en kilómetros/hora.

$\alpha$ : Promedio de aceleración necesaria por el vehículo para comenzar la maniobra en Kilómetros/h/s.

$m$ : Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado igual a 15 Km/h para todos los casos. [7]

**Ecuación 8.** Calculo de D2.

$$D_2 = 0.278 \times V \times t_2$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

Donde,

$V$ : Velocidad del vehículo que adelanta en kilómetros/hora.

$t_2$ : Tiempo empleado por el vehículo adelantante hasta volver a su carril en segundos. [7]

$D_3 =$  Distancia variable entre 30 y 90 metros

**Ecuación 9.** Calculo de D4.

$$D_4 = \frac{2}{3}D_2$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

**Tabla 6.** Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo.

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (Km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE			
	56.2 <sup>i</sup>	70 <sup>i</sup>	84.5 <sup>i</sup>	99.8 <sup>i</sup>
<b>Maniobra inicial</b>				
$\alpha$ : Promedio de aceleracion (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
$t_1$ : Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
$d_1$ : Distancia de corrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
<b>Ocupacion del carril contrario</b>				
$t_2$ : Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
$d_2$ : Distancia de corrido de la maniobra (m)	145	195	251	314
<b>Distancia de seguridad</b>				
$d_3$ : Distancia de corrido de la maniobra (m)	30	55	75	90
<b>Vehiculo en sentido opuesto</b>				
$d_4$ : Distancia recorrida en la maniobra (m)	97	130	168	209
<b><math>D_a = d_1 + d_2 + d_3 + d_4</math></b>	<b>317</b>	<b>446</b>	<b>583</b>	<b>726</b>

<sup>i</sup>Valores de ejemplo para cálculo de distancias.

**Fuente.** Tomado y adaptado del Manual de diseño geométrico de carreteras. [7]

El manual de diseño geométrico de carreteras en su capítulo 2 nos muestra la siguiente tabla con los valores mínimos que se recomiendan para las distancias de adelantamiento.

**Tabla 7.** Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles bidireccionales.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (Km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (Km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA (Km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20 <sup>i</sup>	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

<sup>i</sup>Valor obtenido por extrapolación

**Fuente.** Tomado y adaptado del Manual de diseño geométrico de carreteras. [7]

La norma colombiana representada en el manual diseño de carreteras propone que para cada 5km de recorrido continuo de carretera deben existir subtramos con distancias que permitan el rebaso de vehículos relacionados con la velocidad del elemento en la cual se encuentra, en la siguiente tabla se muestran los porcentajes mínimos para adelantamientos en los tramos de acuerdo a la velocidad de diseño del tramo homogéneo. [7]

**Tabla 8.** Porcentajes de oportunidades de adelanta cada 5 Km.

VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (Km/h)	20-50	60-80	90-100
PORCENTAJE MÍNIMO DE LA LONGITUD CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (%)	20%	30%	40%

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras. [7]

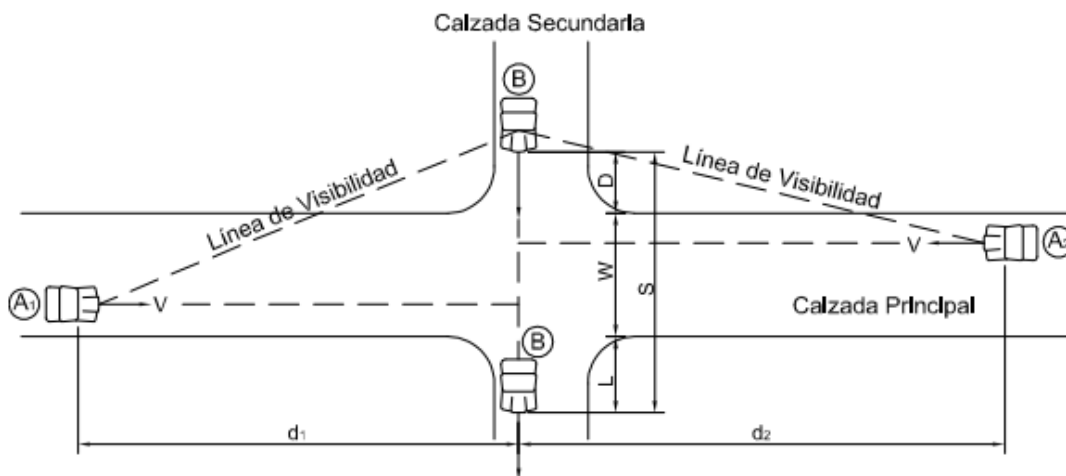
### 3.5.3 Distancia de visibilidad de cruce

Esta distancia es la que le permite a un vehículo que se dirige en una vía principal abordar una intersección a nivel cuando se hace presente un vehículo en la vía secundaria que la atraviesa. [7]

La distancia de visibilidad de cruce debe proporcionarle al conductor visibilidad de maniobra de forma segura y eficaz, evitando obstrucciones de vista por esquinas o el paisaje de la vía, está directamente relacionada con la velocidad y la distancia recorrida desde la percepción y reacción de estos.

El manual de diseño geométrico de carreteras nos proporciona la siguiente figura, la cual sirve de guía para las fórmulas del cálculo de las distancias de visibilidad de cruce.

**Figura 2.** Distancia de visibilidad en intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad.



INTERSECCIÓN CON SEÑAL DE PARE EN LA CALZADA SECUNDARIA

**Fuente.** Tomado de Manual de diseño geométrico de carreteras. [7]

La siguiente ecuación calcula la distancia de cruce cuando el vehículo en la calzada secundaria es quien realiza la acción de pare.

**Ecuación 10.** Cálculo de distancia de cruce.

$$d = 0.278 \times V_e \times (t_1 + t_2)$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]



Donde,

$d$ : Distancia mínima de visibilidad lateral para el vehículo de la vía primaria medida desde la intersección en metros.

$V_e$ : Velocidad específica del vehículo de la calzada principal en Kilómetros/hora.

$t_1$ : Tiempo de percepción y reacción del vehículo que cruza, adaptado a 2.5 segundos, según Manual.

$t_2$ : Tiempo de acelerar y recorrido de distancia  $S$  de la Figura 1. En segundos. [7]

La distancia  $S$  según la figura 1. Se calcula mediante la siguiente suma

**Ecuación 11.** Calculo de distancia  $S$ .

$$S = D + W + L$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

Donde,

$D$ : Distancia del vehículo detenido y y la orilla de la calzada principal adoptada como 3 metros según el manual.

$W$ : Ancho de la calzada principal en metros.

$L$ : Longitud del vehículo en metros.

Finalmente, el valor de  $t_2$  se calculará así,

**Ecuación 12.** Calculo  $t_2$  para distancia de cruce.

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \times (D + W + L)}{9.8 \times a}}$$

**Fuente.** Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS. [7]

Donde,

$L$ : Depende del vehículo

- 20.89m para articulados.
- 11.00m para camiones de dos ejes.
- 5.00m para vehículos livianos

$a$ : Aceleración del vehículo que cruza en  $m/s^2$

- 0.055 para articulados
- 0.075 para camiones de dos ejes
- 0.150 para vehículos livianos.

### **3.6 MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO**

Es una maniobra que, por lo general afecta a tres vehículos, el vehículo adelantante o rápido, el vehículo adelantado o lento, y el vehículo que se encuentra circulando en sentido contrario. Consiste en sobrepasar a un vehículo que circula en el mismo sentido con una velocidad menor respecto al vehículo que realiza la maniobra.

Por lo general existen dos tipos de adelantamientos que se representan en los siguientes casos, uno de ellos es cuando el vehículo adelantante o rápido llega con una velocidad que le permite realizar el adelantamiento sin necesidad de disminuir su velocidad, a este adelantamiento se le da el nombre de adelantamiento lanzado. Por otra parte, existe la posibilidad de que el vehículo adelantante o rápido deba disminuir e igualar la velocidad del vehículo adelantado o lento, para posteriormente realizar la maniobra para cuando le sea posible, esto se genera cuando en el carril contrario circulan vehículos en sentido opuesto, y a este adelantamiento se le conoce como adelantamiento partiendo del seguimiento.

Es posible que en el momento de la realización de la maniobra sea necesario desistir de ella, regresando al carril propio detrás del vehículo adelantado, dando lugar a un adelantamiento desistido.

Es decir, existen dos tipos de iniciación de la maniobra de adelantamiento (adelantamiento lanzado y adelantamiento partiendo del seguimiento) y también existen dos tipos de finalización de la maniobra (adelantamiento completado y adelantamiento desistido o incompleto). [8]

#### **3.6.1 Factores influyentes en la maniobra de adelantamiento**

Inicialmente se deben tener en cuenta los factores que influyen dependiendo de las condiciones y características de la vía en la cual se realiza la maniobra

- Las características geométricas de la vía, incluyendo obstáculos exteriores como taludes, vegetación, edificios, iluminación, etc. Influyen en la visibilidad disponible necesaria para realizar la maniobra de adelantamiento de una forma segura. [8]
- Es necesario tener en cuenta las pendientes longitudinales ya que condicionan el desarrollo de maniobras a medida en que modifican la capacidad de aumentar, disminuir o mantener la velocidad de los vehículos. [8]
- El tráfico genera una gran influencia en la maniobra de adelantamiento donde se ven involucrados factores como las velocidades de operación, el volumen y composición de este. [8]
- Las velocidades de operación del tramo influyen directamente en la demanda de adelantamientos, ya que si en una sección de la vía existe

gran variabilidad de estas velocidades existirán vehículos rápidos con el deseo de sobrepasar a los más lentos, por lo cual se incrementarán estas maniobras. [8]

- Otro de los principales factores son las dimensiones del vehículo ya sea el vehículo adelantado o el adelantante, ya que sus longitudes influyen en las distancias necesarias para realizar la maniobra y su ancho y altura influyen en su visibilidad, por lo cual genera un impacto en la percepción y decisión al momento de realizar la maniobra de adelantamiento. [8]
- Por otra parte, debemos incluir y tener en cuenta el factor humano, ya que el comportamiento de los conductores, la capacidad de decisión, conocimiento de la vía, entre otros, influyen directamente en la realización de una buena maniobra de adelantamiento. [8]
- El tipo de conductor es un gran factor influyente en la maniobra de adelantamiento en vehículos livianos, este se clasifica en tres tipos según Egea:
  - ✓ Conductor joven inexperto: Busca experiencias nuevas sin medir riesgos y poniendo en peligro su seguridad y la de los demás.
  - ✓ Conductor joven experto: Tiene la capacidad de identificar riesgos y peligros de forma inmediata evitándolos eficientemente.
  - ✓ Conductor mayor experimentado: Este conduce de manera defensiva debido a su experiencia. [9]

Ahopalo en 1987 afirmó que la experiencia es un elemento clave para la percepción del peligro, es decir a mayor experiencia mejor visualización del peligro y a menor experiencia menos capacidad para dimensionarlo, además sugirió que si un conductor poseía más de 40.000 Kilómetros era más hábil y si tenía menos de 10.000 Kilómetros era más lento, así tuvieran la misma edad. [10]

Mijuskovic hacia el año 1998, logro identificar que los jóvenes así no exista oportunidad para realizar la maniobra de adelantamientos, de igual forma deciden hacerlo debido a que involucran más las emociones de adrenalina que el reconocimiento de su seguridad. [9]

Por otro lado, Fara et al en el 2009, encontró que existe un gran diferencia entre el género con respecto a la velocidad con la cual transitan los conductores, afirmo que los hombres en general conducen más rápidamente que las mujeres y por lo tanto al realizar las maniobras de adelantamiento vuelven a su carril de forma más rápida evitando más los posibles accidentes. [9]

### **3.6.2 Relación entre la maniobra de adelantamiento y la accidentalidad**

Los adelantamientos en vías de dos carriles con sentido bidireccional se encuentran directamente relacionados con los índices de accidentalidad, ya que es una de las principales razones identificadas en los informes elaborados por El observatorio Nacional de Seguridad Vial como lo es realizar un adelantamiento invadiendo el carril en sentido contrario, adelantar en curva o en una zona prohibida. [4]

Según informe del Observatorio Nacional de Seguridad Vial cuatro de cada diez accidentes en Colombia dejan muertos o heridos donde se identifican como principales razones de accidentalidad el exceso de confianza de los conductores en el momento conducir excediendo los límites de velocidad y realizando maniobras de alto riesgo identificadas como adelantamientos en curva o zonas prohibidas. [2]

En el 2017 se logró quebrar la tendencia en aumento presentada en la última década de muertes causadas por accidentes de tránsito, debido a una disminución en las muertes reportadas por el Centro Nacional sobre Violencia del Instituto Nacional de Medicina Legal, donde compararon las fatalidades presentadas en cada uno de los últimos años, el 2015 se reportó 6.884 casos fatales, en el 2016 el año cerró con 7.380 muertes, y entre los meses de enero a noviembre de 2017 se presentaron 5.803 personas que perdieron la vida dando un promedio de 18 muertes diarias en las calles y carreteras de Colombia. Se pudo observar que también se presentó disminución en personas heridas de consideración ya que en el año 2016 se presentaron 45.000 heridos y lesionados de consideración, mientras que en el 2017 a mes de noviembre se reportaron 34.998 casos, la Policía Nacional atribuye que la reducción en los índices de accidentalidad en lo corrido del último año se debe al aumento en los puntos de control aplicados en las diferentes vías a lo largo del país, con el fin de hacer cumplir las normas de tránsito sancionando por medio de comparendos los excesos de velocidad, adelantamientos en zonas prohibidas, entre otros. [2]

Expertos indican que a pesar de que se logró disminuir el índice de accidentalidad significativamente en el último año, la realidad de las vías de Colombia sigue alejada de los modelos internacionales de seguridad vial. [2]

### **3.6.3 Estudios previos realizados a la maniobra de adelantamiento**

#### **3.6.3.1 Carlson et al.**

Su investigación se basó en el análisis de cuatro variables, velocidad de adelantamiento promedio, diferencia de velocidades entre los vehículos involucrados en la maniobra (adelantado y adelantante), distancia recorrida del

vehículo adelantante a partir de la invasión del carril contrario y el tiempo de adelantamiento. [9]

Para esta investigación se utilizó un tipo de vehículo liviano maniobrando con tres diferentes velocidades a lo largo de una carretera de sentido bidireccional en Texas, Estados Unidos. La recopilación de datos se realizó mediante equipos de grabación de video incorporados en el vehículo, lo cual permitió registrar las distancias de adelantamiento logradas a lo largo de cada uno de los recorridos. [9]

Esta investigación concluyo que en cada uno de los casos estudiados la velocidad promedio del vehículo adelantante superaba en 9 Km/h al vehículo adelantado; la diferencia de velocidades del vehículo adelantante y adelantado es diferente a lo postulado por la AASHTO y por último se encontró similar la distancia y el tiempo de adelantamiento correspondiente al vehículo que realiza la maniobra respecto a la AASHTO. [9]

### **3.6.3.2 Harwood et al.**

El objetivo principal de la investigación fue el cálculo de la distancia de adelantamiento por parte del vehículo adelantante, la diferencia de velocidades registrados por los dos automóviles involucrados (adelantante y adelantado), la desaceleración del vehículo que adelanta cuando desiste a efectuarla la maniobra y determinar la efectividad de las zonas cortas de adelantamiento. [9]

Esta investigación tuvo lugar en dos vías de Estados Unidos localizadas en Missouri y Pennsylvania. La toma de datos se realizó mediante sensores ubicados a lo largo de la vía en ambos sentidos captando velocidades y adicionalmente una carama ubicada estratégicamente para registrar distancias y el tipo de adelantamiento realizado. [9]

Su investigación concluyo que las zonas cortas de adelantamiento no cumplen su función de diseño al carecer de seguridad por lo tanto podrían ser eliminadas, y al comparar sus datos de velocidades con la investigación previa de Carlson et al eran menores. [9]

### **3.6.3.3 Polus et al.**

La investigación de Polus se basó en realizar un modelo matemático para así cuantificar las variables principales relacionadas en la maniobra de adelantamiento y comparar sus resultados con los modelos de cálculo ya existentes. [9]

Para esta investigación la recopilación de datos se realizó mediante grabaciones de videos captados en puntos fijos de la carretera y grabaciones realizadas por un

helicóptero, el cual permitió visualizar las distancias de adelantamiento por medio de marcas previamente señaladas y sus respectivos tiempos de maniobra. [9]

Concluyo que el comportamiento del conductor se asemeja al estipulado por la ASSHTO, que el vehículo contrario a lo que dice la ASSHTO presenta aceleración en el momento de invasión al carril contrario y la distancia de visibilidad es notablemente menor a la proporcionada por la ASSHTO. [9]

### **3.7 SEÑALIZACION**

Es de suma importancia tener en cuenta las normas de señalización cuando se requiere hacer una maniobra de adelantamiento para ejecutarla de forma segura y eficaz sin entorpecer el tráfico o causar accidentes.

En zonas rurales es obligatorio anunciar cuando se va a adelantar un vehículo 60 metros antes y en zonas urbanas unos 30 metros antes, siempre y cuando cumpla las siguientes especificaciones:

- No adelantar en intersecciones, curvas o pendientes.
- No adelantar cuando haya insuficiente visibilidad por el entorno o cerca de pasos peatonales.
- No adelantar en las intersecciones de las vías férreas.
- No adelantar por la berma (es la zona lateral usada para orillarse en las vías) o por la derecha de un vehículo.

En general, cuando adelantar represente peligro o riesgo para su propia seguridad o la de los demás.

#### **3.7.1 Señales**

Para realizar un adelantamiento se deben tener en cuenta dos tipos de señales que se mencionaran a continuación

### 3.7.1.1 Señales reglamentarias de adelantamiento

Indican al conductor limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso, y cuya violación constituye falta.

- Señal reglamentaria, prohibido adelantar

**Figura 3.** Señal prohibido adelantar.



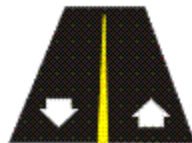
**Fuente.** Conducir Colombia. [11]

### 3.7.1.2 Señales de piso de adelantamiento

Se encuentran demarcadas paralelamente al sentido de circulación dividiéndose en blancas para calzadas de una sola dirección y amarillas para calzadas bidireccionales.

- Señal de piso sencilla y continua, prohibido adelantar.

**Figura 4.** Señal de piso sencilla y continua.



**Fuente.** Conducir Colombia. [11]

- Señal de piso doble y continúa, ningún sentido puede adelantar.

**Figura 5.** Señal de piso doble y continúa.



**Fuente.** Conducir Colombia. [11]

- Señal de piso doble y a trazos, ambos sentidos pueden adelantar.

**Figura 6.** Señal de piso doble y a trazos.



**Fuente.** Conducir Colombia. [11]

- Señal de piso sencilla y a trazos, ambos sentidos pueden adelantar.

**Figura 7.** Señal de sencilla y a trazos.



**Fuente.** Conducir Colombia. [11]

- Señal de piso doble y combinada, puede adelantar el vehículo que transita por el lado de la línea a trazos.

**Figura 8.** Señal de sencilla y a trazos.



**Fuente.** Conducir Colombia. [11]



### 3.8 ACELERACION

Para analizar el comportamiento de un vehículo se deben calcular entre tantos las aceleraciones que este ejecuta al largo del recorrido, la siguiente ecuación propuesta por Yasmany García en su tesis doctoral nos permite estimar las aceleraciones de los conductores al transitar por la vía y más específicamente al iniciar las maniobras de adelantamiento. [12]

**Ecuación 13.** Aceleración Cinemática

$$a_{i,i-1} = \frac{v_i^2 - v_{i-1}^2}{25,92d_{i,i-1}}$$

**Fuente.** Tesis doctoral Yasmany García Ramírez [12]

Donde,

$a_{i,i-1}$ : Aceleración entre puntos consecutivos, i-1 en m/s<sup>2</sup>.

$v_{i-1}$ : Velocidad en el punto i-1 en K/h.

$v_i$ : Velocidad en el punto i en K/h.

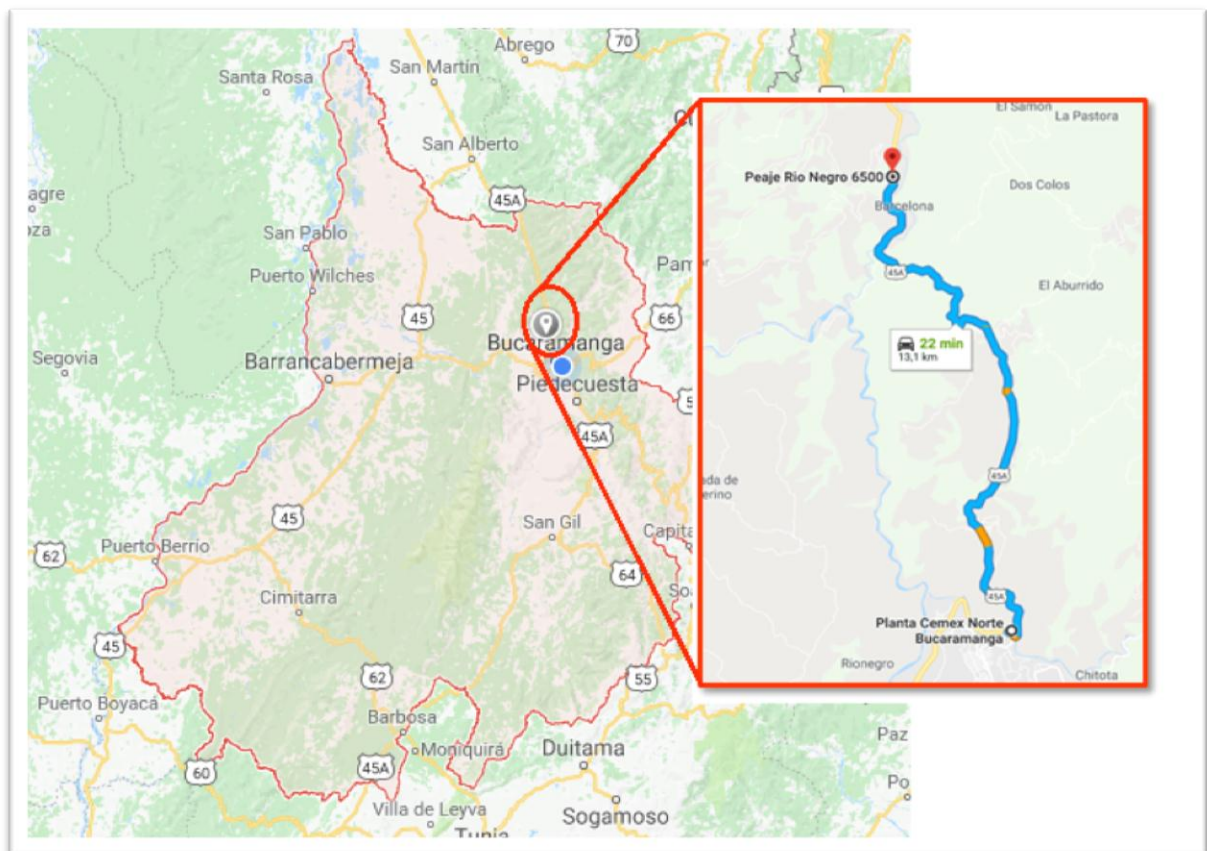
$d_{i,i-1}$ : Distancia entre los puntos i y i-1 en m.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

El tramo de vía seleccionado para el análisis y comparación de distancias de visibilidad hace parte de la ruta nacional 45A que atraviesa el departamento de Santander, este tramo tiene 12700 Metros de longitud comprendidos entre la planta de Cemento Cemex en el norte de Bucaramanga y el peaje Rionegro.

**Figura 9.** Ubicación geográfica del tramo seleccionado por el proyecto en la ruta 45A entre la Cemento y el Peaje Rionegro.



**Fuente.** Google Maps.

Esta vía se caracteriza por poseer alto tránsito de vehículos de carga y vehículos con pasajero ya que hace parte de la ruta 45A, la cual comunica el municipio de Bucaramanga con la Costa atlántica y sus alrededores. [13]

Desde hace 10 años se planteó la propuesta para la construcción de la doble calzada para el mejoramiento de la vía, la cual se inició alrededor del año 2015 y que hoy en día no está completamente terminada debido a la caducidad de la concesión el 10 de junio de 2015, desde entonces la Alcaldía de Bucaramanga paso a ser la responsable de la terminación de los 9,5 Km restantes de doble calzada entre el Caí, la Virgen y el Cero, Rionegro. Cabe mencionar que la entidad encargada de la administración y regulación de esta vía es la concesión vial zona metropolitana de Bucaramanga (ZMB). [14]

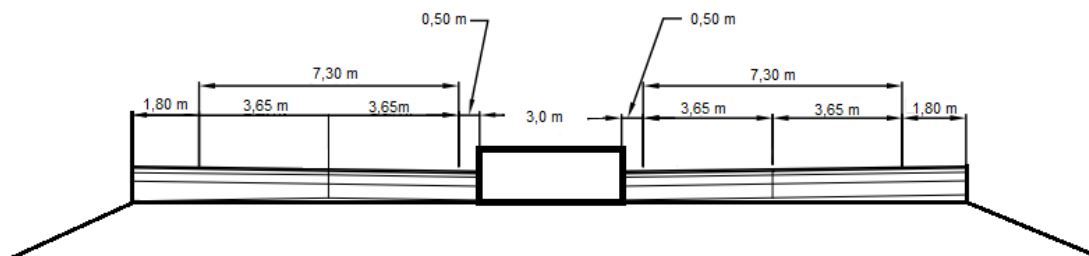
## 4.2 ASPECTOS TÉCNICOS DEL TRAMO

### 4.2.1 Diseño geométrico

El tramo de vía estudiado presenta dos estructuras viales diferentes, distribuidas con una doble calzada a lo largo de 5,7 kilómetros de longitud y con 7 kilómetros de vía de una calzada de sentido bidireccional, dando lugar a una longitud total de 12,7 kilómetros de vía aproximadamente.

Los 5.7 kilómetros aproximadamente de doble calzada están comprendidos por dos carriles en cada sentido con 3,65 metros de ancho cada uno, con bermas internas de 0,50 metros, externas de 1,80 metros y separador central de calzada de 3,0 metros de promedio a lo largo de la estructura.

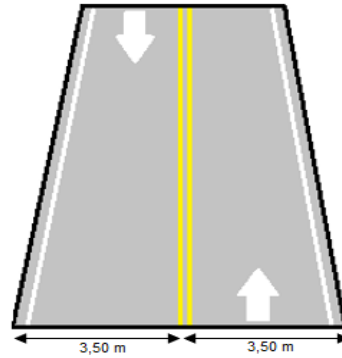
**Figura 10.** Descripción doble calzada.



**Fuente.** Elaboración propia

Los 7 kilómetros finales de calzada con sentido bidireccional presentan dos carriles de 3,50 metros de ancho cada uno, no tiene bermas, se caracteriza por tener gran cantidad de curvas, pendientes pronunciadas, y poca entretangencia.

**Figura 11.** Descripción calzada bidireccional



**Fuente.** Elaboración propia

El trazado de la vía se desarrolla a largo de un terreno montañoso, la velocidad de diseño presentada en la vía es de 60 Km/h en zona rural y 40 Km/h en zona urbana. La vía se encuentra señalizada en su totalidad, y pavimentada con asfalto flexible. [15]

#### 4.2.2 Transito

El instituto nacional de vías (INVIAS), es el encargado de proporcionar diversos datos para el estudio y construcción de carreteras en Colombia, este en su último informe de data al año 2011 proporciono el transito promedio diario (TPDS) correspondiente a la vía que comunica el municipio de Bucaramanga con Rio Negro, Santander, Como lo muestra la siguiente tabla. [16]

**Tabla 9.** Tránsito promedio diario (2011)

TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TPDS				
AÑO	TPDS	PORCENTAJE DE (%)		
		AUTOMÓVILES	BUSES	CAMIONES
2007	4944	53	12	34
2008	4909	55	13	32
2009	4077	48	15	37
2010	4792	42	16	43
2011	4611	39	11	50

**Fuente.** Instituto nacional de vías. [16]

El tipo de vehículo estudiado en este proyecto corresponde a vehículos livianos, representados en la anterior tabla como automóviles los cuales varían entre un 39-55% del tránsito que circula por la vía.

#### 4.2.3 Accidentalidad

La concesión vial Zona Metropolitana de Bucaramanga realizó un estudio en el año 2015 para evaluar el índice de accidentalidad en la vía La cemento – Rionegro como lo muestra la siguiente tabla. [17]

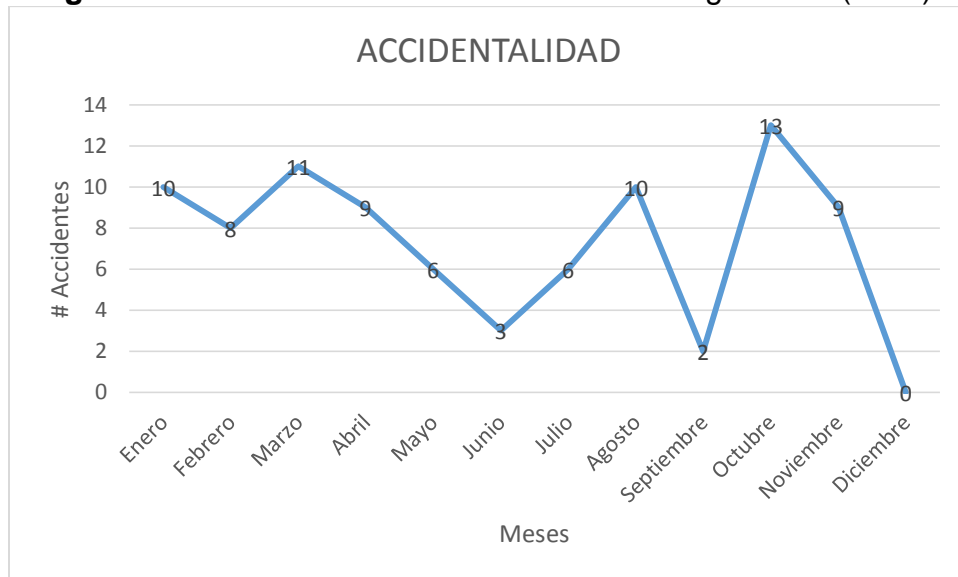
**Tabla 10.** Accidentalidad vía La Cemento – Peaje Rionegro 5300 (2015).

ACCIDENTALIDAD			
MES	ACCIDENTES	HERIDOS	MUERTOS
Enero	10	8	0
Febrero	8	3	0
Marzo	11	7	1
Abril	9	7	0
Mayo	6	5	0
Junio	3	4	0
Julio	6	6	1
Agosto	10	13	0
Septiembre	2	2	0
Octubre	13	14	0
Noviembre	9	7	0
Diciembre	0	0	0
TOTAL	87	76	2

**Fuente.** Concesión vial zona metropolitana de Bucaramanga. [17]

En este estudio se revela un promedio de 7 accidentes al mes por causa de la vía, sin mencionar heridos y muertes de cada uno, este sigue siendo un índice elevado el cual se puede disminuir considerablemente con el desarrollo total de los nuevos diseños geométricos para la readecuación de la vía.

**Figura 12.** Accidentes vía La Cemento – Rionegro 5300 (2015).



**Fuente.** Elaboración propia.

### 4.3 BASE DE DATOS

La toma de datos para este proyecto se basó en la recopilación de información sobre el diseño geométrico y estado visual de la vía y las distancias experimentales de adelantamiento de 35 conductores que transitaron por el tramo de vía desde la planta de Cemex hasta el peaje Rio Negro con el GPS en las dos direcciones, estos datos fueron proporcionados por el estudio previo realizado por el ingeniero Ricardo Pico Vargas “Definición del modelo de consistencia de velocidad para una carretera rural en el departamento de Santander a partir de una tramo experimental” como maestrante y dirigido por la magister Norma Solarte Vanegas. [18]

Es importante recalcar que de los 12.700 metros solo se tuvieron en cuenta los subtramos donde la vía no presentaba doble calzada, es decir, que eran subtramos con sentido bidireccional, ya que es el tipo de vía en el cual es válida la distancia de visibilidad de adelantamiento, para esto se omitieron los tramos de

doble calzada realizando el análisis, cálculo y comparación guiándonos por las abscisas que encerraban los tramos admitidos.

### 4.3.1 Conductores

Esta investigación se realizó en base al estudio previo realizado por el ingeniero Ricardo Pico Vargas. [18]

Se analizaron las principales características de los conductores, edad, género y experiencia ya que se relacionan directamente con la capacidad de realización de la maniobra de adelantamiento.

Para la recolección de datos se eligieron aleatoriamente 35 conductores, el personal escogido hace parte de la Universidad Pontificia Bolivariana donde fueron estudiantes, docentes y padres de familia. La prueba se realizó a flujo libre y tuvo una duración aproximada de 45 minutos.

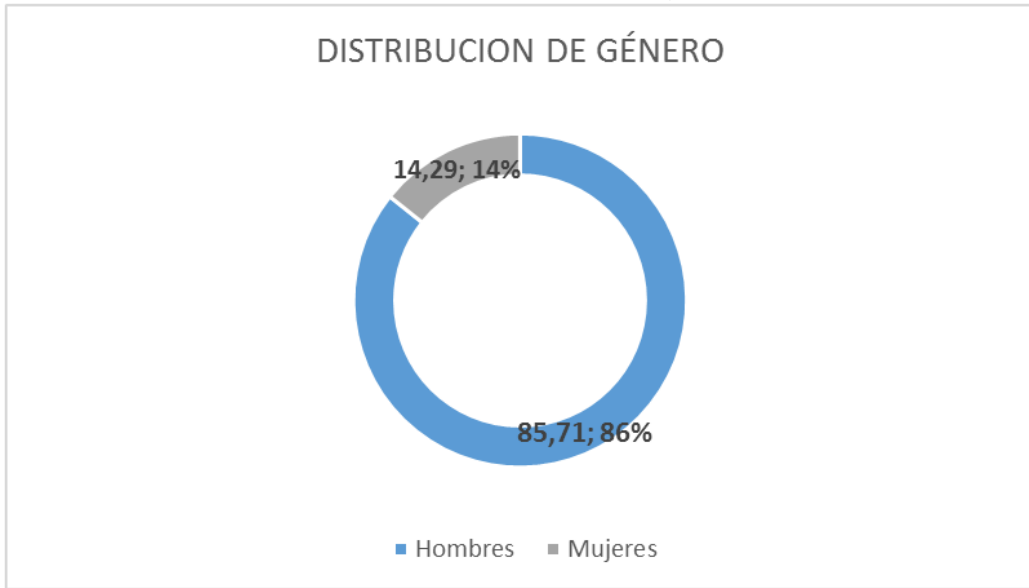
A todos los conductores se les animo a conducir de acuerdo a su comodidad y estilo propio y los requisitos necesarios para poder realizar el estudio por parte de los conductores fue portar la licencia de conducción vigente a la fecha, poseer la disponibilidad de un vehículo liviano y haber conducido frecuentemente en los últimos meses.

**Tabla 11.** Características de los conductores

CONDUCTOR	EDAD (AÑOS)	GÉNERO	CONDUCTOR	EDAD (AÑOS)	GÉNERO
1	21	F	19	21	M
2	20	M	20	20	M
3	24	M	21	21	F
4	21	M	22	45	M
5	21	M	23	54	M
6	52	M	24	45	M
7	22	F	25	44	M
8	47	M	26	20	M
9	20	M	27	21	M
10	20	M	28	21	M
11	21	M	29	20	M
12	21	M	30	21	M
13	49	M	31	21	M
14	20	M	32	20	M
15	20	M	33	24	F
16	21	M	34	20	M
17	20	F	35	22	M
18	38	M			

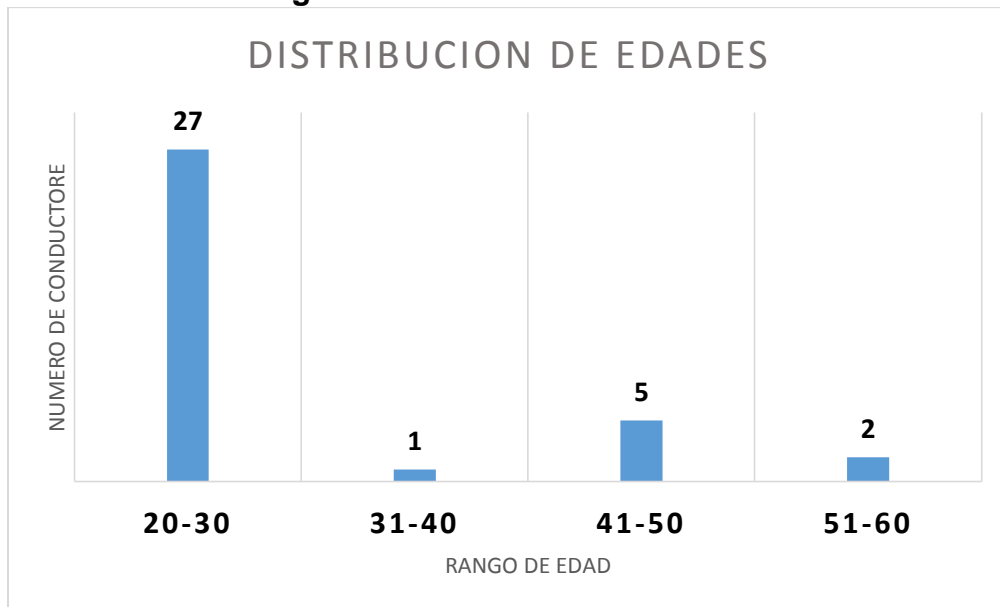
**Fuente.** Elaboración Propia

**Figura 13.** Distribución de género.



**Fuente.** Elaboración propia

**Figura 14.** Distribución de edades.



**Fuente.** Elaboración propia



### 4.3.2 Herramientas y medios para la toma de datos

La base de datos suministrada para la realización de este proyecto se recopiló por medio del equipo especializado VBOX Lite de 10Hz el cual permite por medio de tecnología de GPS y grabación de video en tiempo real, analizar el comportamiento del vehículo a lo largo del recorrido recopilando datos de velocidad, aceleración, distancias, distancias de frenado, dirección, ángulo, posición.

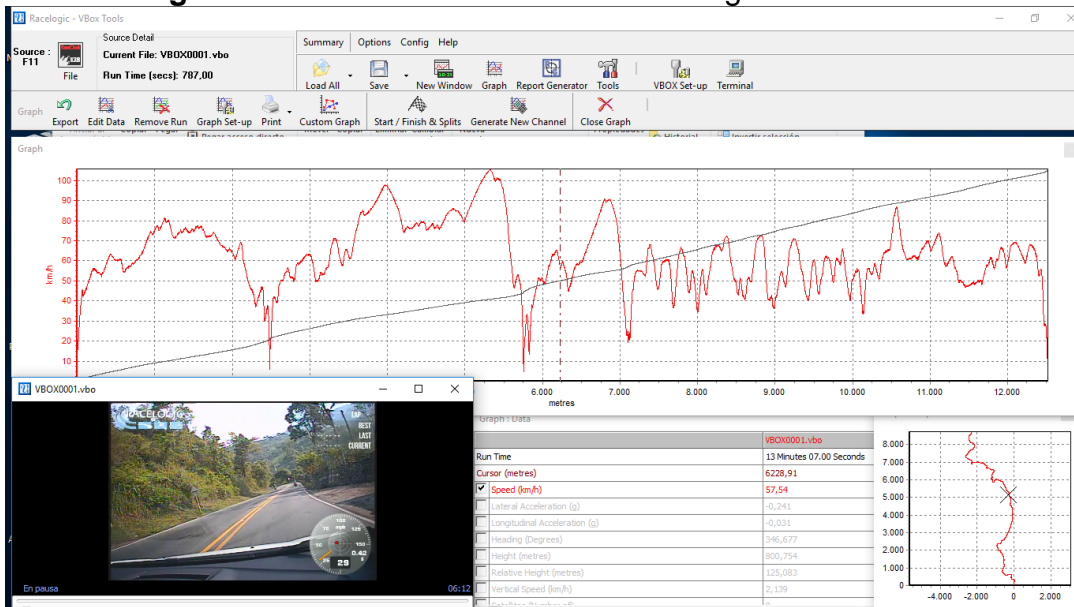
**Figura 15.** Equipo VBox Lite de 10Hz



**Fuente.** Racing store [19]

Este equipo cuenta con un software de alta precisión Racelogic VBox Tools, que permite el análisis de los datos recolectados, a través de pestañas que visualizan el video de la trayectoria con el diagrama de velocidades, el alineamiento en planta, tiempo, aceleraciones, distancias, entre otros simultáneamente.

**Figura 16.** Visualización software Racelogic VBox Tools.



**Fuente.** Elaboración propia

Esto facilito la ubicación de las maniobras de adelantamiento realizadas, proporcionando distancias parciales de adelantamiento (d1, d2, d3, d4), su aceleración, velocidad, y tiempo necesario para su ejecución, permitiendo comparar estos datos experimentales con los postulados por la AASHTO.

#### 4.4 TOMA DE DATOS

Para la recolección de datos fue necesario inicialmente identificar los tramos de vía de calzada única con sentido bidireccional representados en la siguiente tabla con el objetivo de analizar los adelantamientos presentados a lo largo de esas secciones.

**Tabla 12.** Distribución de tramo de vía estudiado

TIPO DE VIA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL
Doble calzada	PR 0+300	PR 2+505
Calzada bidireccional	PR 2+505	PR 3+050
Doble calzada	PR 3+050	PR 5+900
Calzada bidireccional	PR 5+900	PR 6+690
Doble calzada	PR 6+690	PR 7+380
Calzada bidireccional	PR 7+380	PR 13+000

**Fuente.** Elaboración propia

Una vez seleccionados los tramos de calzada bidireccional se procedió a analizar los videos de los 35 conductores con el fin de identificar las maniobras realizadas por cada uno de ellos a lo largo del recorrido de ida y regreso.

**Figura 17.** Visualización adelantamiento.



**Fuente.** Base de datos elaboración propia.

A su vez se clasificaron los adelantamientos realizados en dos tipos anteriormente mencionados, adelantamiento lanzado y adelantamiento partiendo del seguimiento, para organizar de manera óptima su comportamiento y facilitar el análisis de cada maniobra como lo muestran los siguientes ejemplos.

**Tabla 13.** Ejemplo de clasificación de adelantamientos (ida).

#ADELANTAMIENTO (IDA)	TIPO DE ADELANTAMIENTO	
	LANZADO	PARTIENDO DEL SEGUIMIENTO
1	X	
2	X	
3		X
4		X

**Fuente.** Elaboración propia.

**Tabla 14.** Ejemplo de clasificación de adelantamientos (regreso).

#ADELANTAMIENTO (REGRESO)	TIPO DE ADELANTAMIENTO	
	LANZADO	PARTIENDO DEL SEGUIMIENTO
1		X
2		X
3		X
4	X	

**Fuente.** Elaboración propia.

Una vez identificados los conductores que realizaron la maniobra, se procedió a recopilar la información necesaria para comparar los valores experimentales correspondientes a los videos respecto a los valores indicados por el manual de diseño geométrico de carreteras.

El procedimiento que se llevó a cabo para el cálculo de los valores necesarios para realizar esta comparación fueron las siguientes:

1. Distancia de adelantamiento ( $D_a$ ): En cada uno de los adelantamientos se identificó las distancias parciales ( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ ) según regimientos de la norma, estas se registraron por medio de la identificación de las abscisas iniciales y finales obteniendo su longitud al hallar la diferencia entre estas dos.
2. Velocidad: Para la identificación de este valor fue necesario obtener la velocidad inicial suministrada por el Software Racelogic VBox Tools en cada una de las abscisas correspondientes al inicio de las distancias

parciales, para esta identificación fue necesario identificar las velocidades de operación cada 5 metros en el total de los adelantamientos como se muestra en la siguiente tabla ejemplo:

**Tabla 15.** Ejemplo cada 5 metros en la distancia D2 adelantamiento 17.

ADELANTAMIENTO 17			
CONDUCTOR 31	SERRANO FONTECHA WILSON JAVIER		
ABSCISA INICIAL (m)	5861,23	ABSCISA FINAL (m)	5919,45
D2		58,22	
ABSCISA (m)		VELOCIDAD (Km/h)	
5861,23		29,35	
5865		31,94	
5870		35,01	
5875		38,22	
5880		41,14	
5885		41,36	
5890		42,27	
5895		44,42	
5900		45,27	
5905		46,6	
5910		47,86	
5915		49,14	
5919,45		50,05	

**Fuente.** Elaboración propia

3. Aceleración: Se calculó por medio de la fórmula descrita anteriormente en el capítulo 3,8, utilizando las velocidades iniciales y finales en cada una de las distancias parciales calculadas previamente.
4. Tiempo: se determinó cada uno de los tiempos para recorrer las distancias parciales, calculando el tiempo que se registró en la abscisa inicial y en el final proporcionado por el software como lo muestra la siguiente figura.

**Figura 18.** Ejemplo toma de tiempo.

Graph : Data	
	VBOX0001.vbo
Run Time	12 Minutes 50.90 Seconds
Cursor (metres)	11071,27
<input checked="" type="checkbox"/> Speed (km/h)	60,49
<input type="checkbox"/> Distance (metres)	11071,28
<input checked="" type="checkbox"/> Time (Seconds)	712,30

**Fuente.** Base de datos Elaboración propia.

#### 4.5 ESTADO DE SEÑALIZACIÓN DE LA VÍA

A lo largo de los 7 Kilómetros de vía con sentido bidireccional se presenta señalizaciones verticales y horizontales para informar a los usuarios sobre el buen uso de esta.

La señalización horizontal presente en el recorrido de los tramos se compone por una doble línea amarilla continua lo cual indica la prohibición de maniobras de adelantamiento, exceptuando cinco tramos que corresponde a entradas a caseríos, colegios y una báscula, estos si presentan discontinuidad en las líneas amarillas, sin embargo se apoyan de señales verticales de prohibido adelantar para hacer saber a los conductores que las líneas indican los accesos y no luz verde a adelantamientos.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo presente de la vía con respecto a su señalización vertical.

**Figura 19.** Ejemplo de señalización de la vía.



**Fuente.** Tomado de base de datos, elaboración propia.

**Figura 20.** Ejemplo doble línea solo para accesos.



**Fuente.** Tomado de base de datos, elaboración propia.

Cabe resaltar que los tramos superan los 5Km de longitud y según la norma Colombia debería existir un 30% de distancia de estos tramos en los cuales fueran permitido realizar maniobras de adelantamiento, sin embargo según la señalización no es permitido realizar este tipo de maniobras en ningún momento del recorrido, lo cual indica que en estos tramos de carretera no se está cumpliendo las normas estipuladas por el manual de diseño geométrico de carreteras.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

### 5.1 ADELANTAMIENTOS

Se presentaron 34 maniobras de adelantamiento, 20 en sentido La cemento - peaje Rionegro (Ida) y 14 en sentido peaje Rionegro – La cemento (Regreso), realizadas por los 35 conductores analizados, de estos 35 conductores, 18 realizaron la maniobra en algún momento del recorrido.

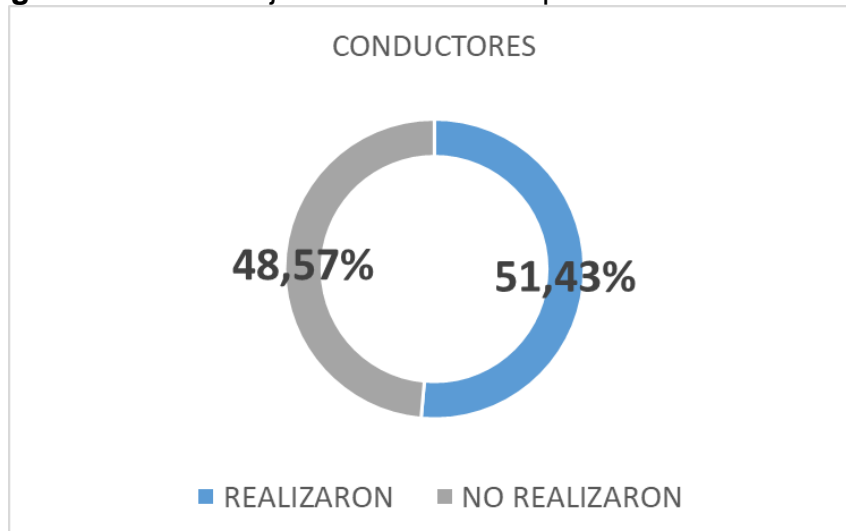
**Tabla 16.** Conductores que realizaron maniobra.

CONDUCTORES						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35
Realizaron						
No realizaron						

**Fuente.** Elaboración propia.

Se puede observar en el siguiente grafico que más de la mitad de los conductores realizaron maniobras de adelantamiento en zonas prohibidas ya que en ningún momento del recorrido analizado se es permitido este tipo de maniobra.

**Figura 21.** Porcentaje de conductores que realizaron maniobra.

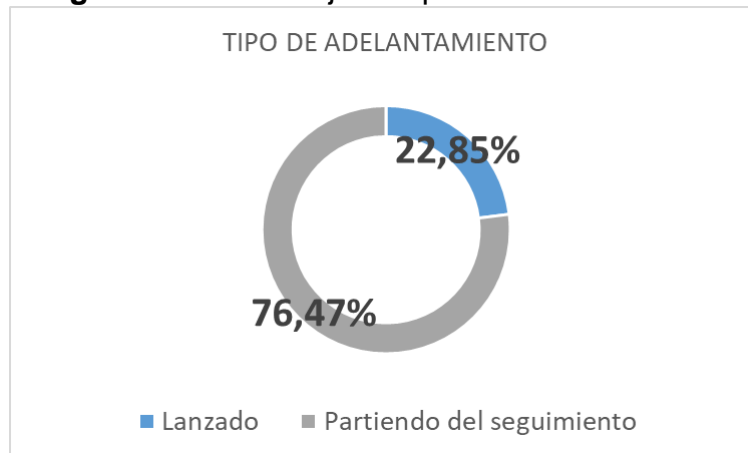


**Fuente.** Elaboración propia

## 5.2 TIPO DE ADELANTAMIENTO

Para el análisis de la maniobra de adelantamiento fue fundamental clasificar el tipo de adelantamiento que los conductores realizaron y así entender el comportamiento de aceleraciones y desaceleraciones que se presentó al realizar estas maniobras, se encontró que el 22,85% de las maniobras fueron del tipo de adelantamiento lanzado y el 76,47% fueron del tipo de adelantamiento partiendo del seguimiento, este comportamiento se debe a las condiciones de la vía la cual su diseño geométrico dificulta la visibilidad necesaria para realizar maniobras de tipo lanzado.

**Figura 22.** Porcentaje de tipo de adelantamiento



**Fuente.** Elaboración propia.

**Tabla 17.** Tipo de adelantamiento (ida).

#ADELANTAMIENTO (IDA)	TIPO DE ADELANTAMIENTO	
	LANZADO	PARTIENDO DEL SEGUIMIENTO
1	X	
2	X	
3		X
4		X
5		X
6	X	
7		X
8		X
9		X
10	X	
11	X	
12		X
13	X	
14		X
15		X
16		X
17		X
18		X
19		X
20		X
TOTAL	6	14

**Fuente.** Elaboración propia.



**Tabla 18** Tipo de adelantamiento (regreso).

#ADELANTAMIENTO (REGRESO)	TIPO DE ADELANTAMIENTO	
	LANZADO	PARTIENDO DEL SEGUIMIENTO
1		X
2		X
3		X
4	X	
5		X
6		X
7		X
8		X
9		X
10		X
11		X
12		X
13	X	
14		X
TOTAL	2	12

**Fuente.** Elaboración propia.

### 5.3 TIPOS DE VEHÍCULOS ADELANTADOS

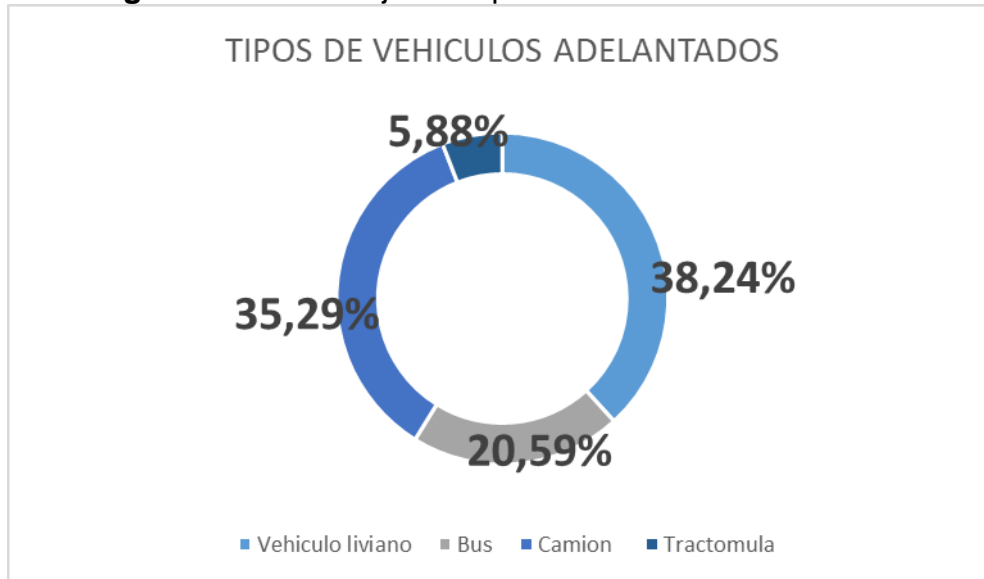
Para cada maniobra realizada se verifico el tipo de vehículo al cual se adelantó ya que estos influyen en la dificultad para realizar el adelantamiento debido a la visibilidad que permiten y la distancia que se debe recorrer.

**Tabla 19.** Tipos de vehículos adelantados.

TIPOS DE VEHICULOS ADELANTADOS	ADELANTAMIENTOS A TIPOS DE VEHICULOS
Vehiculo liviano	13
Bus	7
Camion	12
Tractomula	2

**Fuente.** Elaboración propia.

**Figura 23.** Porcentajes de tipo de vehículos adelantados.

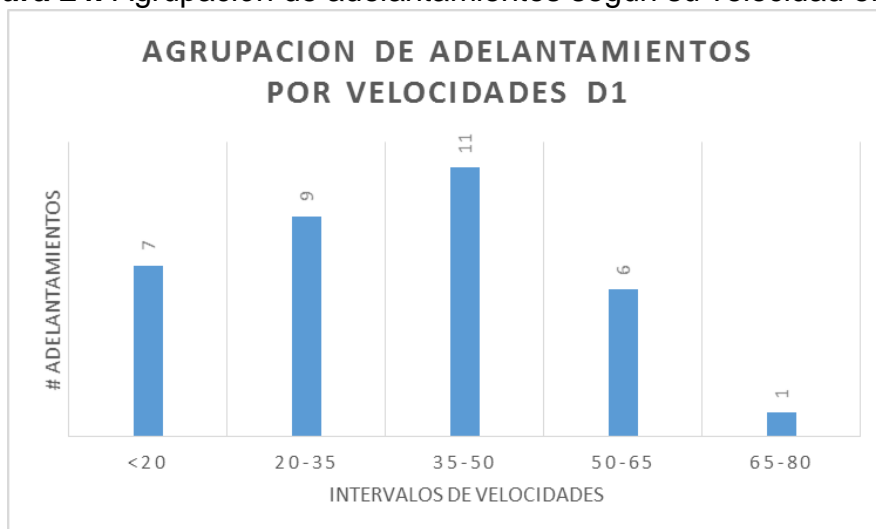


**Fuente.** Elaboración propia.

#### 5.4 CLASIFICACIÓN POR VELOCIDADES

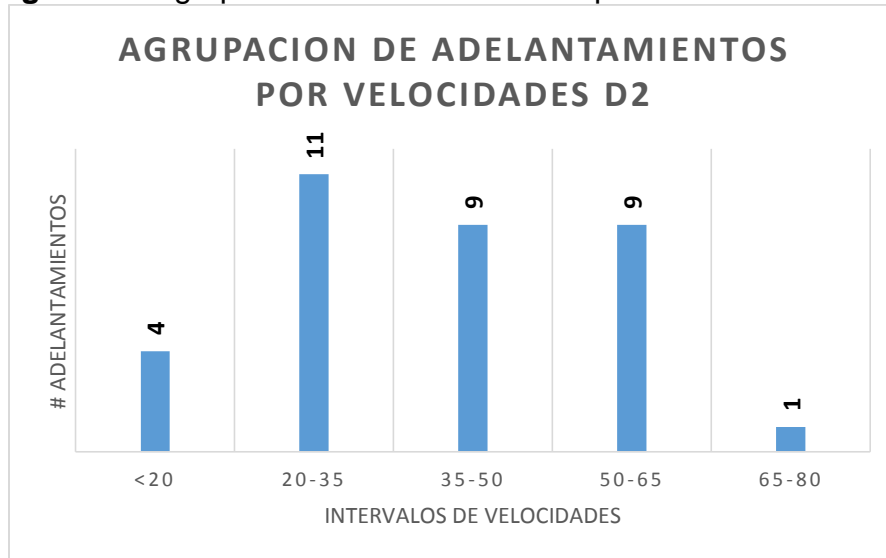
En las siguientes gráficas se muestran la clasificación de los adelantamientos según su velocidad al inicio de la maniobra (d1) y en el momento de ocupar el carril contrario (d2):

**Figura 24.** Agrupación de adelantamientos según su velocidad en d1.



**Fuente.** Elaboración propia.

**Figura 25.** Agrupación de adelantamiento por velocidades en d2.



**Fuente.** Elaboración propia.

El manual de diseño geométrico proporciona intervalos de velocidades a partir de 50km/h, por lo tanto fue necesario para este análisis el clasificar las velocidades como los estipula el manual y adicionalmente crear intervalos menores a 50km/h adoptando el mismo rango del manual, de esta manera se pudo desglosar la siguiente información de cada adelantamiento para proporcionar la información de manera óptima.

- Intervalo: < 20Km/h  
Maniobra inicial (d1):  
Se hallaron los siguientes valores para las variables que influyen directamente en la maniobra.  
Tiempo: varía en un rango de (1-8) con un promedio 4,58 s  
Aceleración: varia en un rango de (0,12 – 1,07) con un promedio 0,58 m/s/s  
Velocidad: varía en un rango (3,69 – 17,8) con un promedio 12,70 Km/h  
  
Ocupación del carril contrario (d2):  
Tiempo: varía en un rango de (5-11) con un promedio 8,82 s  
Aceleración: varia en un rango de (0,38 – 1,18) con un promedio 0,8 m/s/s  
Velocidad: varía en un rango (17,2 – 18,96) con un promedio 18,19 Km/h
  
- Intervalo: [20 – 35)Km/h  
Maniobra inicial (d1):  
Se hallaron los siguientes valores para las variables que influyen directamente en la maniobra.  
Tiempo: varía en un rango de (1-2,3) con un promedio 1,5 s

Aceleración: varía en un rango de (0,32 – 1,98) con un promedio 1,05 m/s/s.  
Velocidad: varía en un rango (20,66 – 34,66) con un promedio 27,39 Km/h

Ocupación del carril contrario (d2):

Tiempo: varía en un rango de (3,7-9,57) con un promedio 5,46 s

Aceleración: varía en un rango de (0,72 – 1,71) con un promedio 1,15 m/s/s.

Velocidad: varía en un rango (20,16 – 33,93) con un promedio 27,94 Km/h

➤ Intervalo: [35 – 50)Km/h

Maniobra inicial (d1):

Se hallaron los siguientes valores para las variables que influyen directamente en la maniobra.

Tiempo: varía en un rango de (1-3,6) con un promedio 1,95 s.

Aceleración: varía en un rango de (0,29 – 1,62) con un promedio 1,00 m/s/s.

Velocidad: varía en un rango (35,71- 45) con un promedio 42,67 Km/h.

Ocupación del carril contrario (d2):

Tiempo: varía en un rango de (3,82 – 7,36) con un promedio 5,48 s.

Aceleración: varía en un rango de (0,44 – 1,77) con un promedio 0,98 m/s/s.

Velocidad: varía en un rango (35,5 – 48,48) con un promedio 42,49 Km/h.

➤ Intervalo: [50 – 65)Km/h

Maniobra inicial (d1):

Se hallaron los siguientes valores para las variables que influyen directamente en la maniobra.

Tiempo: varía en un rango de (1-2) con un promedio 1,53 s.

Aceleración: varía en un rango de (0,3 – 1,15) con un promedio 0,64 m/s/s.

Velocidad: varía en un rango (50,61- 61,64) con un promedio 54,46 Km/h.

Ocupación del carril contrario (d2):

Tiempo: varía en un rango de (4 – 7,29) con un promedio 5,27 s.

Aceleración: varía en un rango de (0,43 – 1,4) con un promedio 0,75 m/s/s

.Velocidad: varía en un rango (51,2 – 57,42) con un promedio 54,60 Km/h.

➤ Intervalo: [65 – 80)Km/s

Este intervalo conto con un solo adelantamiento el cual arrojó los siguientes resultados.

Maniobra inicial (d1):

Tiempo: 1,2 s.

Aceleración: 1,36 m/s/s.

Velocidad: 68,37 Km/h.

Ocupación del carril contrario (d2):

Tiempo: 5,45 s.

Aceleración: 1,23 m/s/s

Velocidad: 74,29 Km/h.

## 5.5 ANÁLISIS DE ACELERACIÓN

### ➤ Inicio de maniobra (d1):

El 11,76% de los adelantamientos presentaron desaceleraciones, es decir 4 de los 34 adelantamientos desaceleraron al inicio de la maniobra debido a que se trataban de adelantamientos de tipo lanzado, en estos influyo el diseño geométrico de la vía por las curvas, visibilidad y las velocidades mínimas en las que transitaban los vehículos adelantados, estos 4 casos de desaceleración arrojaron un promedio de 0,74 m/s/s, y la aceleración promedio de los 30 restantes fue de 0,84 m/s/s.

### ➤ Ocupación del carril contrario (d2):

Se observó que el 97,05% de los adelantamientos efectuaron la aceleración en la segunda fase de la maniobra de adelantamiento, es decir que solo un adelantamiento de los 34 desaceleró, arrojando un promedio de aceleración de 0,97 m/s/s y el único caso de desaceleración fue de 0,27 m/s/s, este correspondió a un adelantamiento de tipo lanzado.

## 5.6 COMPARACIÓN DE DATOS DE INVESTIGACIÓN CONTRA MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS DE COLOMBIA

La siguiente comparación muestra los resultados obtenidos en el campo mediante los cálculos que desarrollo esta investigación y los datos teóricos que propone la norma Colombiana en el manual de diseño geométrico de carreteras, cada comparación arroja un porcentaje de error el cual indica lo alejado o cerca que esta la norma con la realidad de la vía entre La cemento y el peaje Rionegro en Santander.

Esta comparación se basa específicamente en los datos correspondientes al intervalo de velocidades entre 50 y 65 Km/h, ya que como se mostró anteriormente la norma parte de estas velocidades y los otros datos de la investigación se encontraban en intervalos menores, por otra parte no se incluyó el intervalo de 65 a 80 Km/h ya que solo se contaba con un dato en la investigación.

Para este intervalo se analizaron 6 adelantamientos en la maniobra inicial (d1), arrojando los siguientes promedios en las variables estudiadas:

**Tabla 20.** Rango de velocidad especifica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa la maniobra.

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTUA LA MANIOBRA (Km/h)		
	[50-65]		
	INVIAS	PROYECTO	% ERROR
<b>Maniobra inicial (D1)</b>			
Aceleracion promedio (m/s/s)	2,25	0,64	71,55
Tiempo (s)	3,6	1,53	57,5
<b>Ocupacion del carril contrario (D2)</b>			
Tiempo (s)	9,3	5,27	43,33
Aceleracion promedio (m/s/s)	0	0,75	

**Fuente.** Elaboración propia.

A continuación se van a evaluar los casos correspondientes a adelantamientos con vehículos en el carril contrario, ya que estos proporcionan valores adicionales en la distancia total de adelantamiento los cuales son d1, d2, d3 y d4, se analizaran de forma independiente con el fin de comparar cada una de las variables para obtener su porcentaje de error.

**Tabla 21.** Porcentaje de error en distancia de adelantamiento 1.

ADELANTAMIENTO 15					
CONDUCTOR 26	REY ARDILA DIEGO FERNANDO				
SENTIDO	LA CEMENTO - PEAJE RIONEGRO				
ABSCISA INICIAL (m)	11050,51	ABSCISA FINAL (m)	11229,5		
	D1 (m)	D2 (m)	D3 (m)	D4 (m)	DA (m)
PROYECTO	10,81	101,38	5,31	61,48	178,99
NORMA	30,05	115,98	30	77,32	253,35
% DE ERROR	64,0266223	12,58837731	82,3	20,486291	29,350701

**Fuente.** Elaboración propia.

**Tabla 22.** Porcentaje de error en distancia de adelantamiento 2.

<b>ADELANTAMIENTO 14</b>					
<b>CONDUCTOR 30</b>	<b>SANCHEZ BECERRA DIEGO FERNANDO</b>				
<b>SENTIDO</b>	<b>PEAJE RIONEGRO - LA CEMENTO</b>				
<b>ABSCISA INICIAL (m)</b>	<b>10664,44</b>		<b>ABSCISA FINAL (m)</b>		<b>10484,73</b>
	D1 (m)	D2 (m)	D3 (m)	D4 (m)	DA (m)
PROYECTO	43,29	71,28	26,12	39,02	179,71
NORMA	36,64	110,57	30	77,32	254,53
% DE ERROR	-18,149563	35,53405083	12,9333333	49,534402	29,395356

**Fuente.** Elaboración propia.

## 6. CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta investigación fue analizar las maniobras de adelantamiento en un tramo experimental del departamento de Santander, con el fin de determinar las distancias parciales necesarias para poder calcular la distancia de adelantamiento y revisar los criterios que utiliza el manual de diseño geométrico de carreteras comparándolos con los datos proporcionados por la investigación.

Se pudo observar que el tramo de vía estudiado no cumple con lo reglamentado en el capítulo 2.3.2. del manual de diseño geométrico de carreteras el cual indica que para carreteras con una calzada en sentido bidireccional con longitudes mayores a 5 Km se debe implementar tramos con distancia de visibilidad de adelantamiento, este es determinado por un porcentaje mínimo directamente relacionado con la velocidad de diseño del tramo homogéneo, esta vía cuenta con una velocidad de diseño de 60 km/h y un tramo de 5620 metros de longitud en el cual debería existir una distancia mínima de 1686 metros como zona de adelantamiento, sin embargo esta no presenta ningún tramo en el que sea posible adelantar ya que la totalidad del tramo recorrido esta demarcado con doble línea amarilla continua la cual prohíbe este tipo de maniobras.

Se halló un alarmante porcentaje de maniobras de adelantamiento en zonas prohibidas correspondiente al 51,43%, esto debido a las bajas velocidades de operación en algunos puntos del recorrido en las cuales influyeron al tráfico pesado y la geometría de la vía, esto se reflejó en el análisis de datos en el cual se encontró que el 47,06% de los adelantamientos se realizaron en un intervalo de velocidades menor a 35 Km/h, el 32,35% para velocidades entre los 35 km/h y 50 Km/h y tan solo el 20,59% para velocidades mayores de 50 km/h, se puede decir que este gran porcentaje de riesgo en las maniobras de adelantamiento es influido emocionalmente por los conductores ya que la velocidad de la vía corresponde a 60 Km/h y al encontrarse en velocidades tan bajas tiende a querer adelantar así arriesgue su propia seguridad.

Se pudo demostrar que los factores influyentes en las bajas velocidades de operación descritos anteriormente también se encuentran directamente relacionados con el tipo de adelantamiento realizado, como se mostró en el análisis de resultados predomina el tipo de adelantamiento partiendo del seguimiento con un 76,47%, el cual se caracteriza por hacer seguimiento del vehículo adelantado, se pudo ver que la geometría de la vía y el tipo de vehículo adelantado dificulta la realización de la maniobra de manera rápida por lo tanto es necesario esperar el momento adecuado para realizar la maniobra de manera segura, por otra parte solo el 23,53% de los adelantamientos se realizaron con un tipo de adelantamiento lanzado, ya que ciertas puntos del recorrido aportaron la suficiente visibilidad para llevarlos a cabo.



El análisis de resultados logro demostrar que al contrario de lo que postula la norma en su capítulo 2, las aceleraciones en la maniobra de adelantamiento no se realizan únicamente en la primera fase del adelantamiento, se halló que el 88,23% de los conductores promediaron una aceleración de 0,84 m/s/s en la primera fase y el 97,05% de los conductores promediaron una aceleración de 0,97 m/s/s en la segunda fase, esto demostró que las aceleraciones se efectúan en su mayoría en la segunda fase ya que los conductores están acostumbrados a acelerar con mayor nivel cuando invaden el carril contrario pensando que podrán volver a su carril con mayor rapidez.

Se encontró que la diferencia de velocidades entre los vehículos adelantado y adelantante (m), determinada por la norma como 15 Km/h, no es válida para todos los casos de adelantamientos como esta lo estipula, ya que estos se dividen en dos tipos, lanzado y partiendo del seguimiento, en este último la diferencia de velocidades entre los vehículos tiende a ser cero ya que como su nombre lo indica el vehículo que adelanta se encuentra recorriendo justo detrás del adelantado esperando el momento oportuno para realizar la maniobra, esta diferenciación de tipos de adelantamiento no es tomada en cuenta por el manual de diseño geométrico de carreteras por lo tanto el margen de error es mayor de lo esperado en los resultados.

Se evidencio que el manual de diseño geométrico de carreteras sobreestima los valores de las variables para el cálculo de cada una de las distancias de adelantamiento, los resultados arrojaron que para la maniobra inicial hubo un porcentaje de error de 71,55% en la aceleración y un 57,5% en el tiempo, comparando la investigación con respecto a la norma y para la segunda fase de ocupación del carril contrario hubo un porcentaje de error de 43,33% en el tiempo.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda ampliar el rango de la muestra tanto en longitud de tramo como recorridos de conductores para seguir con futuras y nuevas investigaciones, ya que al ir clasificando las maniobras de adelantamiento por velocidades y otras características se reducían los datos para las comparaciones, se es necesario contar con un gran número de muestra para que el análisis sea más exacto y poder encontrar más conclusiones.

Es necesario el continuar con este tipo de investigaciones ya que al hallar que la norma colombiana no evalúa el tipo de adelantamiento, se encuentran varias inconsistencias en el diseño geométrico a lo que se vive en el campo, estas investigaciones servirán para aportar nuevas ideas al manual de diseño geométrico de carreteras y proveer de información más precisa sobre las distancias de adelantamiento y sus variables de cálculo.

Se recomienda analizar más tramos del país, para seguir evaluando la seguridad que nuestras vías nos están proporcionando y ver que mejoras a futuro se pueden brindar, es importante saber si lo que el manual de diseño geométrico de carreteras postula para el diseño de diseño de vías es lo necesario para que los usuarios de estas transiten con mayor seguridad, fluidez y eficacia.

## 8. REFERENCIAS

- [1] M. Garzon, D. Escobar y J. Galindo, «Auditorias de seguridad vial. Ejemplo de aplicacion metodológica,» *Revista Espacios*, vol. 38, nº 41, p. 10, 2017.
- [2] Justicia, «El Tiempo,» Periodico El Tiempo, 13 12 2017. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/justicia/servicios/cifras-de-accidentes-de-transito-en-colombia-2017-161390>. [Último acceso: Trece Diciembre 2017].
- [3] «Estudio de la distancia de visibilidad de adelantamiento,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6321/12.pdf?sequence=13&isAllowed=y>. [Último acceso: 29 04 2018].
- [4] B. E. Pineda Uribe, «La maniobra de adelantamiento en carreteras de dos carriles en colombia,» *Revista politecnica*, nº 9, 2009.
- [5] T. Echaveguren, A. L. Altamira, S. Vargas - Tejeda y D. Riveros, Criterios para el analisis de consistencia del diseño geometrico: Velocidad, aceleracion, visibilidad y confiabilidad., Argentina / Chile, 2015.
- [6] J. Cardenas Grisales, Diseño geometrico de carretas 2da edicion, Bogota: Ecoe, 2013.
- [7] INVIAS, Manual de diseño geometrico de carreteras, Bogota, 2008.
- [8] C. Llorca, T. Moreno y A. García, Revisión de criterios de distancia de visibilidad de adelantamiento, Valencia , 2014.
- [9] S. a. Vargas Tejeda, Evaluacion de distancias de adelantamiento en carretera de dos pistas, Chile: Universidad del Bio-Bio, 2013.
- [10] European conference of ministers of transport, Jóvenes conductores el camino hacia la seguridad: El camino hacia la seguridad, OECD Publishing, 2009.
- [11] Conducir Colombia, «Escuela de automovilismo Conducir Colombia,» [En línea]. Available: <http://www.conducircolombia.com/senalesde piso.html>. [Último acceso: 07 05 2018].
- [12] Y. D. García Ramírez, Secretaria de educacion superior, ciencia, tecnología e innovación, San Juan: Universidad Nacional de San Juan, 2014.
- [13] M. K. C. Flórez, Análisis de velocidad entre la interseccion la cemento (PR0+300) y el peaje Rio Negro 5300 (PR13+000) de la ruta nacional 45A08, Bucaramanga: Trabajo de grado, 2016.
- [14] R. Economía, «Vanguardia.com,» 11 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.vanguardia.com/economia/local/385512-doble-calzada-al-norte-de->

- bucaramanga-arrancaria-despues-de-junio. [Último acceso: 29 Abril 2018].
- [15] Camara de comercio, «Proyecto zona metropolitana de Bucaramanga ZMB,» 2006 Diciembre 29. [En línea]. Available: [file:///D:/Users/Personal/Downloads/proy\\_3dda090d3f6cd48de334bca28dfe9efd.pdf](file:///D:/Users/Personal/Downloads/proy_3dda090d3f6cd48de334bca28dfe9efd.pdf). [Último acceso: 2018 05 01].
- [16] Instituto nacional de vias, «INVIAS,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/volumenes-de-transito-2008/1921-volumenes-de-transito-2010-2011/file>. [Último acceso: 2018 05 01].
- [17] Concesión vial Zona metropolitana de Bucaramanga, 2016. [En línea]. Available: [file:///D:/Users/Personal/Downloads/proy\\_3dda090d3f6cd48de334bca28dfe9efd.pdf](file:///D:/Users/Personal/Downloads/proy_3dda090d3f6cd48de334bca28dfe9efd.pdf).
- [18] R. Pico Vargas, “Definición del modelo de consistencia de velocidad para una carretera rural en el departamento de Santander a partir de una tramo experimental, Bucaramanga, 2017.
- [19] «Racing store,» [En línea]. Available: <http://www.seeyourace.com/video-vbox-lite-kit-oled-kit-oled-gps/90-video-vbox-lite-kit-oled-.html>. [Último acceso: 5 mayo 2018].
- [20] P. Luque Rodriguez y D. Alvarez, Investigación de accidentes de tráfico, 2007.
- [21] C. Santos Berbel, M. Castro Malpica, S. Lopez-Cuervo Medina y M. Paréns-González, Ponencias del XI Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2014), Santander, España, 2014.
- [22] C. Llorca Garcia, Análisis del adelantamiento en carreteras convencionales y propuesta de modelos para la mejora del diseño y de la señalización de las mismas, Universitat Politecnica de Valencia, 2015.
- [23] S. Pinzon Martinez y H. Devia Urueña, Análisis de la consistencia del diseño geométrico de la vía curvo-Piedecuesta aplicando el método de lamm., Bucaramanga, 2015.
- [24] El Confidencial, «El Confidencial,» 06 01 2014. [En línea]. Available: [https://www.elconfidencial.com/sociedad/2014-01-06/una-nueva-metodologia-permite-evaluar-mejor-la-seguridad-de-las-carreteras\\_72861/](https://www.elconfidencial.com/sociedad/2014-01-06/una-nueva-metodologia-permite-evaluar-mejor-la-seguridad-de-las-carreteras_72861/). [Último acceso: Seis Enero 2014].

**ANEXO A.** Datos obtenidos de adelantamientos realizados en sentido  
Bucaramanga-Rionegro.

ADELANTAMIENTO # 1							
CONDUCTOR	2	ARIAS MEZA JESUS IGNACIO					
ABSCISA INICIAL	7314,7	ABSCISA FINAL	7338,1	ABSCISA INICIAL	7338,1	ABSCISA FINAL	7408
D1				D2 (m)			
D1 (m)	23,45			D2 (m)	69,9		
T1 (s)	1,6			T2 (s)	4		
a	0,483410823			a	0,81924906		
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			7338,1		55,96		
7314,65		53,27	7340		56,51		
7315		53,25	7345		58,48		
7320		52,92	7350		60,35		
7325		52,37	7355		62,46		
7330		52,78	7360		64,25		
7335		54,47	7365		66,1		
7338,1		55,96	7370		66,33		
			7375		66,68		
			7380		67,09		
			7385		67,71		
			7390		67,94		
			7395		67,85		
			7400		67,08		
			7405		65,77		
			7408,18		64,66		

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO # 2							
CONDUCTOR 6		CASTELLANOS JAIMES KAREN SARITH					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	10347	ABSCISA FINAL	10372	ABSCISA INICIAL	10372,1	ABSCISA FINAL	10432,9
D1 (m)	25,48		D2 (m)	60,8			
T1 (s)	3		T2 (s)	4,09			
a	0,29051153		a	0,873060581			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			10372,08	44,9			
			10375	46,34			
10346,6	42,71		10380	48,99			
10350	41,84		10385	50,08			
10355	41,04		10390	50,9			
10360	40,2		10395	52,55			
10365	41,57		10400	54,53			
10370	44,13		10405	55,52			
10372,08	44,9		10410	56,46			
			10415	56,45			
			10420	57,45			
			10425	57,95			
			10430	58,05			
			10432,88	58,24			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 3							
CONDUCTOR 8		FIALLO NIÑO SAIRA JANETH					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	7382	ABSCISA FINAL	7397,1	ABSCISA INICIAL	7397,13	ABSCISA FINAL	7455
D1 (m)	15,13		D2 (m)	57,87			
T1 (s)	4		T2 (s)	5			
a	0,380317087		a	1,182488635			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			7397,13	17,22			
			7400	22,95			
			7405	27,4			
7382	12,14		7410	31,16			
7385	13,53		7415	33,59			
7390	15,13		7420	34,54			
7395	16,81		7425	35,74			
7397,13	17,22		7430	37,6			
			7435	39,53			
			7440	41,21			
			7445	42,72			
			7450	43,53			
			7455	45,5			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO # 4							
CONDUCTOR 9		FIERRO GOMEZ EDGAR EDUARDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	8760	ABSCISA FINAL	8771,1	ABSCISA INICIAL	8771,12	ABSCISA FINAL	8851,98
D1	11,12		D2 (m)	80,86			
T1	1,6		T2 (s)	4			
a	1,145750067		a	0,584430337			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			8771,14	53,2			
			8775	53,75			
8760	50		8780	54,9			
8765	52,23		8785	56,49			
8770	53		8790	58,04			
8771,12	53,2		8795	59,72			
			8800	60,25			
			8805	61,21			
			8810	62,31			
			8815	62,73			
			8820	63,32			
			8825	63,65			
			8830	63,49			
			8835	63,68			
			8840	63,48			
			8845	63,22			
			8850	62,7			
			8851,98	62,81			



BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO # 5							
CONDUCTOR 9		FIERRO GOMEZ EDGAR EDUARDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	11056	ABSCISA FINAL	11075	ABSCISA INICIAL	11075,1	ABSCISA FINAL	11186,2
D1	19,41		D2 (m)	111,15			
T1	1,5		T2 (s)	5,89			
a	1,61678366		a	0,787384034			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			11075	54,78			
			11080	57,36			
11055	46,77		11085	59,87			
11060	47,46		11090	62,18			
11065	48,7		11095	65,62			
11070	50,55		11100	67,95			
11075,09	54,78		11105	69,9			
			11110	72,03			
			11115	72,08			
			11120	71,74			
			11125	72,55			
			11130	72,59			
			11135	71,97			
			11140	71,6			
			11145	71,64			
			11150	70,84			
			11155	69,9			
			11160	69,52			
			11165	68,75			
			11170	68,87			
			11175	68,18			
			11180	67,39			
			11185	66,93			
			11186,24	66,79			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 6							
CONDUCTOR 10		GALVIS MEZA LUIS FERNANDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	9608	ABSCISA FINAL	9613,7	ABSCISA INICIAL	9613,67	ABSCISA FINAL	9684,66
D1 (m)	5,68		D2 (m)	70,99			
T1 (s)	1		T2 (s)	5,11			
a	1,977931148		a	1,269887604			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			9613,67	33,39			
			9615	34,44			
			9620	39,16			
			9625	42,47			
			9630	45,02			
			9635	47,01			
9607,99	28,7		9640	49,3			
9610	29,51		9645	51,23			
9613,67	33,39		9650	53,92			
			9655	56,69			
			9660	57,82			
			9665	58,75			
			9670	58,46			
			9675	58,17			
			9680	57,84			
			9684,66	58,01			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO # 7							
CONDUCTOR 11		GELVEZ MUÑOZ CRISTIAN JAHIR					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	2553,7	ABSCISA FINAL	2564,7	ABSCISA INICIAL	2564,66	ABSCISA FINAL	2605,2
D1	10,99		D2 (m)	40,54			
T1	1,8		T2 (s)	3,84			
a	0,869324245		a	1,536479841			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			2564,66	27			
			2565	27,46			
			2570	30,42			
2553,67	21,94		2575	34			
2555	25,07		2580	36,71			
2560	23,89		2585	39,93			
2564,66	27		2590	42,17			
			2595	45,04			
			2600	46,86			
			2605,2	48,41			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 8							
CONDUCTOR 12		GIL GOMEZ SERGIO ANDRES					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	6045,9	ABSCISA FINAL	6052,6	ABSCISA INICIAL	6052,64	ABSCISA FINAL	6154,02
D1	6,7		D2 (m)	101,38			
T1	1		T2 (s)	7,36			
a	0,829802377			0,81924906			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			6052,64	36,68			
			6055	37,34			
			6060	39,24			
			6065	41,45			
6045,94	34,66		6070	42,86			
6050	35,01		6075	44,6			
6052,64	36,68		6080	46,41			
			6085	47,44			
			6090	49,61			
			6095	50,78			
			6100	51,91			
			6105	52,93			
			6110	54,33			
			6115	55,41			
			6120	56,61			
			6125	56,69			
			6130	55,79			
			6135	55,27			
			6140	55,47			
			6145	56,23			
			6150	56,66			
			6154,02	57,29			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 9							
CONDUCTOR 12		GIL GOMEZ SERGIO ANDRES					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	7724	ABSCISA FINAL	7735	ABSCISA INICIAL	7735	ABSCISA FINAL	7776,17
D1	10,96		D2 (m)	41,17			
T1	2		T2 (s)	4,32			
a	0,3186746			1,708432666			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			7735	25,65			
			7740	30,69			
			7745	34,47			
7724,04	23,82		7750	38,26			
7725	24,07		7755	41,5			
7730	23,35		7760	44,74			
7735	25,65		7765	47,97			
			7770	49,13			
			7775	49,72			
			7776,17	49,81			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 10							
CONDUCTOR 17		JOYA VECINO LAURA MARCELA					
ABSCISA INICIAL	2593,1	ABSCISA FINAL	2607,4	ABSCISA INICIAL	2607,42	ABSCISA FINAL	2648
D1 (m)				D2 (m)			
D1	14,3		D2 (m)	40,58			
T1	1,5		T2 (s)	3,82			
a	-0,040344956		a	0,436078102			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			2607,42	35,5			
2593,12	35,71		2610	35,69			
2595	35,81		2615	36,54			
2600	35,44		2620	37,01			
2605	35,01		2625	38			
2607,42	35,5		2630	39			
			2635	39,65			
			2640	40,56			
			2645	41,18			
			2648	41,46			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 11							
CONDUCTOR 19		MECON MILLAN CARLOS IVAN					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	4279,1	ABSCISA FINAL	4307,1	ABSCISA INICIAL	4307,06	ABSCISA FINAL	4398,27
D1 (m)	27,93		D2 (m)	91,21			
T1 (s)	2		T2 (s)	5,12			
a	0,303644224		a	0,585576706			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			4307,06	58,5			
			4310	58,94			
			4315	59,74			
			4320	60,71			
4279,13	56,59		4325	61,05			
4280	56,19		4330	61,92			
4285	56,15		4335	62,5			
4290	55,23		4340	63,06			
4295	56,2		4345	63,96			
4300	57,11		4350	64,3			
4305	58,07		4355	64,91			
4307,06	58,5		4360	65,47			
			4365	65,91			
			4370	66,33			
			4375	66,87			
			4380	67,33			
			4385	67,84			
			4390	68,32			
			4395	68,73			
			4398,27	69,33			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 12							
CONDUCTOR 22		OJEDA ARCINIEGAS SHERLYN					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	2476,7	ABSCISA FINAL	2500	ABSCISA INICIAL	2500	ABSCISA FINAL	2527
D1	23,31		D2 (m)	27			
T1	8		T2 (s)	3,7			
a	0,650136744		a	1,656606224			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
2476,69	3,69		2500	20,16			
2480	8,14		2505	27,39			
2485	9,08		2510	31,96			
2490	8,95		2515	31,83			
2495	11,24		2520	35,7			
2500	20,16		2525	38,14			
			2527	39,57			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 13							
CONDUCTOR 24		PICO VARGAS RICARDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	7350	ABSCISA FINAL	7385,2	ABSCISA INICIAL	7385,22	ABSCISA FINAL	7435,81
D1 (m)	35,22		D2 (m)	50,59			
T1 (s)	2		T2 (s)	3,41			
a	-0,550369021		a	-0,275746195			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			7385,22	57,42			
7350	61,64		7390	56,89			
7355	60,96		7395	55,32			
7360	61,06		7400	53,03			
7365	60,85		7405	53,24			
7370	60,24		7410	53,06			
7375	59,13		7415	52,28			
7380	58,16		7420	53,25			
7385,22	57,42		7425	52,41			
			7430	53,49			
			7435	54,57			
			7435,81	54,18			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 14							
CONDUCTOR 26		REY ARDILA DIEGO FERNANDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	5972,6	ABSCISA FINAL	6012,3	ABSCISA INICIAL	6012,25	ABSCISA FINAL	6103,49
D1	39,62		D2 (m)	91,24			
T1	3		T2 (s)	6,04			
a	0,354681102		a	0,744627519			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			6012,25	51,2			
5972,63	47,51		6015	52,46			
5975	47,25		6020	53,48			
5980	47,03		6025	55,36			
5985	46,62		6030	56,8			
5990	46,5		6035	58,21			
5995	46,81		6040	59,93			
6000	46,67		6045	61,38			
6005	48,7		6050	61,75			
6010	50,68		6055	60,91			
6012,25	51,2		6060	60,34			
			6065	60,05			
			6070	60,09			
			6075	61,1			
			6080	61,51			
			6085	63,08			
			6090	63,6			
			6095	64,77			
			6100	65,38			
			6103,49	66,2			





BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 16							
CONDUCTOR 28		RONDON VEGA MATEO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	5986,7	ABSCISA FINAL	5994,7	ABSCISA INICIAL	5994,73	ABSCISA FINAL	6096,17
D1	8,03		D2 (m)	101,44			
T1	1		T2 (s)	7,15			
a	1,698059361		a	0,788927446			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			5994,73	41,52			
			5995	41,68			
			6000	43,21			
			6005	45,54			
			6010	46,96			
			6015	48,82			
5986,7	37,02		6020	49,69			
5990	39,6		6025	48,6			
5994,73	41,52		6030	49,63			
			6035	50,62			
			6040	51,63			
			6045	52,06			
			6050	53,07			
			6055	54,54			
			6060	54,82			
			6065	55,87			
			6070	56,49			
			6075	57,53			
			6080	58,53			
			6085	59,25			
			6090	60,13			
			6095	60,84			
			6096,17	61,63			

**BUCARAMANGA - RIONEGRO**

**ADELANTAMIENTO 17**

**CONDUCTOR 31**

SERRANO FONTECHA WILSON JAVIER

ABSCISA INICIAL	5850,3	ABSCISA FINAL	5861,2	ABSCISA INICIAL	5861,23	ABSCISA FINAL	5919,45	ABSCISA INICIAL	5919,45	ABSCISA FINAL	5941,32	ABSCISA INICIAL	5941,37	ABSCISA FINAL	6009,18
<b>D1</b>		10,95		<b>D2</b>		58,22		<b>D3</b>		21,87		<b>D4</b>		67,81	
<b>T1</b>		1,5		<b>T2</b>		5,08									
<b>a</b>		1,531184466		<b>a</b>		1,089139853									
<b>ABSCISA</b>		<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>		<b>ABSCISA</b>		<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>		<b>ABSCISA</b>		<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>		<b>ABSCISA</b>		<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	
				5861,23		29,35						5941,37		55,7	
				5865		31,94						5945		56,16	
				5870		35,01		5919,45		50,05		5950		57	
5850,28		20,66		5875		38,22		5920		51,1		5955		57,84	
5855		23,52		5880		41,14		5925		51,96		5960		58,45	
5860		27,67		5885		41,36		5930		52,7		5965		60,15	
5861,23		29,35		5890		42,27		5935		53,43		5970		60,65	
				5895		44,42		5940		54,6		5975		61,45	
				5900		45,27		5941,32		55,7		5980		62	
				5905		46,6						5985		62,8	
				5910		47,86						5990		63,91	
				5915		49,14						5995		64,9	
				5919,45		50,05						6000		65,74	
												6005		65,9	
												6009,18		66,1	

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 18							
CONDUCTOR 31		SERRANO FONTECHA WILSON JAVIER					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	9223,6	ABSCISA FINAL	9247,9	ABSCISA INICIAL	9247,94	ABSCISA FINAL	9374,09
D2	24,38		D2 (m)	126,15			
T1	1,2		T2 (s)	5,45			
a	1,359985669		a	1,23270202			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			9247,94	74,39			
			9250	75,02			
9223,56	68,37		9255	76,42			
9225	70,25		9260	77,82			
9230	71,53		9265	79,16			
9235	71,78		9270	80,02			
9240	72,58		9275	81,98			
9245	73,63		9280	82,97			
9247,94	74,39		9285	84,05			
			9290	85,63			
			9295	86,77			
			9300	87,09			
			9305	87,27			
			9310	87,71			
			9315	88,8			
			9320	89,38			
			9325	89,41			
			9330	88,07			
			9335	87,08			
			9340	87,49			
			9345	86,25			
			9350	84,26			
			9355	82,71			
			9360	80,96			
			9365	78,82			
			9370	76,59			
			9374,69	74,61			

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 19							
CONDUCTOR 31		SERRANO FONTECHA WILSON JAVIER					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	11033	ABSCISA FINAL	11043	ABSCISA INICIAL	11043,2	ABSCISA FINAL	11169,3
D1		10,66		D2 (m)		126,16	
T1		1		T2 (s)		6,94	
a		0,879188092		a		0,773334566	
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		
				11043,18		53,96	
				11045		54,26	
				11050		55,41	
				11055		56,48	
11032,52		51,66		11060		57,94	
11035		51,69		11065		58,88	
11040		52,89		11070		60,28	
11043,18		53,96		11075		60,84	
				11080		62,08	
				11085		63	
				11090		64,79	
				11095		65,8	
				11100		66,63	
				11105		68,02	
				11110		68,75	
				11115		69,35	
				11120		68,7	
				11125		69,1	
				11130		69,89	
				11135		70,52	
				11140		70,81	
				11145		71,58	
				11150		72,24	
				11155		72,48	
				11160		72,99	
				11165		73,42	
				11169,34		73,76	

BUCARAMANGA - RIONEGRO							
ADELANTAMIENTO 20							
CONDUCTOR 32		SUAREZ ORJUELA OSCAR EDUARDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	8716,1	ABSCISA FINAL	8739	ABSCISA INICIAL	8738,97	ABSCISA FINAL	8799,79
D1	22,84		D2 (m)	60,82			
T1	2,3		T2 (s)	4,07			
a	1,091394477		a	1,767407925			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			8738,97	39,42			
			8740	40			
8716,13	30,13		8745	43,54			
8720	30,41		8750	45,88			
8725	31,27		8755	49,35			
8730	33,48		8760	51,81			
8735	36,53		8765	55,26			
8738,97	39,42		8770	57,26			
			8775	59,58			
			8780	60,09			
			8785	61,54			
			8790	63,04			
			8795	64,79			
			8799,79	65,88			

**ANEXO B.** Datos obtenidos de adelantamientos realizados en sentido  
Bucaramanga-Rionegro.

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO # 1							
CONDUCTOR	2		ARIAS MEZA JESUS IGNACIO				
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA I. VIDEO	2512,71	ABSCISA F. VIDEO	2524,19	ABSCISA I. VIDEO	2524,19	ABSCISA F. VIDEO	2596,2
ABSCISA INICIAL	9977,29	ABSCISA FINAL	9965,81	ABSCISA INICIAL	9965,81	ABSCISA FINAL	9893,8
D1	11,48		D2 (m)	72,01			
T1	1,56		T2 (s)	5,57			
a	0,954368104		a	1,059270317			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			9965,81	33,23			
			9965	33,41			
			9960	35,81			
9977,29	28,64		9955	38,53			
9975	29,26		9950	40,86			
9970	30,67		9945	42,83			
9965,81	33,23		9940	45,46			
			9935	47,88			
			9930	50,14			
			9925	52,03			
			9920	54,37			
			9915	54,16			
			9910	52,88			
			9905	53,13			
			9900	54,61			
			9895	55,29			
			9893,8	55,51			

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO # 2							
CONDUCTOR	2	ARIAS MEZA JESUS IGNACIO					
ABSCISA I. VIDEO	3103,8	ABSCISA F. VIDEO	3139,85	ABSCISA I. VIDEO	3139,85	ABSCISA F. VIDEO	3221,94
ABSCISA INICIAL	9386,05	ABSCISA FINAL	9350	ABSCISA INICIAL	9350	ABSCISA FINAL	9268
D1 (m)				D2 (m)			
D1	36,05			D2 (m)	82		
T1	7,98			T2 (s)	7,12		
a	0,48238686			a	1,059814062		
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		
				9350			24,67
9386,05				9345			28,12
9385				9340			31,31
9380				9335			34
9375				9330			36,24
9370				9325			38,85
9365				9320			40,72
9360				9315			42,92
9355				9310			45,51
9350				9305			47,46
				9300			49,57
				9295			51,58
				9290			53,11
				9288			53,49

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO # 3							
CONDUCTOR	3	BADILLO TORRES JORGE ANDRES					
ABSCISA INICIAL	319,48	ABSCISA FINAL	332,16	ABSCISA INICIAL	332,16	ABSCISA FINAL	453,68
D1 (m)				D2 (m)			
D1	12,68			D2 (m)	121,52		
T1	1			T2 (s)	7,22		
a	0,942667562			a	0,997072402		
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		
				332,16			48,32
				340,26			50,59
319,48				348,36			52,63
320				356,46			54,49
325				364,57			56,28
330				372,67			58,06
332,16				380,77			60,26
				388,87			61,78
				396,97			63,33
				405,07			65,34
				413,18			66,69
				421,28			68,27
				429,38			68,04
				437,48			67,47
				445,58			67,09
				453,68			66,66

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 4							
CONDUCTOR	3	BADILLO TORRES JORGE ANDRES					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	2955,03	ABSCISA FINAL	2965,17	ABSCISA INICIAL	2965,17	ABSCISA FINAL	3013,78
D1	10,14		D2 (m)	48,61			
T1	1,3		T2 (s)	6,7			
a	-1,36		a	0,748788941			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			2965,17	21,98			
2955,03	29		2973,27	17,55			
2960	25,3		2981,37	25,98			
9965,17	21,98		2989,47	27,99			
			2997,58	31,48			
			3005,68	34,87			
			3013,78	37,77			

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 5							
CONDUCTOR	6	CASTELLANOS JAIMES KAREN SARITH					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	2486,61	ABSCISA FINAL	2494,21	ABSCISA INICIAL	2494,21	ABSCISA FINAL	2584,36
D1	7,6		D2 (m)	90,15			
T1	2,3		T2 (s)	9,38			
a	1,07		a	0,719724371			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			2494,21	18,84			
			2504,22	28,41			
2486,61	11,65		2514,24	29,77			
2490	15,21		2524,26	32,81			
2494,21	18,64		2534,28	36,3			
			2544,29	39,85			
			2554,31	43			
			2564,33	42,87			
			2574,34	44,06			
			2584,36	45,13			



RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 6							
CONDUCTOR	6	CASTELLANOS JAIMES KAREN SARITH					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA INICIAL	4774,25	ABSCISA FINAL	4778,07	ABSCISA INICIAL	4778,07	ABSCISA FINAL	4858,2
D1	3,82		D2 (m)	80,13			
T1	1		T2 (s)	9,93			
a	0,43		a	0,379904694			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			4778,07	18,96			
			4788,08	23,37			
			4798,1	27,88			
4774,25	17,8		4808,12	32,17			
4775	18,21		4818,13	32,46			
4778,07	18,96		4828,15	31,59			
			4838,17	32,74			
			4848,18	33,89			
			4858,2	33,4			

RIONEGRO - BUCARAMANGA															
ADELANTAMIENTO 7															
CONDUCTOR		8 FIALLO NIÑO SAIRA JANETH													
D1 (m)				D2 (m)				D3 (m)				D4 (m)			
ABSCISA I. VIDEO	6271,74	ABSCISA F. VIDEO	6289,83	ABSCISA I. VIDEO	6289,83	ABSCISA F. VIDEO	6340,97	ABSCISA I. VIDEO	6340,97	ABSCISA F. VIDEO	6377,47	ABSCISA I. VIDEO	6377,47	ABSCISA F. VIDEO	6421,47
ABSCISA INICIAL	6246,26	ABSCISA FINAL	6225,17	ABSCISA INICIAL	6225,17	ABSCISA FINAL	6175	ABSCISA INICIAL	6175	ABSCISA FINAL	6138,5	ABSCISA INICIAL	6138,5	ABSCISA FINAL	6094,5
D1	21,09		D2 (m)	50,17		D3 (m)	36,5		D4 (m)	44					
T1	4,16		T2 (s)	4,1											
a	0,946267905		a	0,938059748											
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)					
			6225	27,3		6175	44,33		6138,5	47,88					
			6220	31,56		6170	44,65		6135	48,21					
6246,26	15,1		6215	34,9		6165	44,87		6130	48,54					
6245	15		6210	38,68		6160	45,45		6125	48,87					
6240	15,43		6205	39,73		6155	45,79		6120	49,2					
6235	16,75		6200	39,82		6150	46,28		6115	49,53					
6230	22,22		6195	40,44		6145	46,98		6110	49,86					
6225,17	27,3		6190	41,49		6140	47,45		6105	50,19					
			6185	42,48		6138,5	47,88		6100	50,52					
			6180	43,51					6095	50,85					
			6175	44,33					6094,5	51,6					

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 8							
CONDUCTOR	9		FIERRO GOMEZ EDGAR EDUARDO				
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA I. VIDEO	4756,14	ABSCISA F. VIDEO	4775,51	ABSCISA I. VIDEO	4775,51	ABSCISA F. VIDEO	4866,96
ABSCISA INICIAL	7689,37	ABSCISA FINAL	7670	ABSCISA INICIAL	7670	ABSCISA FINAL	7575
D1	19,37		D2 (m)	95			
T1	4,68		T2 (s)	11			
a	0,127860754		a	0,914979207			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			7670	17,76			
			7665	23,03			
			7660	28,22			
			7655	32,81			
			7650	37,53			
7689,37	15,85		7645	42,86			
7685	14,88		7640	45,51			
7680	15,82		7635	48,87			
7675	15,87		7630	50,68			
7670	17,76		7625	50,19			
			7620	49,29			
			7615	46,41			
			7610	42,23			
			7605	38,46			
			7600	29,26			
			7595	21,61			
			7590	16,73			
			7585	15,37			
			7580	16,15			
			7575	16,51			

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 9							
CONDUCTOR	12	GIL GOMEZ SERGIO ANDRES					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA I. VIDEO	2530,26	ABSCISA F. VIDEO	2554,01	ABSCISA I. VIDEO	2554,01	ABSCISA F. VIDEO	2625,52
ABSCISA INICIAL	9958,75	ABSCISA FINAL	9935	ABSCISA INICIAL	9935	ABSCISA FINAL	9865
D1	23,75			D2 (m)	70		
T1	1,81			T2 (s)	4,6		
a	0,650105263			a	0,82597619		
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		
				9935	48,48		
				9930	49,93		
				9925	51,77		
9958,75	44,16			9920	52,79		
9955	44,7			9915	52,98		
9950	45,57			9910	54,04		
9945	43,67			9905	55,5		
9940	45,23			9900	57,05		
9935	48,48			9895	58,46		
				9890	59,55		
				9885	59,84		
				9880	60,21		
				9875	60,42		
				9870	61,62		
				9865	62,04		

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 10							
CONDUCTOR	24		PICO VARGAS RICARDO				
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA I.VIDEO	1859,77	ABSCISA F.VIDEO	1869,43	ABSCISA I.VIDEO	1869,43	ABSCISA F.VIDEO	1992,01
ABSCISA INICIAL	10639,66	ABSCISA FINAL	10630	ABSCISA INICIAL	10630	ABSCISA FINAL	10508
D1	9,66		D2 (m)	122			
T1	1		T2 (s)	7,29			
a	0,428007103		a	0,426573568			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			10630	54,62			
			10625	55,01			
			10620	55,57			
			10615	56,62			
			10610	56,99			
			10605	57,32			
			10600	57,86			
10639,66	53,63		10595	58,44			
10635	54,22		10590	59,24			
10630	54,62		10585	59,43			
			10580	59,82			
			10575	60,37			
			10570	60,89			
			10565	61,21			
			10560	61,6			
			10555	62,61			
			10550	63,13			
			10545	63,01			
			10540	63,63			
			10535	63,67			
			10530	64,57			
			10525	64,53			
			10520	64,95			
			10515	65,36			
			10510	65,67			
			10508	65,82			

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 11							
CONDUCTOR	24	PICO VARGAS RICARDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA I.VIDEO	4068,44	ABSCISA F.VIDEO	4075,97	ABSCISA I.VIDEO	4075,97	ABSCISA F.VIDEO	4147,47
ABSCISA INICIAL	8431,53	ABSCISA FINAL	8424	ABSCISA INICIAL	8424	ABSCISA FINAL	8352
D1	7,53		D2 (m)	72			
T1	1,06		T2 (s)	5			
a	-0,665203384		a	0,723248457			
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			
			8424	33,93			
			8420	34,59			
			8415	36,78			
			8410	38,98			
8431,53	35,47		8405	41,04			
8430	35,11		8400	42,68			
8425	33,81		8395	44,45			
8424	33,59		8390	45,94			
			8385	47,49			
			8380	48,68			
			8375	50,01			
			8370	48,77			
			8365	48,12			
			8360	48,45			
			8355	48,87			
			8352	49,01			

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 12							
CONDUCTOR	29	SAAVEDRA RANGEL JUAN FERNANDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA I.VIDEO	553,54	ABSCISA F.VIDEO	569,47	ABSCISA I.VIDEO	569,47	ABSCISA F.VIDEO	650,82
ABSCISA INICIAL	11930,93	ABSCISA FINAL	11915	ABSCISA INICIAL	11915	ABSCISA FINAL	11835
D1	15,93			D2 (m)	80		
T1	2,97			T2 (s)	4,8		
a	1,280810917			a	1,397821073		
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		
				11915	51,84		
				11910	53,53		
				11905	54,81		
11930,93	46,46			11900	56,43		
11930	47,03			11895	57,82		
11925	48,64			11890	59,5		
11920	50,19			11885	60,6		
11915	51,84			11880	61,66		
				11875	62,99		
				11870	64,07		
				11865	65,34		
				11860	65,76		
				11855	65,71		
				11850	65,68		
				11845	65,05		
				11840	64,41		
				11835	64,18		

RIONEGRO - BUCARAMANGA							
ADELANTAMIENTO 13							
CONDUCTOR		29 SAAVEDRA RANGEL JUAN FERNANDO					
D1 (m)				D2 (m)			
ABSCISA I. VIDEO	10032,44	ABSCISA F. VIDEO	10036,97	ABSCISA I. VIDEO	10036,97	ABSCISA F. VIDEO	10169,2
ABSCISA INICIAL	2452,56	ABSCISA FINAL	2448,03	ABSCISA INICIAL	2448,03	ABSCISA FINAL	2316,86
D1	4,53			D2	131,17		
T1	1			T2	9,57		
a	0,854754313			a	0,909546556		
ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)			ABSCISA	VELOCIDAD (Km/h)		
				2448,03			30,71
				2445			32,45
				2440			35,1
				2435			37,55
2452,56		29,03		2430			39,42
2450		29,68		2425			41,86
2448,03		30,71		2420			43,96
				2415			45,77
				2410			47,61
				2405			49,46
				2400			51,4
				2395			52,9
				2390			54,42
				2385			55,76
				2380			56,9
				2375			57,79
				2370			57,99
				2365			58,54
				2360			58,85
				2355			58,87
				2350			58,31
				2345			58,05
				2340			57,44
				2335			56,93
				2330			56,52
				2325			56,34
				2320			55,65
				2315,86			55,16





**ANEXO C. Cuadros comparativos de los adelantamientos respecto a valores proporcionados por la norma.  
Bucaramanga- Rionegro.**

ADELANTAMIENTO # 1 CONDUCTOR 2									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1,6	t1=	3,6	55,55555556	t2=	4	t2=	9,3	56,98924731
v=	53,27	v=	53,27	0	v=	55,96	v=	55,96	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,48	a=	2,25	78,66666667					
d1=	23,45	d2=	42,35	44,62809917	d2=	70	d2=	144,67	51,61401811

ADELANTAMIENTO # 2 CONDUCTOR 6									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	3	t1=	3,6	16,66666667	t2=	4,1	t2=	9,3	55,91397849
v=	42,71	v=	42,71	0	v=	44,9	v=	44,9	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,29	a=	2,25	87,11111111					
d2=	25,48	d2=	31,79	19,84900912	d2=	60,8	d2=	116,1	47,63135228

ADELANTAMIENTO # 3 CONDUCTOR 8									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	4	t1=	3,6	-11,11111111	t2=	5	t2=	9,3	46,23655914
v=	12,14	v=	12,14	0	v=	17,22	v=	17,22	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,38	a=	2,25	83,11111111					
d1=	15,13	d2=	1,19	-1171,42857	d2=	57,87	d2=	44,52	-29,9865229

ADELANTAMIENTO # 4 CONDUCTOR 9									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1,6	t1=	3,6	55,55555556	t2=	4	t2=	9,3	56,98924731
v=	50	v=	50	0	v=	53,2	v=	53,2	0
m=	15	m=	15	0					
a=	1,15	a=	2,25	48,88888889					
d2=	11,12	d2=	39,08	71,54554759	d2=	80,86	d2=	137,54	41,20982987

ADELANTAMIENTO # 5 CONDUCTOR 9									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1,5	t1=	3,6	58,33333333	t2=	5,89	t2=	9,3	36,66666667
v=	46,77	v=	46,77	0	v=	54,78	v=	54,78	0
m=	15	m=	15	0					
a=	1,62	a=	2,25	28					
d2=	19,41	d2=	35,85	45,85774059	d2=	111,15	d2=	141,63	21,52086422

ADELANTAMIENTO # 6 CONDUCTOR 10									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,22222222	t2=	5,11	t2=	9,3	45,05376344
v=	28,7	v=	28,7	0	v=	33,39	v=	33,99	1,765225066
m=	15	m=	15	0					
a=	1,98	a=	2,25	12					
d2=	5,68	d2=	17,76	68,01801802	d2=	70,99	d2=	87,88	19,21939008

ADELANTAMIENTO # 7 CONDUCTOR 11									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1,8	t1=	3,6	50	t2=	3,84	t2=	9,3	58,70967742
v=	21,94	v=	21,94	0	v=	27	v=	27	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,87	a=	2,25	61,33333333					
d1=	10,99	d2=	10,99	0	d2=	40,54	d2=	69,8	41,91977077

ADELANTAMIENTO # 8 CONDUCTOR 12									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,22222222	t2=	7,36	t2=	9,3	20,86021505
v=	34,66	v=	34,66	0	v=	36,68	v=	36,68	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,83	a=	2,25	63,11111111					
d1=	6,7	d2=	23,73	71,76569743	d2=	101,38	d2=	94,83	-6,90709691

ADELANTAMIENTO # 9 CONDUCTOR 12									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	2	t1=	3,6	44,44444444	t2=	4,32	t2=	9,3	53,5483871
v=	23,82	v=	23,82	0	v=	25,65	v=	25,65	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,32	a=	2,25	85,77777778					
d1=	10,96	d2=	12,88	14,9068323	d2=	41,17	d2=	66,31	37,91283366

ADELANTAMIENTO # 10 CONDUCTOR 17									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1,5	t1=	3,6	58,33333333	t2=	3,82	t2=	9,3	58,92473118
v=	35,71	v=	35,71	0	v=	35,5	v=	35,5	0
m=	15	m=	15	0					
a=	-0,04	a=	2,25	101,7777778					
d1=	14,3	d2=	24,78	42,29217111	d2=	40,58	d2=	91,78	55,7855742

ADELANTAMIENTO # 11 CONDUCTOR 19									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	2	t1=	3,6	44,44444444	t2=	5,12	t2=	9,3	44,94623656
v=	56,59	v=	56,59	0	v=	58,5	v=	58,5	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,3	a=	2,25	86,66666667					
d1=	27,92	d2=	45,68	38,87915937	d2=	91,21	d2=	151,24	39,69188045

ADELANTAMIENTO # 12 CONDUCTOR 22									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	8	t1=	3,6	-122,2222222	t2=	3,7	t2=	9,3	60,21505376
v=	3,69	v=	3,69	0	v=	20,16	v=	20,16	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,65	a=	2,25	71,11111111					
d1=	23,31	d2=	-7,26	421,0743802	d2=	27	d2=	52,12	48,19646969

ADELANTAMIENTO # 13 CONDUCTOR 24									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	2	t1=	4	50	t2=	3,41	t2=	9,3	63,33333333
v=	61,64	v=	61,64	0	v=	57,42	v=	57,42	0
m=	15	m=	15	0					
a=	-0,55	a=	2,3	123,9130435					
d1=	35,22	d2=	56,97	38,17798841	d2=	50,59	d2=	148,45	65,92118558

ADELANTAMIENTO # 14 CONDUCTOR 26									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	3	t1=	3,6	16,66666667	t2=	6,04	t2=	9,3	35,05376344
v=	47,51	v=	47,51	0	v=	51,2	v=	51,2	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,35	a=	2,25	84,44444444					
d1=	39,62	d2=	36,59	-8,28095108	d2=	91,24	d2=	132,37	31,07199517

ADELANTAMIENTO # 15 CONDUCTOR 26																			
D1			D2			D3			D4										
D1 VIDEO	D1 NORMA	%ERROR	D2 VIDEO	D2 NORMA	%ERROR	D3 VIDEO	D3 NORMA	%ERROR	D4 VIDEO	D4 NORMA	%ERROR	D4 VIDEO	D4 NORMA	%ERROR					
t1=	1	t1=	3,6	72,22222222	t2=	6,04	t2=	9,3	35,05376344										
v=	40,98	v=	40,98	0	v=	44,86	v=	44,86	0			D2=	101,39	D2=	115,98				
m=	15	m=	15	0															
a=	1,19	a=	2,25	47,11111111															
d1=	10,81	d1=	30,05	64,0266223	d2=	101,39	d2=	115,98	12,57975513	d3=	5,31	d3=	30	82,3	d4=	61,48	d2=	77,32	20,4862907

ADELANTAMIENTO # 16 CONDUCTOR 28									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,22222222	t2=	7,15	t2=	9,3	23,11827957
v=	37,02	v=	37,02	0	v=	41,52	v=	41,52	0
m=	15	m=	15	0					
a=	1,7	a=	2,25	24,44444444					
d1=	8,03	d2=	26,09	69,22192411	d2=	101,44	d2=	107,34	5,496553009

ADELANTAMIENTO # 17 CONDUCTOR 31														
D1			D2			D3			D4					
D1 VIDEO	D1 NORMA	%ERROR	D2 VIDEO	D2 NORMA	%ERROR	D3 VIDEO	D3 NORMA	%ERROR	D4 VIDEO	D4 NORMA	%ERROR			
t1=	1,5	t1=	3,6	58,33333333	t2=	5,08	t2=	9,3	45,37634409					
v=	20,66	v=	20,66	0	v=	29,35	v=	29,35	0	d4=	58,22	d4=	50,58666667	
m=	15	m=	15	0										
a=	1,53	a=	2,25	32										
d1=	10,95	d2=	9,72	-12,654321	d2=	58,22	d2=	75,88	23,27358988	d3=	21,87	d3=	30	27,1
										d4=	58,22	d4=	51	-15,0896152

ADELANTAMIENTO # 18 CONDUCTOR 31									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1,2	t1=	4	70	t2=	5,45	t2=	10	45,5
v=	68,37	v=	68,37	0	v=	74,39	v=	74,39	0
m=	15	m=	15	0					
a=	1,36	a=	2,3	40,86956522					
d1=	24,38	d2=	64,46	62,17809494	d2=	126,15	d2=	206,8	38,99903288

ADELANTAMIENTO # 19 CONDUCTOR 31									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,22222222	t2=	6,94	t2=	9,3	25,37634409
v=	51,66	v=	51,66	0	v=	53,96	v=	53,96	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,88	a=	2,25	60,88888889					
d1=	10,66	d2=	40,74	73,83406971	d2=	126,16	d2=	139,5	9,562724014

ADELANTAMIENTO # 20 CONDUCTOR 32									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		%ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		%ERROR
t1=	2,3	t1=	3,6	36,11111111	t2=	4,07	t2=	9,3	56,23655914
v=	30,13	v=	30,13	0	v=	39,42	v=	39,42	0
m=	15	m=	15	0					
a=	1,09	a=	2,25	51,55555556					
d1=	22,84	d2=	19,19	-19,0203231	d2=	60,82	d2=	101,92	40,32574568



**ANEXO D.** Cuadros comparativos de los adelantamientos respecto a valores proporcionados por la norma.  
Bucaramanga- Rionegro.

ADELANTAMIENTO # 1 CONDUCTOR 2									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	1,56	t1=	3,6	56,6666667	t2=	5,57	t2=	9,3	40,1075269
v=	28,64	v=	28,64	0	v=	33,23	v=	33,23	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,95	a=	2,25	57,7777778					
d1=	11,48	d2=	17,7	35,1412429	d2=	72,01	d2=	85,91	16,179723

ADELANTAMIENTO # 2 CONDUCTOR 2									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	7,98	t1=	3,6	-121,6666667	t2=	7,12	t2=	9,3	23,4408602
v=	12,72	v=	12,72	0	v=	24,67	v=	24,67	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,48	a=	2,25	78,6666667					
d1=	36,05	d2=	1,77	-1936,72316	d2=	82	d2=	63,78	-28,5669489

ADELANTAMIENTO # 3 CONDUCTOR 3									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,2222222	t2=	7,22	t2=	9,3	22,3655914
v=	45	v=	45	0	v=	48,32	v=	48,32	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,94	a=	2,25	58,2222222					
d1=	12,68	d2=	34,07	62,7825066	d2=	121,52	d2=	124,92	2,72174191

ADELANTAMIENTO # 4 CONDUCTOR 3									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	1,3	t1=	3,6	63,8888889	t2=	6,7	t2=	9,3	27,9569892
v=	29	v=	29	0	v=	21,98	v=	21,98	0
m=	15	m=	15	0					
a=	-1,36	a=	2,25	160,4444444					
d1=	10,14	d2=	18,06	43,8538206	d2=	48,61	d2=	56,83	14,4641914

ADELANTAMIENTO # 5 CONDUCTOR 6									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	2,3	t1=	3,6	36,1111111	t2=	9,38	t2=	9,3	-0,86021505
v=	11,65	v=	11,65	0	v=	18,84	v=	18,84	0
m=	15	m=	15	0					
a=	1,07	a=	2,25	52,4444444					
d1=	7,6	d2=	0,7	-985,714286	d2=	90,15	d2=	48,7	-85,1129363

ADELANTAMIENTO # 6 CONDUCTOR 6									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,2222222	t2=	9,93	t2=	9,3	-6,77419355
v=	17,8	v=	17,8	0	v=	18,96	v=	18,96	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,43	a=	2,25	80,8888889					
d1=	3,82	d2=	6,85	44,2335766	d2=	80,13	d2=	49,02	-63,4638923

ADELANTAMIENTO # 7 CONDUCTOR 8																			
D1			D2			D3			D4										
D1 VIDEO	D1 NORMA	% ERROR	D2 VIDEO	D2 NORMA	% ERROR	D3 VIDEO	D3 NORMA	% ERROR	D4 VIDEO	D4 NORMA	% ERROR								
t1=	4,16	t1=	3,6	-15,5555556	t2=	4,1	t2=	9,3	55,9139785										
v=	15,1	v=	15,1	0	v=	27,3	v=	27,3	0	d3=	36,5	d3=	30	D2=	33,4466667	D2=	47,0533333		
m=	15	m=	15	0															
a=	0,95	a=	2,25	57,7777778															
d1=	21,09	d2=	4,15	-408,192771	d2=	50,17	d2=	70,58	28,9175404	d3=	36,5	d3=	30	-17,8082192	d2=	44	d2=	47,0533333	6,93939394

ADELANTAMIENTO # 8 CONDUCTOR 9									
D1					D2				
D1 VIDEO	D1 NORMA	% ERROR	D2 VIDEO	D2 NORMA	% ERROR				
t1=	4,68	t1=	3,6	-30	t2=	11	t2=	9,3	-18,2795699
v=	15,85	v=	15,85	0	v=	17,76	v=	17,76	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,13	a=	2,25	94,2222222					
d1=	19,37	d2=	4,9	-295,306122	d2=	95	d2=	45,92	-106,881533

ADELANTAMIENTO # 9 CONDUCTOR 12									
D1					D2				
D1 VIDEO	D1 NORMA	% ERROR	D2 VIDEO	D2 NORMA	% ERROR				
t1=	1,81	t1=	3,6	49,7222222	t2=	4,6	t2=	9,3	50,5376344
v=	44,16	v=	44,16	0	v=	48,48	v=	48,48	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,65	a=	2,25	71,1111111					
d1=	23,75	d2=	33,23	28,5284382	d2=	70	d2=	125,34	44,1519068

ADELANTAMIENTO # 10 CONDUCTOR 24									
D1				D2					
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,2222222	t2=	7,29	t2=	9,3	21,6129032
v=	53,63	v=	53,63	0	v=	54,62	v=	54,62	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,43	a=	2,25	80,8888889					
d1=	9,66	d2=	42,71	77,3823461	d2=	122	d2=	141,21	13,6038524

ADELANTAMIENTO # 11 CONDUCTOR 24									
D1				D2					
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	1,06	t1=	3,6	70,5555556	t2=	5	t2=	9,3	46,2365591
v=	35,47	v=	35,47	0	v=	33,93	v=	33,93	0
m=	15	m=	15	0					
a=	-0,67	a=	2,25	129,7777778					
d1=	7,53	d2=	24,54	69,3154034	d2=	72	d2=	87,72	17,9206566

ADELANTAMIENTO # 12 CONDUCTOR 29									
D1				D2					
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	2,97	t1=	3,6	17,5	t2=	4,8	t2=	9,3	48,3870968
v=	46,46	v=	53,27	12,7839309	v=	51,84	v=	51,84	0
m=	15	m=	15	0					
a=	1,28	a=	2,25	43,1111111					
d1=	15,93	d2=	35,54	55,1772651	d2=	80	d2=	143,02	44,0637673

ADELANTAMIENTO # 13 CONDUCTOR 29									
D1					D2				
D1 VIDEO		D1 NORMA		% ERROR	D2 VIDEO		D2 NORMA		% ERROR
t1=	1	t1=	3,6	72,2222222	t2=	9,57	t2=	9,3	-2,90322581
v=	29,03	v=	29,03	0	v=	30,71	v=	30,71	0
m=	15	m=	15	0					
a=	0,8	a=	2,25	64,4444444					
d1=	4,53	d2=	18,09	74,9585406	d2=	131,17	d2=	79,4	-65,2015113

ADELANTAMIENTO # 14 CONDUCTOR 30														
D1			D2			D3			D4					
D1 VIDEO	D1 NORMA	% ERROR	D2 VIDEO	D2 NORMA	% ERROR	D3 VIDEO	D3 NORMA	% ERROR	D4 VIDEO	D4 NORMA	% ERROR			
t1=	3,62	t1=	3,6	-0,55555556	t2=	5	t2=	9,3	46,2365591					
v=	47,65	v=	47,65	0	v=	42,77	v=	42,77	0	D2=	D2=			
m=	15	m=	15	0										
a=	-0,39	a=	2,25	117,333333										
d1=	43,29	d2=	36,64	-18,1495633	d2=	71,28	d2=	110,57	35,5340508	d3=	11,24	d3=	30	62,5333333
										d4=	44,2	d4=	73,7133333	40,037985

**ANEXO E.** Agrupación de adelantamientos según su velocidad y comparación de d1 y d2 respecto al manual de diseño geométrico de carreteras de Colombia.

<b>D1 (&lt;20)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D1 VIDEO</b>	<b>D1 NORMA</b>	<b>% ERROR D1</b>
<b>IDA</b>						
3	12,14	4	0,38	15,13	1,19	-1171,42857
12	3,69	8	0,65	23,32	-7,26	421,212121
<b>REGRESO</b>						
2	12,72	7,98	0,48	36,05	1,77	-1936,72316
5	11,65	2,3	1,07	7,6	0,7	-985,714286
6	17,8	1	0,43	3,82	6,85	44,2335766
7	15,1	4,16	0,94	21,09	4,15	-408,192771
8	15,85	4,68	0,12	19,37	4,9	-295,306122

<b>D2 (&lt;20)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D2 VIDEO</b>	<b>D2 NORMA</b>	<b>% ERROR D2</b>
<b>IDA</b>						
3	17,22	5	1,18	57,87	44,52	-29,9865229
<b>REGRESO</b>						
5	18,84	9,38	0,72	90,15	48,7	-85,1129363
6	18,96	9,93	0,38	80,13	40,02	-100,224888
8	17,76	11	0,92	95	45,92	-106,881533

<b>D1 [20-35)km/h</b>							
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D1 VIDEO</b>	<b>D1 NORMA</b>	<b>% ERROR</b>	
<b>IDA</b>							
6	28,7	1	1,98	5,68	17,76	68,018018	
7	21,94	1,8	0,87	10,99	10,99	0	
9	23,83	2	0,32	10,96	12,88	14,9068323	
17	20,66	1,5	1,53	10,95	9,72	-12,654321	
8	34,66	1	0,83	6,7	23,73	71,7656974	
20	30,13	2,3	1,09	22,84	19,19	-19,0203231	
<b>REGRESO</b>							
1	28,64	1,6	0,95	11,48	17,7	35,1412429	
4	29	1,3	-1,36	10,14	18,06	43,8538206	
13	29,03	1	0,85	4,53	18,09	74,9585406	

<b>D2 [20-35)km/h</b>							
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D2 VIDEO</b>	<b>D2 NORMA</b>	<b>% ERROR D2</b>	
<b>IDA</b>							
6	33,39	5,11	1,27	70,99	87,88	19,2193901	
7	27	3,84	1,54	40,54	69,8	41,9197708	
9	25,65	4,32	1,71	41,17	66,31	37,9128337	
12	20,16	3,7	1,66	27	52,12	48,1964697	
17	29,35	5,08	1,1	58,22	75,88	23,2735899	
<b>REGRESO</b>							
1	33,23	5,57	1,06	72,01	85,91	16,179723	
2	24,67	7,12	1,06	82	63,78	-28,5669489	
4	21,98	6,7	0,75	48,61	56,83	14,4641914	
7	27,3	4,1	0,94	50,17	70,58	28,9175404	
11	33,93	5	0,72	72	87,72	17,9206566	
13	30,71	9,57	0,91	131,17	79,4	-65,2015113	

<b>D1 [35-50)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D1 VIDEO</b>	<b>D1 NORMA</b>	<b>% ERROR</b>
<b>IDA</b>						
2	42,72	3	0,29	28,48	31,79	24,76
5	46,77	1,5	1,62	19,41	35,85	84,69
10	35,71	1,5	0	14,3	24,78	73,28
14	47,51	3	0,35	39,62	36,59	-7,64
15	40,98	1	1,19	10,81	30,05	177,98
16	37,02	1	1,7	8,03	26,09	224,9
<b>REGRESO</b>						
3	45	1	0,94	12,68	34,07	168,69
9	44,16	1,8	0,65	23,75	33,23	29,91
11	35,47	1,1	-0,67	7,53	24,54	225,89
12	46,46	3	1,28	15,93	35,54	123,1
14	47,65	3,6	-0,39	43,29	36,54	-15,36

<b>D2 [35-50)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D2 VIDEO</b>	<b>D2 NORMA</b>	<b>% ERROR D2</b>
<b>IDA</b>						
2	44,9	4,09	0,87	60,8	116,1	47,6313523
8	36,68	7,36	0,82	101,38	94,83	-6,90709691
10	35,5	3,82	0,44	40,58	91,78	55,7855742
15	44,86	6,04	1,15	101,39	115,98	12,5797551
16	41,52	7,15	0,79	101,44	107,34	5,49655301
20	39,42	4,07	1,77	60,82	101,92	40,3257457
<b>REGRESO</b>						
3	48,32	7,22	1	121,52	124,92	2,79
9	48,48	4,6	0,83	70	125,35	79,05
14	42,77	5	1,19	71,28	110,57	55,12



<b>D1 [50-65)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D1 VIDEO</b>	<b>D1 NORMA</b>	<b>% ERROR</b>
<b>IDA</b>						
1	53,27	1,6	0,48	23,45	42,35	80,59
4	50	1,6	1,15	11,12	39,08	251,43
11	56,59	2	0,3	27,92	45,68	63,61
13	61,64	2	-0,55	35,22	56,97	61,74
19	51,66	1	0,88	10,66	40,74	280,17
<b>REGRESO</b>						

<b>D2 [50-65)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D2 VIDEO</b>	<b>D2 NORMA</b>	<b>% ERROR D2</b>
<b>IDA</b>						
1	55,96	4	0,82	70	144,67	51,6140181
4	53,2	4	0,58	80,86	137,54	41,2098299
5	54,78	5,89	0,79	111,15	141,63	21,5208642
11	58,5	5,12	0,59	91,21	151,24	39,6918805
13	57,42	3,41	-0,27	50,59	148,45	65,9211856
14	51,2	6,04	0,74	91,24	132,37	31,0719952
19	53,96	6,94	0,77	126,16	139,5	9,56272401
<b>REGRESO</b>						
10	54,62	7,29	0,43	122	141,21	13,6038524
12	51,84	4,8	1,4	80	143,02	44,0637673

<b>D1 [65-80)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D1 VIDEO</b>	<b>D1 NORMA</b>	<b>% ERROR</b>
18	68,37	1,2	1,36	24,38	64,46	164,39

<b>D2 [65-80)km/h</b>						
<b>ADELANTAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>D2 VIDEO</b>	<b>D2 NORMA</b>	<b>% ERROR D2</b>
18	74,29	5,45	1,23	125,15	206,8	39,4825919