Análisis del Diseño Geométrico y la Congestión Vehicular Originada en los Retornos Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española.

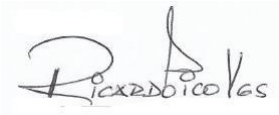
Natalia Ramírez Ibarra (000280637)

Nicolás Mateo Melón Santamaría (000296219)

Ing. Director:

Ricardo Pico Vargas

Visto Bueno Director



Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2021

Tabla De Contenido

Pág.

Introducción 13

1. Justificación 15

2. Alcance 16

3. Objetivos 19

3.1 Objetivo General 19

3.2 Objetivos Específicos 19

4. Antecedentes 20

5. Marco Teórico 24

5.1 Tipos De Vehículos 24

5.1.1 Nomenclatura 25

5.1.2 Dimensiones Y Trayectorias De Giro 25

5.2 Distancia De Visibilidad De Parada (DP) 32

5.2.1 Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (DA) 33

5.3 Tipo de Empalme en Curvas 37

5.3.1 Empalme Circular Simple 37

5.4 Fricción Transversal Máxima (fTmáx) 39

5.5 Radio De Curvatura Mínimo (Rcmin) 39

5.5.1 Rampa de Peralte 40

5.6 Longitud de la Curva Espiral 42

5.6.1 Longitud Mínima 42

5.6.2 Longitud Máxima 44

5.7 Sobreancho en las Curvas 44

5.7.1 Determinación del Sobreancho 44

5.7.1.1 Vehículos rígidos 45

5.7.1.2 Vehículos articulados 46

5.7.2 TRANSICIÓN DEL SOBREANCHO 50

5.8 Diseño de Carriles de Cambio de Velocidad 51

5.8.1 Carril de Aceleración 51

5.8.2 Carril de Desaceleración 52

5.9 RAMPA DE PERALTE 54

5.10 Sobreancho para Radios de Empleo en Retornos 56

5.11 Capacidad Vial 56

5.12 Concepto de Nivel de Servicio 57

5.12.1 Nivel de servicio A 57

5.12.2 Nivel de servicio B 58

5.12.3 Nivel de servicio C 58

5.12.4 Nivel de servicio D 58

5.12.5 Nivel de servicio E 58

5.12.6 Nivel de servicio F 59

6. Resultados y Discusión 62

6.1 Retorno Aranzoque 62

6.1.1 Sentido Norte – Sur 64

6.1.1.1 Análisis de Rampa de Peralte 64

6.1.1.2 Análisis de Radio 64

6.1.1.3 Análisis Ancho 64

6.1.1.4 Cálculos Y Análisis De Capacidad Y Nivel De Servicio 65

6.1.2 Sentido Sur – Norte 67

6.1.2.1 Análisis de Radio 67

6.1.2.2 Análisis de Rampa de Peralte 68

6.1.2.3 Análisis Ancho 68

6.1.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio 68

6.1.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno Aranzoque 70

6.1.4 Registro Fotográfico del Retorno de Aranzoque 75

6.2 Retorno UPB 76

6.2.1 Sentido Norte – Sur 78

6.2.1.1 Análisis de Rampa de Peralte 78

6.2.1.2 Análisis De Radio 78

6.2.1.3 Análisis Ancho 78

6.2.1.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio 79

6.2.2 Sentido Sur – Norte 81

6.2.2.1 Análisis De Radio 81

6.2.2.2 Análisis De Rampa De Peralte 81

6.2.2.3 Análisis Ancho 81

6.2.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio 82

6.2.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno UPB 83

6.2.4 Registro Fotográfico Del Retorno UPB 86

6.3 Retorno Menzuly 86

6.3.1 Sentido Norte – Sur 88

6.3.1.1 Análisis de Rampa de Peralte 88

6.3.1.2 Análisis de Radio 89

6.3.1.3 Análisis Ancho 89

6.3.1.4 Cálculo Y Análisis De Capacidad Y Nivel De Servicio 89

6.3.2 Sentido Sur – Norte 91

6.3.2.1 Análisis de Radio 91

6.3.2.2 Análisis de Rampa de Peralte 92

6.3.2.3 Análisis Ancho 92

6.3.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio 92

6.3.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno Menzuly 93

6.3.4 Registro Fotográfico del Retorno de Menzuly 98

6.4 Retorno La Española 100

6.4.1 Sentido Norte – Sur 102

6.4.1.1 Análisis de Rampa de Peralte 102

6.4.1.2 Análisis de Radio 102

6.4.1.3 Análisis Ancho 102

6.4.1.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio 103

6.4.2 Sentido Sur – Norte 105

6.4.2.1 Análisis De Radio 105

6.4.2.2 Análisis de Rampa de Peralte 105

6.4.2.3 Análisis Ancho 105

6.4.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad Nivel de Servicio 106

6.4.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno La Española 107

6.4.4 Registro Fotográfico del Retorno La Española 111

7. Conclusiones Y Recomendaciones 112

Bibliografía 115

Lista De Tablas

Pág.

Tabla 1 *Nomenclatura empleada para la descripción de los vehículos de diseño* 25

Tabla 2 *Dimensiones principales de los vehículos de diseño* 25

Tabla 3 *Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel* 32

Tabla 4 *Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente* 33

Tabla 5 *Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo* 36

Tabla 6 *Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.* 37

Tabla 7 *Coeficiente de fricción transversal máxima* 39

Tabla 8 *Radios mínimos para peralte máximo emáx = 8 % y fricción máxima* 40

Tabla 9 *Radios mínimos para peralte máximo emáx = 6 % y fricción máxima* 40

Tabla 10 *Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes* 41

Tabla 11 *Variación de la Aceleración centrífuga (J)* 42

Tabla 12 *Dimensiones para el cálculo del sobreancho en los vehículos de tipo rígido* 45

Tabla 13 *Dimensiones para el cálculo del sobreancho requerido por el vehículo articulado* 47

Tabla 14 *Valor de C en función del ancho de la calzada* 49

Tabla 15 *Longitud mínima del carril de aceleración* 52

Tabla 16 *Longitud mínima de un carril de desaceleración* 53

Tabla 17 *Longitud mínima de transición* 55

Tabla 18 *Longitud mínima de transición* 55

Tabla 19 *Anchos calculados para distintos radios.* 56

Tabla 20 *Niveles de servicio en condiciones ideales en carreteras de dos carriles. Hihgway Capacity Manual, Washington D.C* 57

Tabla 21 *Elementos retorno Aranzoque sentido Norte -Sur* 64

Tabla 22 *Aforo Vía principal y Retorno Aranzoque.* 65

Tabla 23 *Elementos retorno Aranzoque sentido Sur -Norte* 67

Tabla 24 *Lista de chequeo retorno de Aranzoque.* 71

Tabla 25 *Elementos retorno UPB sentido Norte -Sur* 78

Tabla 26 *Aforo Vía principal y Retorno UPB.* 79

Tabla 27 *Elementos retorno UPB sentido Sur -Norte* 81

Tabla 28 *Lista de chequeo retorno UPB.* 83

Tabla 29 *Elementos retorno Menzuly sentido Norte -Sur* 88

Tabla 30 *Aforo Vía principal y aforo Menzuly.* 89

Tabla 31 *Elementos retorno Menzuly sentido Sur -Norte* 91

Tabla 32 *Lista de chequeo retorno Menzuly.* 94

Tabla 33 *Elementos retorno La Española sentido Norte -Sur* 102

Tabla 34 *Aforo Vía principal y retorno Española.* 103

Tabla 35 *Elementos retorno La Española sentido Sur -Norte* 105

Tabla 36 *Lista de chequeo retorno La Española* 107

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1 *Retorno Aranzoque, Floridablanca – Piedecuesta* 16

Figura 2 *Retorno UPB, Floridablanca – Piedecuesta* 17

Figura 3 *Retorno Menzuli, Floridablanca – Piedecuesta* 17

Figura 4 *Retorno La Española, Floridablanca – Piedecuesta* 18

Figura 5 *Dimensiones y trayectorias de giro para Vehículo livian.* 26

Figura 6 *Dimensiones y trayectorias de giro para Bus mediano.* 27

Figura 7 *Dimensiones y trayectorias de giro para Bus grande.* 28

Figura 8 *Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 2.* 29

Figura 9 *Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 3.* 30

Figura 10 *Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 3S2.* 31

Figura 11 *Distancia de visibilidad de adelantamiento* 34

Figura 12 *Elementos del empalme circular simple* 38

Figura 13 *Desarrollo del peralte* 41

Figura 14 *Sobreancho en las curvas* 45

Figura 15 *Dimensiones vehículo articulado* 46

Figura 16 *Sobreancho requerido para una curva al ser recorrida por un vehículo* 48

Figura 17 *Transición del sobreancho en las curvas* 50

Figura 18 *Esquema de un carril de aceleración* 51

Figura 19 *Esquemas de carriles de desaceleración* 53

Figura 20 *Cálculo de longitud de transición* 54

Figura 21 *Retorno Aranzoque* 62

Figura 22 *Diagrama de peraltes del retorno Aranzoque zona oriental* 63

Figura 23 *Diagrama de peraltes del retorno Aranzoque zona occidental* 63

Figura 24 *Registro Fotográfico del Retorno de Aranzoque* 75

Figura 25 *Retorno UPB* 76

Figura 26 *Diagrama de peraltes del retorno UPB zona oriental* 77

Figura 27 *Diagrama de peraltes del retorno UPB zona occidental* 77

Figura 28 *Registro Fotográfico Del Retorno UPB* 86

Figura 29 *Retorno Menzuly* 87

Figura 30 *Diagrama de peraltes del retorno Menzuly zona oriental* 87

Figura 31 *Diagrama de peraltes del retorno Menzuly zona occidental* 88

Figura 32 *Registro Fotográfico del Retorno de Menzuly* 99

Figura 33 *Retorno La Española* 100

Figura 34 *Diagrama de peraltes del retorno La Española zona oriental* 101

Figura 35 *Diagrama de peraltes del retorno La Española zona occidental* 101

Figura 36 *Registro Fotográfico del Retorno La Española* 111

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO Y LA CONGESTIÓN VEHICULAR ORIGINADA EN LOS RETORNOS ARANZOQUE, UPB, MENZULY Y LA ESPAÑOLITA.

AUTOR(ES): NATALIA RAMÍREZ IBARRA
NICOLÁS MATEO MELÓN SANTAMARÍA

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): RICARDO PICO VARGAS

RESUMEN

Los retornos de Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española, ubicados en la vía Floridablanca – Piedecuesta se ha demostrado que se presentan múltiples deficiencias en su funcionamiento, y va aumentado a lo largo del tiempo, esto debido al aumento del tráfico vehicular, generando congestión o estancamiento en los retornos que deberían estar brindando únicamente un servicio que proporcione fluidez vehicular. Debido a este problema creciente se presenta la necesidad de realizar un estudio de los parámetros del diseño geométrico de los retornos, se analizará el tipo de retorno, la velocidad de diseño, anchos, carriles de aceleración y desaceleración, radios, tipos de curva, desarrollo altimétrico y de sección transversal. Usando el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008, Guía de Diseño de Vías Urbanas de Bogotá, entre otros escritos, como base para determinar si los parámetros geométricos cumplen e identificar la razón por la que los retornos mencionados anteriormente presentan problemas.

PALABRAS CLAVE: Vías urbanas, Peralte, Parámetros geométricos, Retornos, Inspección vial.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALYSIS OF THE GEOMETRIC DESIGN AND VEHICULAR CONGESTION ORIGINATED IN THE ARANZOQUE, UPB, MENZULY AND LA ESPAÑOLITA RETURNS.

AUTHOR(S): NATALIA RAMÍREZ IBARRA
NICOLÁS MATEO MELÓN SANTAMARÍA

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: RICARDO PICO VARGAS

ABSTRACT

The returns of Aranzoque, UPB, Menzuly and La Española, located on the Floridablanca - Piedecuesta road, have been shown to present multiple deficiencies in their operation, and this is increasing over time, this due to the increase in vehicular traffic, generating congestion or stagnation in returns that should only be providing a service that provides fluid traffic. Due to this growing problem, there is the need to carry out a study of the parameters of the geometric design of the returns, the type of return, the design speed, widths, acceleration and deceleration lanes, radii, types of curve, development will be analyzed. altimetric and cross section. Using the Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008, , Guía de Diseño de Vías Urbanas de Bogotá, among other articles, as a basis to determine if the geometric parameters comply and identify the reason why the returns mentioned above present problems.

KEYWORDS:

Urban Roads, Superelevation, Geometric parameters, Road returns, Road inspection

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

Los retornos de Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española localizados en la vía Floridablanca – Piedecuesta, con el paso del tiempo, han ido presentando un índice de congestión que preocupa a los usuarios que hacen uso ya sea frecuente u ocasional de estos. Lo que conlleva al análisis de las posibles causas que estén generando los problemas de congestión vehicular y accidentalidad.

Un factor fundamental es el diseño geométrico que tiene cada retorno, esto influye directamente en cómo se desarrolla el funcionamiento de los mismos. Por estas razones, en esta investigación se da enfoque precisamente a analizar de una manera muy detallada cada retorno, dándole explicación y claridad a los posibles puntos que desencadenan los problemas que se quieren tratar como lo son la congestión y accidentalidad que se presente a causa de ello.

Una vez teniendo todos los resultados que se requieren, en la medida de lo posible, se continua con la búsqueda de aportes y sugerencias de soluciones que se le puedan administrar a los retornos y a cada uno bridarles un óptimo funcionamiento para los usuarios de la vía.

Básicamente se hará el estudio del diseño geométrico de cada retorno de la manera más detallada posible para conocerlos a profundidad, y verificar si están cumpliendo con el reglamento o encontrar algún tipo de violación a la normatividad requerida. Esto con el fin, mencionado anteriormente, de esclarecer todas las causas que estén generando los obstáculos que impiden que cada retorno marche de forma eficiente brindándoles a los usuarios un porcentaje más alto de seguridad vial para su bienestar.

Y será necesario la elaboración de una inspección de seguridad vial y chequeo del cumplimiento de los parámetros de diseño geométrico de los retornos, que permitirá diagnosticar el estado y modo de operación de cada uno de ellos, para luego enviar las sugerencias que sean necesarias y

estudiar si las soluciones allí plasmadas, son viales y útiles para el mejoramiento o mitigación de los problemas encontrados.

Al realizar ambas actividades, se tendrá un plano completo de la situación que presenta cada retorno. De esta forma, se podrá identificar todas las deficiencias y empezar el planteamiento de las medidas correctivas que se deberían tomar mientras éstas sean factibles, por el contrario, en caso de que alguna falla no tenga posible solución o mejoría, también se deberá explicar para poder entender el panorama completamente.

1. Justificación

Los retornos de Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española, ubicados en la vía Floridablanca – Piedecuesta han demostrado que presentan múltiples deficiencias en su funcionamiento, y aún más con el paso del tiempo, esto debido a que el aumento en el tráfico vehicular se incrementa cada vez más, generando congestión o estancamiento en los retornos que deberían estar brindando únicamente un servicio que proporcione fluidez vehicular.

A raíz de la problemática encontrada, se han generado preguntas de cómo se le podría dar solución o mejoría, según corresponda, a las deficiencias que como consecuencia traen accidentalidad y congestión vehicular. Es por esto, que la Universidad Pontificia Bolivariana, a cargo de la Faculta de Ingeniería Civil, plantea el estudio de los parámetros de diseño geométrico, la ejecución de una inspección vial para cada retorno y tener la ayuda y apoyo de recursos en sitios web que aporten toda la información que genere la mayor certeza ante los obstáculos hallados.

Una vez terminado todo el estudio, lo siguiente será analizar los resultados obtenidos y organizar la forma y el orden en cómo será presentado dicho estudio. Todo esto se realiza con la intención de aplicar las medidas de mitigación que se vean necesarias y cubran en mayor parte la seguridad y buen servicio de los retornos, garantizándole a los usuarios que puedan transitar más tranquilos y se reduzca de manera significativa la ocurrencia de accidentes y la fluidez vehicular.

Con esta investigación se proporcionará, para futuras generaciones, una amplia información y metodología de mejorías a proyectos viales como los que aquí empleamos, ya que anteriormente nunca se había realizado una indagación de este tipo a los retornos de Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española localizados en la vía Floridablanca – Piedecuesta, y tampoco a otro retorno de Bucaramanga y su Área Metropolitana. Entonces es así, como quedará la constancia de un modelo de estudio de diseño geométrico, esclareciendo a su paso la congestión vehicular y razones de la accidentalidad que puedan ocurrir en cualquier momento.

2. Alcance

Este proyecto de grado se enfoca principalmente en el análisis detallado del diseño geométrico de 4 retornos y verificar el correcto cumplimiento del reglamento y las normativas presentes en el manual de diseño geométrico de carreteras de tal manera que sea posible esclarecer las causas de los obstáculos que impiden el correcto y óptimo funcionamiento de estos.

Para que se satisfagan los objetivos planteados, el estudio finaliza en la verificación los parámetros de diseño geométrico, capacidad vial y niveles de servicio en los retornos e identificar y proponer posibles soluciones a las falencias encontradas en el diseño y/o en la inspección vial que puedan ocasionar problemas de accidentalidad o congestión vehicular.

Este proyecto se realizará en la vía Floridablanca – Piedecuesta, específicamente en los siguientes retornos:

- Retorno Aranzoque, ubicado en las coordenadas 7°03'15.7"N 73°04'55.9"W

Figura 1

Retorno Aranzoque, Floridablanca – Piedecuesta

Fuente: Google Earth

- Retorno UPB, ubicado en las coordenadas 7°02'23.3"N 73°04'30.1"W

Figura 2

Retorno UPB, Floridablanca – Piedecuesta

Fuente: Google Earth

- Retorno Menzuli, ubicado en las coordenadas 7°01'43.7"N 73°04'05.7"W

Figura 3

Retorno Menzuli, Floridablanca – Piedecuesta

Fuente: Google Earth

- Retorno La Españolita ubicado en las coordenadas 7°01'43.7"N 73°04'05.7"W

Figura 4

Retorno La Españolita, Floridablanca – Piedecuesta

Fuente: Google Earth

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Comprobar el cumplimiento de los criterios y parámetros básicos de diseño geométrico de los retornos Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española en la vía Floridablanca – Piedecuesta con el fin de determinar las posibles causas que generan congestión y accidentalidad vehicular.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la capacidad y el nivel de servicio de los retornos Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española mediante estudios de transito realizados en campo.
- Verificar que los parámetros de diseño de los retornos cumplan apropiadamente con lo establecido en el manual de diseño geométrico de carreteras.
- Asociar la problemática de accidentalidad y congestión vehicular actual con los posibles errores encontrados en el diseño geométrico e inspección vial.

4. Antecedentes

- **Análisis de la congestión vehicular generada en los intercambiadores a desnivel "Papi Quiero Piña", "Provenza" y "Palenque" (2015).**

Autores: Jessica Alejandra Patiño Ascencio, Diana Marcela Burbano Cárdenas.

Resumen: En el documento se muestran las normas básicas acerca de los puntos más importantes para el estudio de los factores que intervienen en la congestión de carreteras multicarril como lo son los intercambiadores a desnivel. Evaluando parámetros como la geometría de la vía, componentes externos que obligan a las personas a movilizarse hacia diferentes zonas del área metropolitana de Bucaramanga a los que éstos facilitan el acceso, estudios de tránsito y de velocidades en las circunstancias actuales de la vía. Por último, se manifiesta el nivel de servicio en el que se ubican los ramales de enlace con mayor volumen en el transcurso de las horas pico. Estudiando los errores que se encontraron, se podrá recomendar aspectos que alivien a futuro en los tres intercambiadores "Papi quiero piña", "Provenza" y finalmente "Palenque.

- **Estudio de accidentalidad en la via Floridablanca – Piedecuesta en el sector Cañaveral – retorno Platacero empleando la metodología de una auditoría de seguridad vial (2010).**

  Autores: Jorge Eduardo Carvajal Guerrero, Jessica Vanessa Gordillo Ruiz.

Resumen: Uno de los efectos negativos que produce el transporte por carretera son los accidentes de tránsito, los cuales hoy en día provocan serios problemas en la sociedad. Todos los días se presentan accidentes de tránsito que generan perdidas tanto de vidas humanas como

económicas, por lo cual se ha declarado este fenómeno como un problema de salud pública. Las principales causas de los accidentes están relacionadas con el conductor, el vehículo o la vía y, por esto mismo, este trabajo tiene como objetivo principal identificar las causas de los accidentes viales ocasionadas por deficiencias en la infraestructura de un tramo de carretera específico del área metropolitana de Bucaramanga señalar soluciones y recomendaciones para la mitigación de este problema. Este proyecto se realiza aplicando la metodología de una auditoría de seguridad vial y la guía del Ingeniero Miller Salas Rondón; también se realiza una lista de chequeo basado en la observación del sector analizado mediante un registro fotográfico. Adicional a esto, se realizan estudios de tráfico como análisis de velocidades y cuantificación de los volúmenes de tráfico en horas específicas.

- **Inspección de seguridad vial en la vía que comunica los municipios de Piedecuesta - Floridablanca sector retorno La Rioja km 81 + 000 - retorno Platacero km 84 + 650 empleando la metodología de la auditoría de seguridad vial (2013)**

Autores: Claudia Marcela Santos Delgado, Yiseth Nathalia Rosas Ramirez

Resumen: Actualmente, la seguridad vial está siendo causa de intranquilidad y zozobra para las personas, ya que se presenta un aumento en la red vial, el crecimiento de la industria automotriz y el progreso tecnológico. Factores que sin duda alguna están directamente involucrados con la potenciación en los accidentes de tránsito. En diversos países se ha implementado las Auditorias de Seguridad Vial como método que ha ayudado a la disminución de los accidentes y su impacto. En este trabajo se tuvo como propósito la inspección de Seguridad Vial en la vía que comunica los Municipios de Piedecuesta – Floridablanca sector retorno la Rioja – Retorno Platacero utilizando las metodologías de la Auditoria de Seguridad Vial, basados en los datos históricos de

accidentalidad ocurridos en los últimos 3 años en el sector. Por medio de la recolección de los datos, fue posible distinguir las zonas en las que acontecieron mayor número de siniestros viales, en otras palabras, los tramos más críticos o puntos negros. Se analizaron las condiciones en las que se encuentra la infraestructura vial, cómo opera, los causantes de los siniestros y también se efectuaron visitas de campo en los puntos negros encontrados, tanto de día como de noche, y la hora más frecuente; todos estos parámetros se rigieron mediante la metodología de los puntos negros. Con los resultados obtenidos se implementaron alternativas que brinden soluciones y permitan la mejoría de la seguridad vial en el sector desencadenando a su vez el control y reducción de los accidentes. Por último, se llevó a cabo en un SIG (Sistema de Información Geográfica) con ayuda del programa ARGIS (ArcMap), el comienzo de una base de datos en donde se puede encontrar las localizaciones exactas de los puntos negros hallados.

- **Inspección de la seguridad vial y propuestas de mejora para el tramo entre el sector "Papi Quiero Piña" y retorno "La Española" de la vía Floridablanca-Piedecuesta, aplicando metodología de auditoria de la seguridad vial (2016).**

  Autores: Luis David Rueda Ramirez, Luis Carlos Sequera Carreño.

  Resumen: Los accidentes de tránsito han tenido un alto incremento con el paso del tiempo, tanto así, que han sido responsables de numerosas muertes alrededor del mundo. Es por esto, que se ha tratado de buscar medidas que ayuden a mitigarlos o a reducir el impacto en las personas, teniendo como objetivo proteger las vidas de los usuarios de las vías. Si empleamos la metodología de la Auditoria de Seguridad Vial, se podrán valorar las características de la infraestructura y las posibles causas de accidentalidad en el tramo que va desde el retorno “Papi Quiero Piña” hasta retorno “La Española” con una longitud de 6.85 km, entre los municipios de Floridablanca y

Piedecuesta, una de las zonas en las que se presenta mayor accidentalidad en el área metropolitana de Bucaramanga. El análisis se fundamentó con los datos de accidentalidad obtenidos en los últimos dos años; reconociendo los puntos y los tramos más críticos. El registro vial permite ubicar, clasificar y valorar por medio de listas de chequeo, los elementos que infringen las normas de seguridad implantadas, adjuntándose, los registros fotográficos de los lugares más destacados. Al indagar los parámetros geométricos como lo son el peralte y la velocidad se puede determinar las partes más críticas. A través de una inspección en campo se detallan las fallas en la capa de rodadura, las cuales tienen alto dominio en los problemas encontrados. Se ejecutó las medidas de la velocidad en los puntos negros, que permitieron entender si habría diferencia significativa con la velocidad establecida en la norma, y de ser así, establecer el vínculo que generaría en los accidentes. Por último, se brindan las oportunas sugerencias y se dan las propuestas que mejoren la inseguridad descubierta en la vía.

5. Marco Teórico

En el análisis y garantía en el tránsito y transporte de los vehículos en los retornos o vías se tienen en cuenta distintas variables medibles, donde, cada una tiene un valor significativo dentro de todas las ecuaciones planteadas en las reglamentaciones. Se tiene en cuenta tanto el peso, tamaño, dimensión, longitud, distancia, radios giros, entre otros, para el análisis y rendimiento efectivo del tránsito.

El reglamento que rige todas las especificaciones de los diseños, tránsito y transporte de las vías en Colombia es el INVIAS, de donde, se basa de los conceptos para realizar el análisis del diseños geométrico y de congestión vehicular en los retornos Aranzoque, UPB, Menzuly y La Española.

5.1 Tipos De Vehículos

Para el diseño geométrico se tiene en cuenta la siguiente clasificación de vehículos:

1) Vehículos livianos con menos de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad tales como automóviles, camionetas y camperos.

2) Vehículos pesados con más de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad como buses y vehículos de transporte de carga.

Los vehículos livianos inciden en las velocidades máximas, en las distancias de visibilidad de parada y distancias de visibilidad de adelantamiento, mientras que los vehículos pesados lo hacen en la pendiente longitudinal y en la longitud crítica de pendiente.

5.1.1 Nomenclatura

Los vehículos se determinan dependiendo a su tamaño, cantidad y clasificación de ejes. Estos se manejan por categorías las cuales mediante un aforo se establecen para determinar el diseño geométrico de la vía o retorno.

Tabla 1

Nomenclatura empleada para la descripción de los vehículos de diseño

Categoría	Descripción
Vehículo liviano	-
Bus mediano	-
Bus grande	-
2	Camión de dos (2) ejes - Camión sencillo
3	Camión de tres (3) ejes - Dobletroque
3S2	Tractocamión de tres (3) ejes con Semirremolque de dos (2) ejes

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.1.2 Dimensiones Y Trayectorias De Giro

Las trayectorias exteriores e inferiores se define en un espacio de giro de 180°, espacio que es requerido para controlar la accidentalidad y asegurar el diseño adecuado de las calzadas en el enlace de las intersecciones y retornos. Las principales dimensiones se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2

Dimensiones principales de los vehículos de diseño

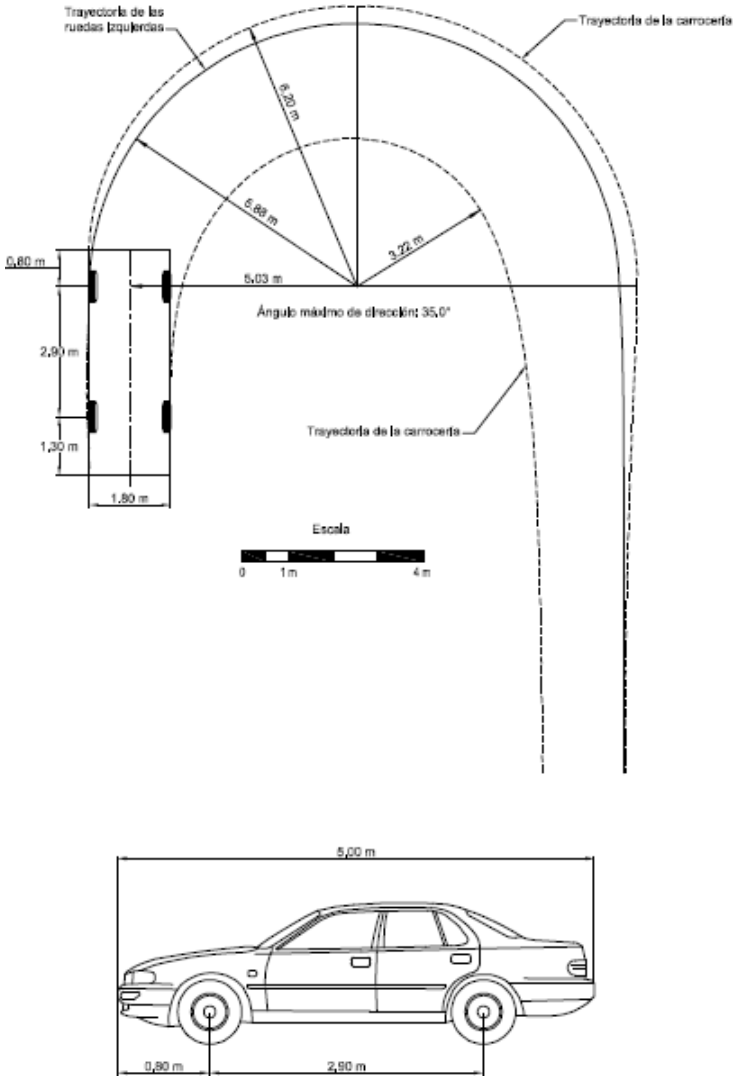
Categoría	Longitud (m)	Ancho (m)	Longitud del tractocamión (m)	Longitud del semirremolque (m)
Vehículo liviano	5	1.8	-	-
Bus mediano	10.91	2.44	-	-
Bus grande	13	2.6	-	-
2	11	2.5	-	-
3	11.4	2.5	-	-
3S2	20.89	2.59	4.57	14.63

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

En las siguientes ilustraciones muestra en boceto las dimensiones y trayectorias de giro especificadas en el INVIAS tanto para vehículo liviano como para vehículo pesado, todo esto teniendo en cuenta las dimensiones y nomenclatura del vehículo.

Figura 5

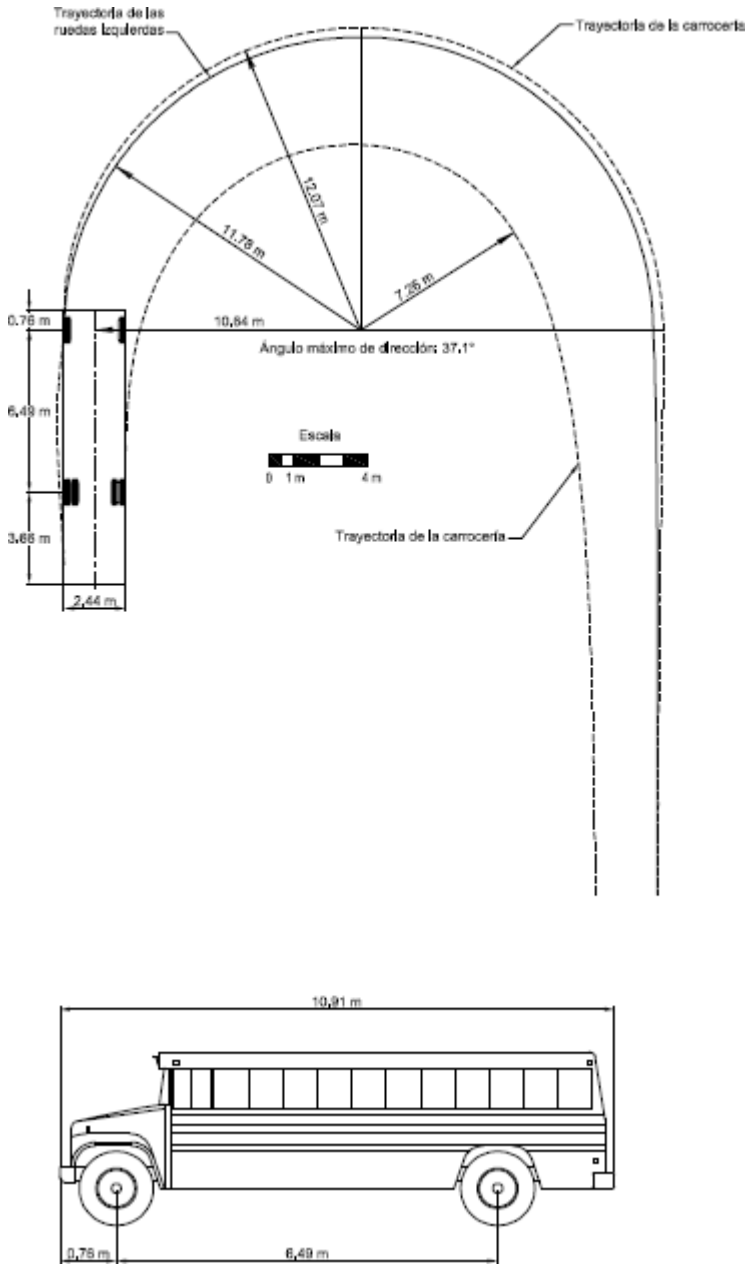
Dimensiones y trayectorias de giro para Vehículo liviano.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Figura 6

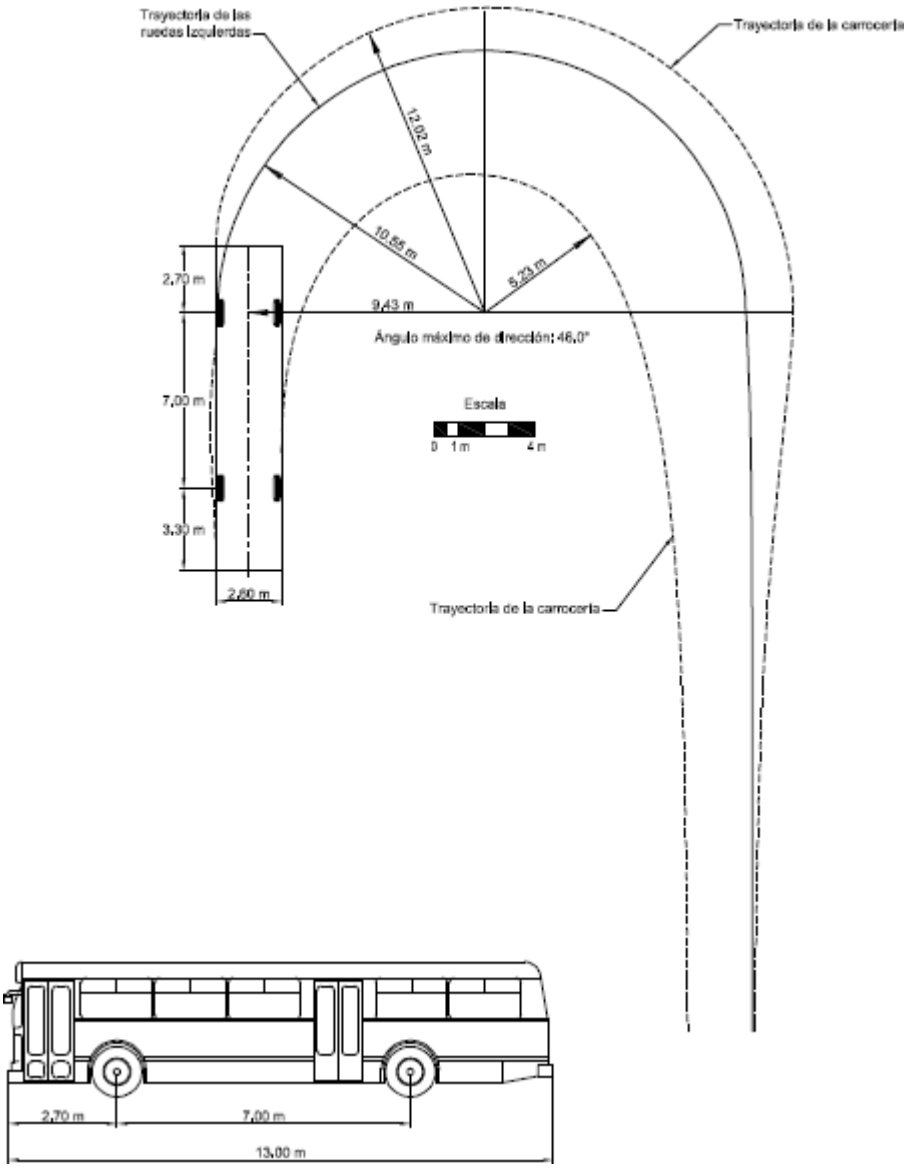
Dimensiones y trayectorias de giro para Bus mediano.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Figura 7

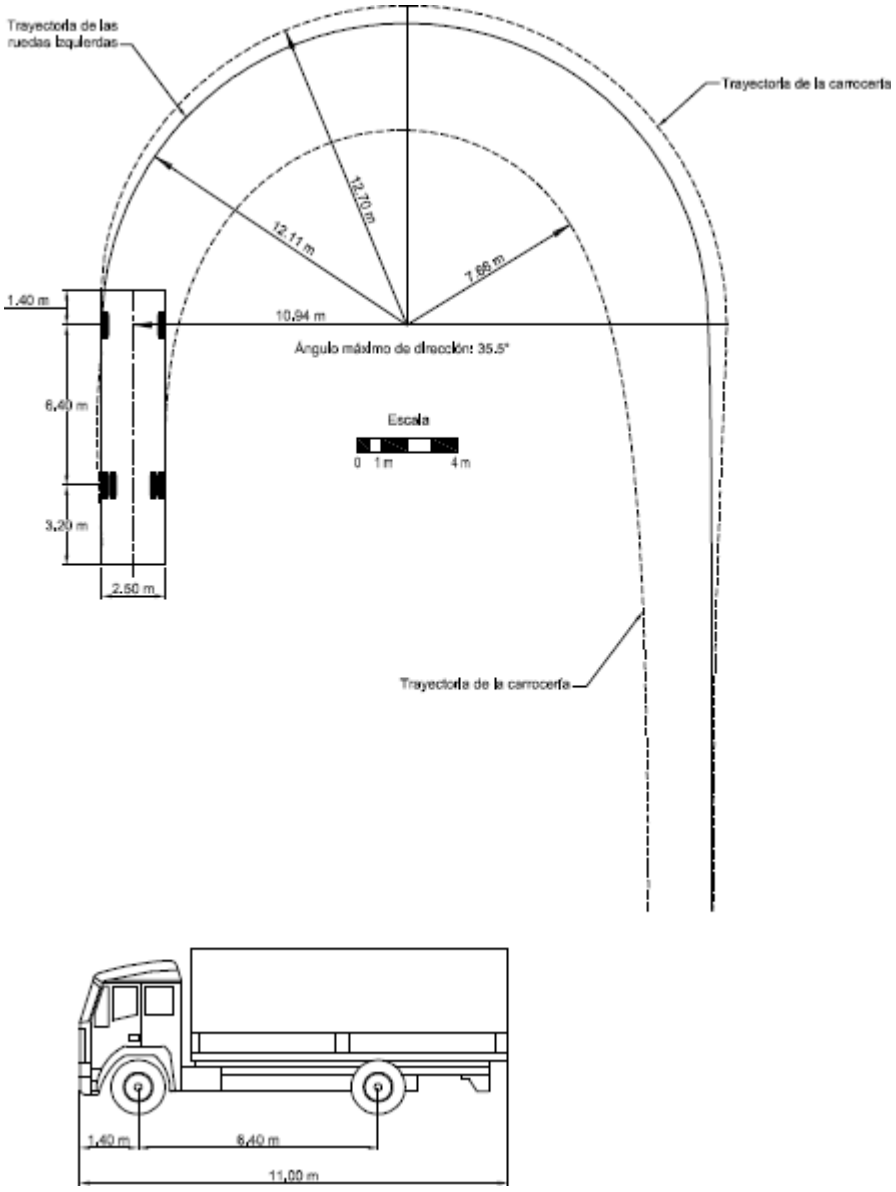
Dimensiones y trayectorias de giro para Bus grande.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Figura 8

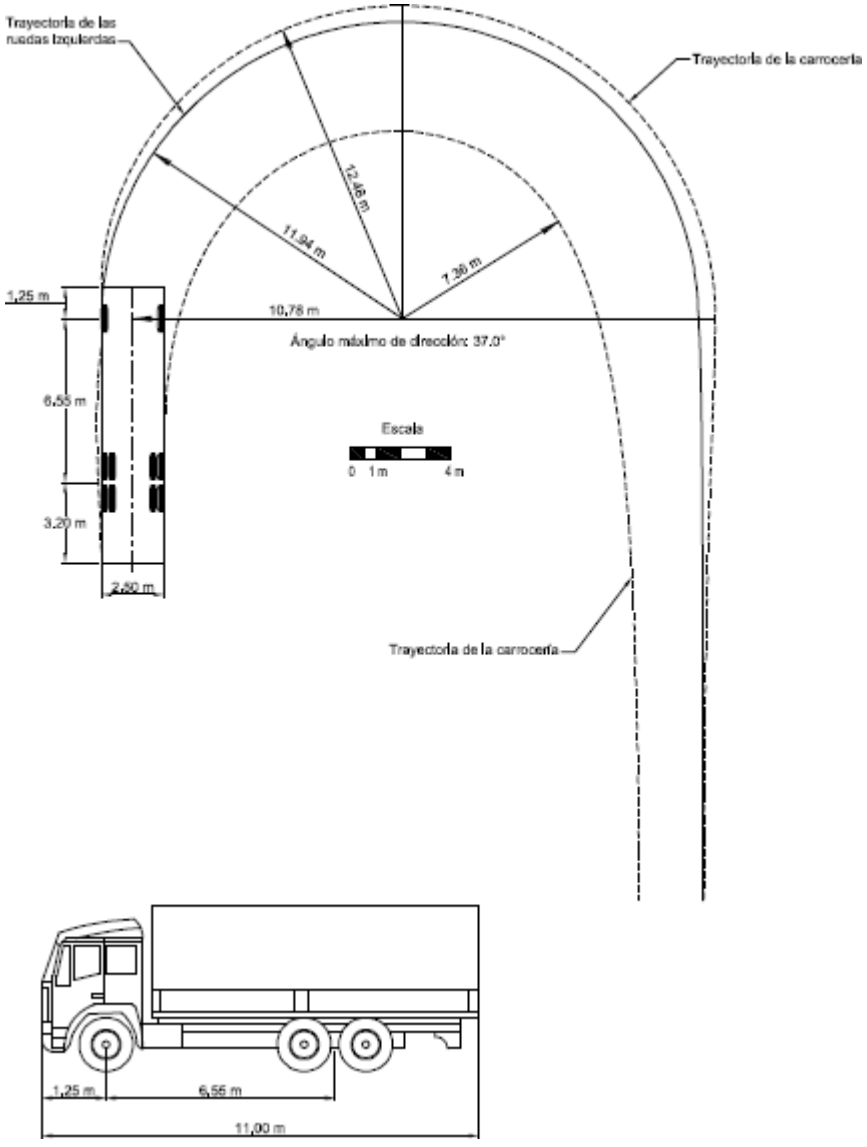
Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 2.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Figura 9

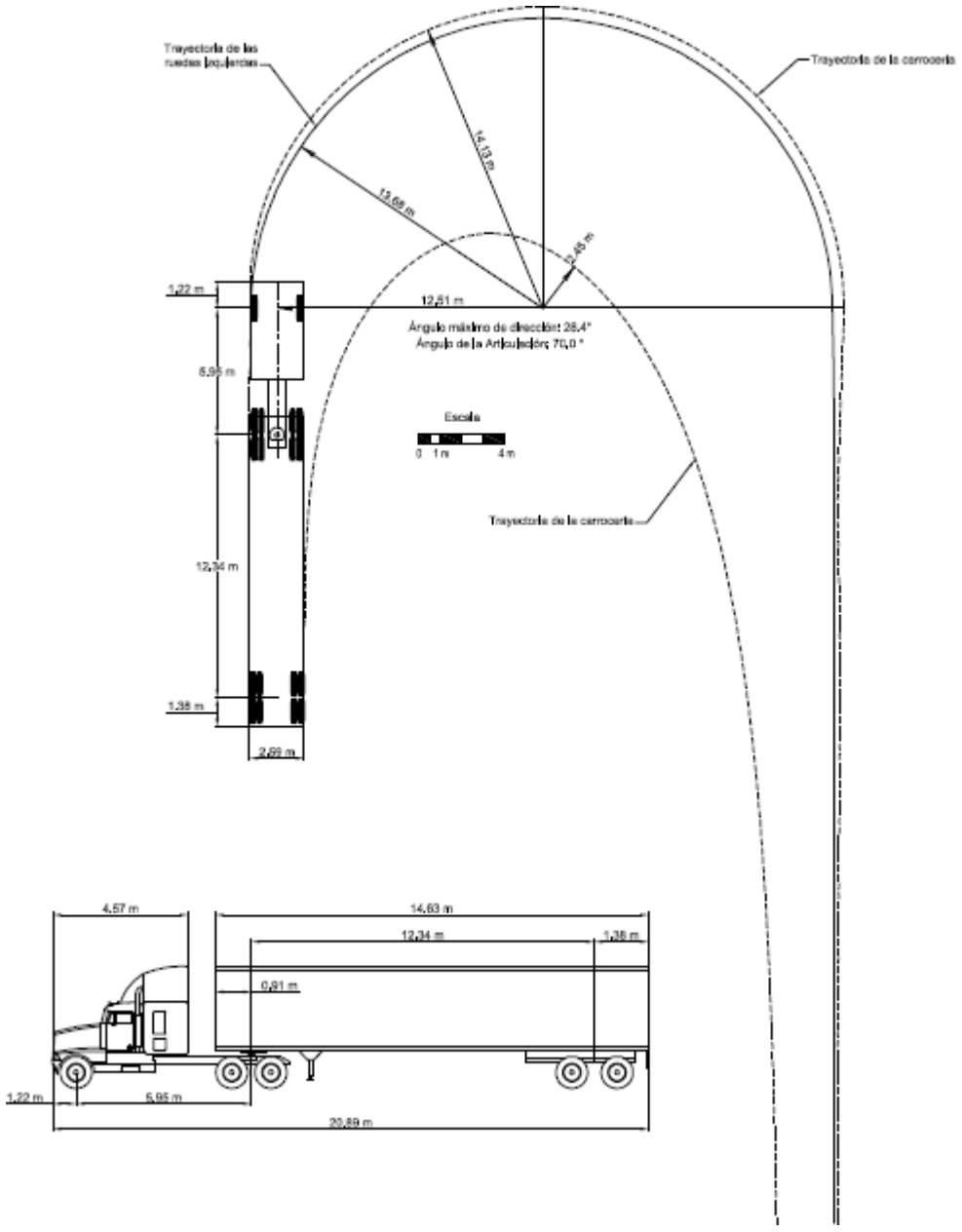
Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 3.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Figura 10

Dimensiones y trayectorias de giro para Camión Categoría 3S2.



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.2 Distancia De Visibilidad De Parada (DP)

La distancia para que el conductor de un vehículo logre detenerse antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria a una velocidad específica, se le conoce como distancia de visibilidad.

Determinando la velocidad específica del sector ya sea para un retorno o en una vía, el INVIAS especifica cada una de las distancias mínimas de visibilidad de parada. Se busca establecer distancias seguras comprendidas en los diseños para reducir accidentalidad en el tránsito vehicular.

Tabla 3

Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel

Velocidad especifica (km/h)	Distancia precepción-Reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada (m)	Redondeada (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: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Tabla 4

Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente

Velocidad especifica (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m) Dp					
	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

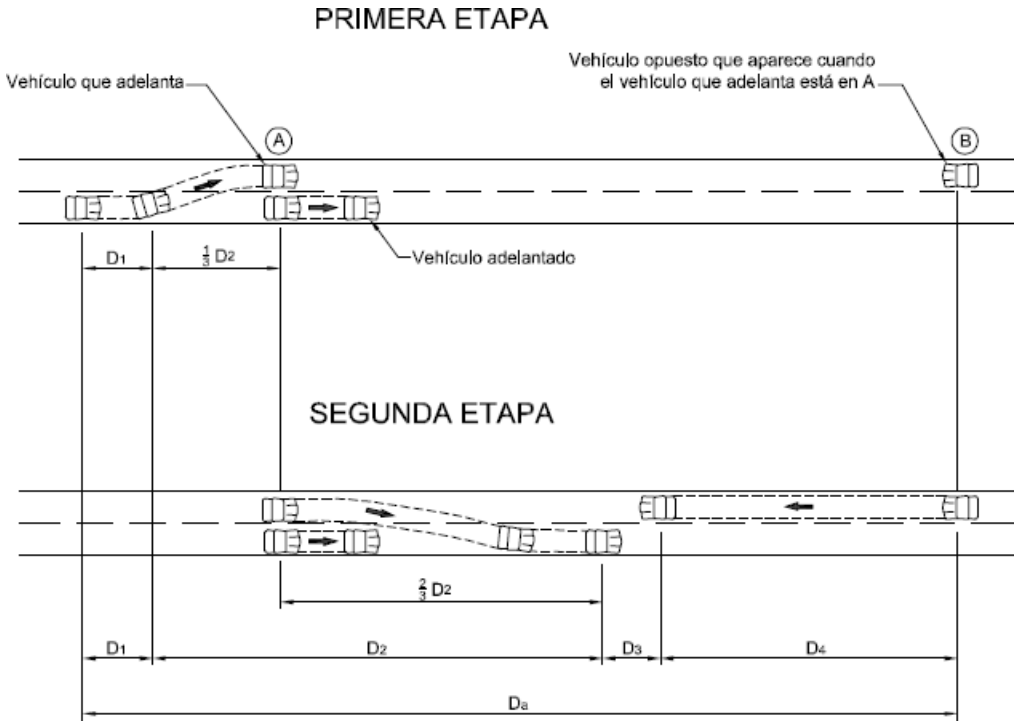
Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.2.1 Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (DA)

Un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

Figura 11

Distancia de visibilidad de adelantamiento



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

La distancia de visibilidad de adelantamiento, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

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

Donde

D_a: Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

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

D_2 : Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros.

D_3 : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, en metros.

D_4 : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto (estimada en 2/3 de D2), en metros.

Por seguridad, la maniobra de adelantamiento se calcula con la velocidad específica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa la maniobra.

$$D_1 = 0.278 * t_1 * (V - m + \frac{a * t_1}{2})$$

Donde

t_1: Tiempo de la maniobra inicial, en segundos

V : Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.

a : Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, en km/h/s

m : Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos.

El valor de las anteriores variables se indica en la siguiente expresado para rangos de velocidades de 50-65, 66-80, 81-95 y 96-110 km/h. En la tabla 5 se presentan los ejemplos de cálculo para ilustrar el procedimiento.

$$D_2 = 0.278 * V * t_2$$

Donde

t_1: Tiempo de la maniobra inicial, en segundos

V : Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.

$$D_3 = \text{Distancia variable entre 30 y 90 m}$$

El valor de esta distancia de seguridad (D3) para cada rango de velocidades se indica en la tabla 5.

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

Tabla 5

Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo

Componente de la maniobra de adelantamiento	Rango de velocidad específica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa la maniobra veth (km/h)			
	50-65	**66-80**	**81-95**	**96-110**
	Velocidad del vehículo que adelanta, V (km/h)			
	56.2	70	84.5	99.8
Maniobra inicial:				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t1: Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d1: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t2: Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d2: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
Distancia de seguridad:				
d3: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	55	75	90
Vehículo en sentido opuesto:				
d4: Distancia recorrida en la maniobra (m)	97	130	168	209
Da = d1 + d2 + d3 + d4	317	446	583	726

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

En la tabla 6 se presentan los valores mínimos recomendados para la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da), calculados con los anteriores criterios para carreteras de dos carriles dos sentidos.

Tabla 6

Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos.

Velocidad específica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa la maniobra VETH (km/h)	Velocidad del vehículo adelantado (km/h)	Velocidad del vehículo que adelanta, V (km/h)	Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento DA (m)	
			Calculada	Redondeada
20	-	-	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

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.3 Tipo de Empalme en Curvas

5.3.1 Empalme Circular Simple

Los empalmes circulares presentan una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio. En el diseño de carreteras corresponde a un elemento geométrico de curvatura rígida.

PI: Punto de cruce de dos tangentes que forman el empalme.

PC: Punto de inicio del empalme.

PT: Punto final del empalme.

Δ: Ángulo de deflexión en el PI, en grados o radianes.

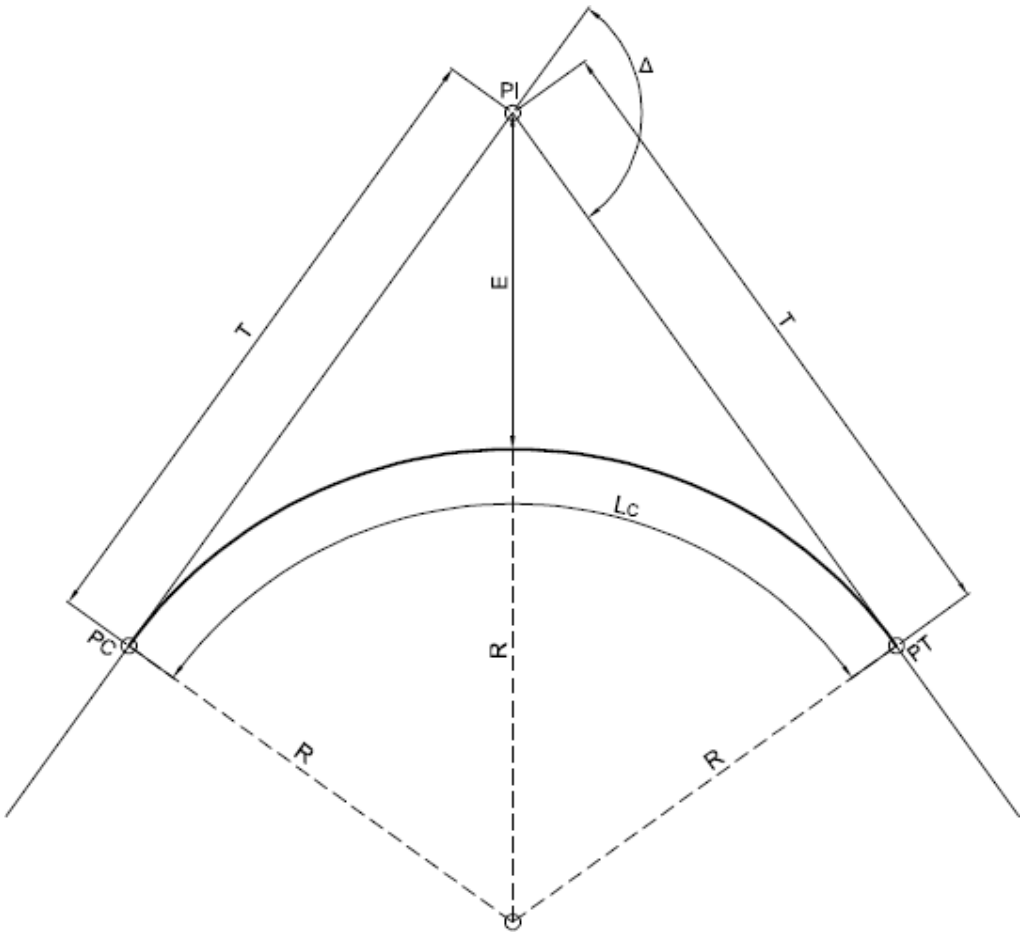
R: Radio del arco circular, en metros.

LC: Longitud del arco circular, en metros.

T: Tangente del empalme, en metros.

Figura 12

Elementos del empalme circular simple



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

$Lc = R\ x\ \Delta;\ \Delta$ en radianes

$T = R\ x\ Tan\frac{\Delta}{4}$; Δ en grados

$E = T\ x\ Tan\frac{\Delta}{4}$; Δ en grados

5.4 Fricción Transversal Máxima (fTmáx)

Ésta se determina por distintos factores, entre los cuales se encuentran: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo, y condiciones de las llantas de los vehículos. Esta variable es fundamental para determinar el radio de curvatura mínimo de un retorno. Los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios recientes de la AASHTO se indican en la siguiente tabla:

Tabla 7

Coeficiente de fricción transversal máxima

Velocidad específica VCH (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Coeficiente de fricción transversal máxima fTmáx	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

5.5 Radio De Curvatura Mínimo (Rcmin)

El radio mínimo (RCmín) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (emáx) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fTmáx). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{Cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

En las siguientes tablas se indican los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades Específicas (VCH) según el peralte máximo (emáx) y la fricción máxima (fTmáx)

Tabla 8

Radios mínimos para peralte máximo emáx = 8 % y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (VCH) (KM/H)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL F TMÁX	TOTAL EMÁX + F TMÁX	RADIO MÍNIMO (M)	
				Calculado	Redondeado
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Tabla 9

Radios mínimos para peralte máximo emáx = 6 % y fricción máxima

Velocidad específica (VCH) (km/h)	Peralte máximo (%)	Coeficiente de fricción transversal f Tmáx	Total emáx + f Tmáx	Radio mínimo (m)	
				Calculado	Redondeado
20	6,0	0,35	0,41	7,7	-
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.5.1 Rampa de Peralte

Se define la rampa de peralte como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma,y se determina por:

$$\Delta s = a * (\frac{e_f - e_i}{L})$$

Donde:Δs: Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes, en porcentaje (%).

L: Longitud de transición, L = Lt – N, en metros.

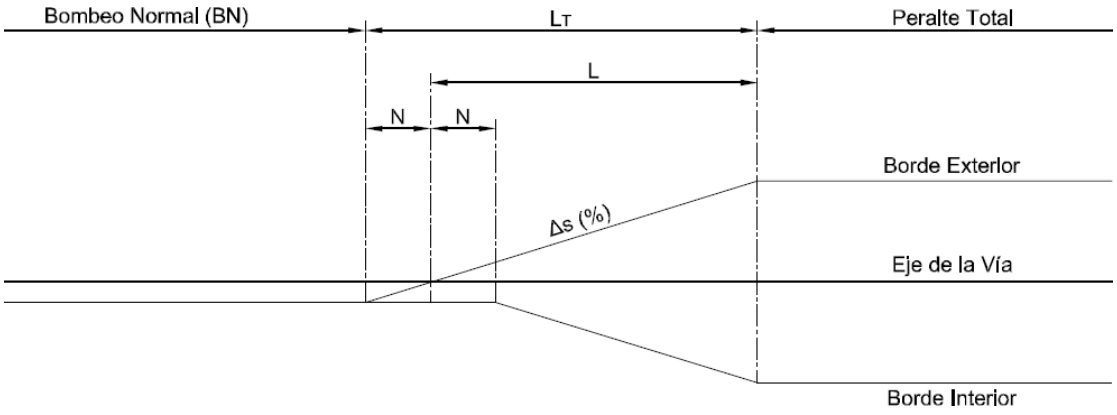
e_f: Peralte al finalizar el tramo de transición o peralte total, en porcentaje (%).

e_i: Peralte al iniciar el tramo de transición, en porcentaje (%).

a: Distancia del eje de giro al borde exterior de la calzada, en metros.

Figura 13

Desarrollo del peralte



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Tabla 10

Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes

Velocidad específica (VCH) (km/h)	Pendiente relativa de la rampa de peraltes Δs	
	Máxima (%)	Mínima (%)
20	1.35	0.1 X a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.6	
70	0.55	
80	0.5	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.6 Longitud de la Curva Espiral

5.6.1 Longitud Mínima

Se determina mediante los siguientes criterios:

CRITERIO I. Variación uniforme de la aceleración centrífuga (J), no compensada por el peralte; su valor se determina mediante la siguiente relación:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{V_{CH} * R_c}{46.656 * J}\left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - (1.27 * e\right]}$$

Donde: $A_{mín}$: Parámetro mínimo, en metros.

V_{CH}: Velocidad Específica de la curva horizontal, en km/h.

R_C: Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

J: Variación de la aceleración centrífuga, en m/s3.

e: Peralte de la curva, en porcentaje (%).

Se adoptan para J, los valores específicos dados en la siguiente tabla

Tabla 11

Variación de la Aceleración centrífuga (J)

VCH (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
J (m/s3)	0.7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

CRITERIO II: Limitación por transición del peralte, en la determinación de los valores del parámetro mínimo. Se tendrá en cuenta la inclinación máxima permitida de la rampa de peraltes (Δs). Así mismo, la distancia del eje de giro al borde de calzada (a), la cual toma valores de tres

metros (3.0 m), tres metros con treinta centímetros (3.30 m), tres metros con cincuenta centímetros (3.50 m) y tres metros con sesenta y cinco centímetros (3.65 m)

$$\mathbf{A_{min}} = \sqrt{\mathbf{R_c} * \frac{\mathbf{e} * \mathbf{a}}{\mathbf{\Delta s}}}$$

Donde: $A_{mín}$: Parámetro mínimo, en metros.

RC: Radio de Cálculo de la clotoide, en metros

e: Peralte de la curva, en porcentaje (%).

a: Distancia del eje de giro al borde de la calzada, en metros.

Δs: Inclinación de la rampa de peraltes, en porcentaje (%).

CRITERIO III: Condición de percepción y de estética, la longitud de la curva de transición ha de ser suficiente para que se perciba de forma clara el cambio de curvatura, orientando adecuadamente al conductor y creando alineamientos armoniosos.

Para ello, es necesario que se cumplan los siguientes requisitos:

CRITERIO III.1: Se asume el disloque mínimo de veinticinco centímetros (0.25 m).:

$$A_{min} = \sqrt[4]{24 * \Delta R * R_c^3}\ ;\ A_{min} \geq \sqrt[4]{6 * R_c^3}$$

Donde: $A_{mín}$: Parámetro mínimo, en metros.

ΔR: Disloque de la clotoide, en metros.

RC: Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

CRITERIO III.2: Ángulo de giro de la espiral mínimo de tres grados (3°)

$$\theta_e = \frac{L_e}{2 * R_c} \geq 3° = 0.05236 \text{ radianes}$$

$$L_{mín} = 0.10472 * R_c$$

Luego

$$A_{mín} = \sqrt{R_C * L_e} = 0.3236 * R_c$$

Donde: $A_{mín}$: Parámetro mínimo, en metros.

R_c: Radio de cálculo de la clotoide, en metros.

L_e: Longitud de la clotoide, en metros.

θ_e: Ángulo de giro de la espiral

5.6.2 Longitud Máxima

El valor máximo del parámetro (Amáx), debe ser igual a uno punto uno veces (1.1) el Radio (RC) de la curva en estudio.

$$A_{máx} = 1.1 * R_c$$

5.7 Sobreancho en las Curvas

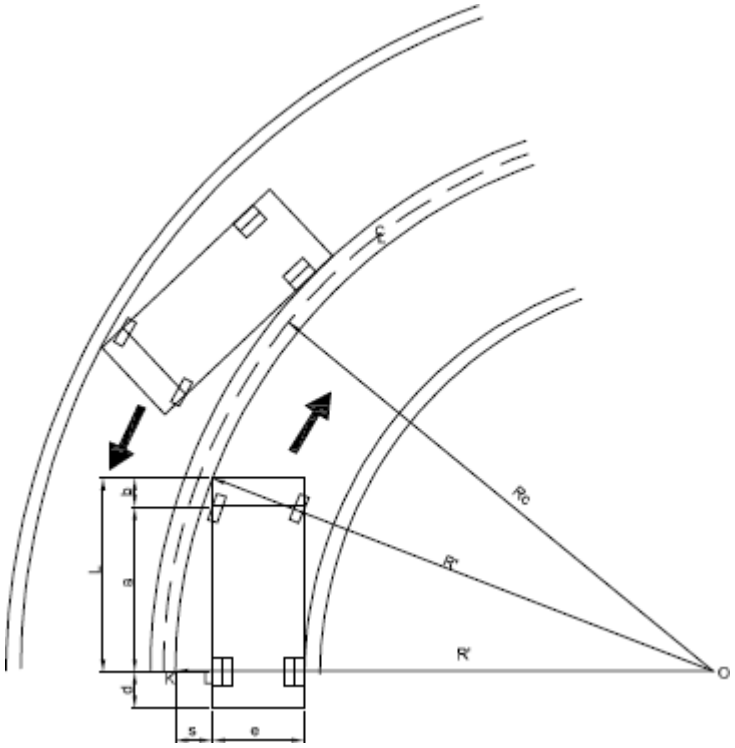
En curvas de radio reducido, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera, se debe conectar la calzada con el objeto de asegurar espacios adecuados entre el vehículo y el borde de la calzada.

5.7.1 Determinación del Sobreancho

5.7.1.1 Vehículos rígidos. En la siguiente figura se ilustran dos vehículos pesados de tipo rígido, circulando en una curva de radio RC.

Figura 14

Sobreancho en las curvas



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Tabla 12

Dimensiones para el cálculo del sobreancho en los vehículos de tipo rígido

	Categoría	a(m)	b(m)	d(m)	e(m)	L(m)
	Vehículo liviano	2.9	0.8	1.3	1.8	3.7
	Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
	Bus grande	7	2.7	3.3	2.6	9.7
2	Camión de dos ejes	6.6	1.4	3.2	2.5	8
3	Camión de tres ejes o dobletroque	6.55	1.25	3.2	2.5	7.8

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

De la anterior figura se puede deducir que

$$\overline{OA} = R'$$

Donde: R': Radio hasta el extremo del parachoques delantero.

$$s = R' - \overline{OL}$$

Donde: s: Sobreancho requerido por un carril

$$s = R' - \sqrt{R'^2 - L^2}$$

Donde: L: Distancia entre el parachoques delantero y el eje trasero del vehículo.

Si se asume que R' es sensiblemente igual a R_c, se tiene que para una calzada de n carriles:

$$S = n * (R_c - \sqrt{R_c^2 - L^2}$$

Donde: S: Sobreancho requerido para la calzada.

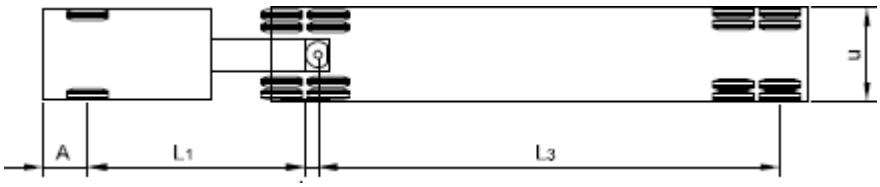
n: Número de carriles.

RC: Radio de la curva circular

5.7.1.2 Vehículos articulados. En la siguiente tabla se presenta el vehículo articulado, conformado por una unidad tractora y semirremolque. Las dimensiones ilustradas corresponden a las requeridas para el cálculo del sobreancho.

Figura 15

Dimensiones vehículo articulado



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Tabla 13

Dimensiones para el cálculo del sobreancho requerido por el vehículo articulado

	Categoría	A (m)	L_1(m)	L_2(m)	L_3(m)	u(m)
3S2	Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes	1.22	5.95	0	12.97	2.59

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

El Manual AASHTO versión 2004 presenta el siguiente procedimiento para la determinación del sobreancho requerido en una curva. En la Figura 5.5 se presenta el esquema del sobreancho.

La expresión recomendada por la AASHTO es la siguiente:

$$S = A_c - A_T$$

Donde: S: Sobreancho requerido por la calzada, en metros.

A_C: Ancho de la calzada en curva, en metros.

A_T: Ancho de la calzada en tangente, en metros.

Ahora bien:

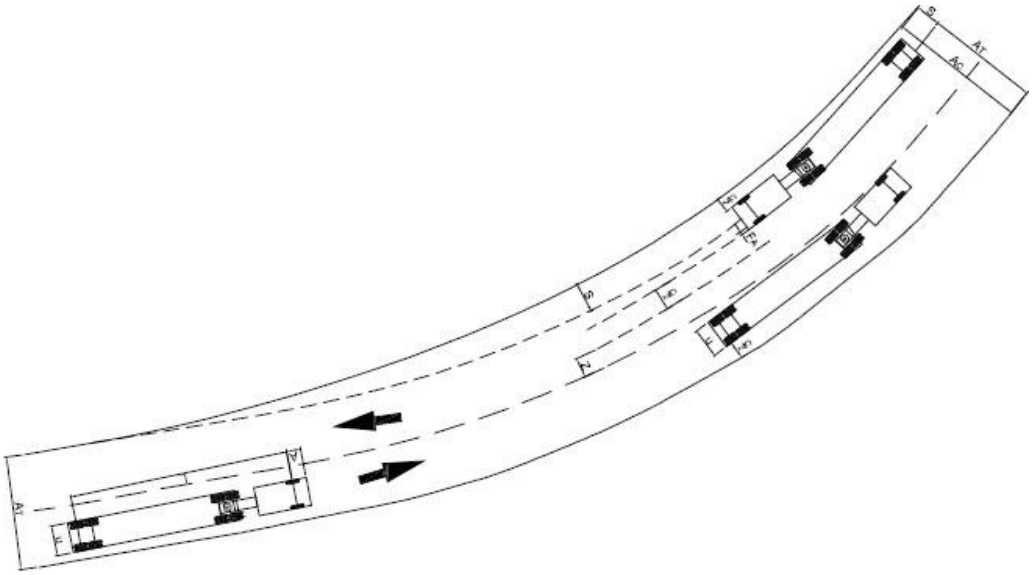
$$A_c = n * (U + C) + (n - 1) * F_A + Z$$

Donde: n: Número de carriles de la calzada

U: Ancho ocupado por el vehículo cuando está describiendo la trayectoria en la curva, en m

Figura 16

Sobreancho requerido para una curva al ser recorrida por un vehículo



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

$$U = u + R_c - \sqrt{R_c^2 - (L_1 + L_2 + L_3)^2}$$

Donde: u: Ancho del vehículo en tangente, en metros. Ver Tabla 14.

R_C: Radio de la curva, en metros.

L_1, L_2 y L_3: Dimensiones del vehículo, en metros.

C: Espacio lateral de seguridad que requiere cada vehículo, en metros.

Tabla 14

Valor de C en función del ancho de la calzada

	Ancho de calzada en tangente (AT), m		
	6	**6.6**	**7.2**
C (m)	0.6	0.75	0.9

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

F_A: Avance del voladizo delantero del vehículo sobre el carril adyacente, cuando está describiendo la trayectoria curva.

$$F_A = \sqrt{R_c^2 + A * (2 * L_1 + A)} - R_c$$

Donde: R_c: Radio de la curva, en metros.

A: Valor del voladizo o saliente delantero del vehículo, en metros

L_1: Distancia entre el eje delantero y el eje trasero de la unidad tractora, en metros.

Z: Sobreancho adicional de seguridad, que depende de la curvatura y de la Velocidad Específica de la curva horizontal (VCH) y cuyo propósito es facilitar la conducción sobre la curva, en metros. Este valor es experimental.

$$Z = 0.1 * \sqrt{\frac{V_{CH}}{R_C}}$$

Donde: V_{CH}: Velocidad Específica de la curva, en km/h.

R_c: Radio de la curva, en metros.

El valor calculado del sobreancho se debe redondear al decímetro superior. Todo el sobreancho requerido por la calzada se debe construir en el interior de la curva.

5.7.2 TRANSICIÓN DEL SOBREANCHO

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreancho se debe desarrollar gradualmente a la entrada y a la salida de las curvas.

En la siguiente figura, se aprecia la transición del sobreancho (S), de tal manera que el sobreancho en cualquier punto (Sp), situado a una distancia Lp desde el inicio es:

$$S_P = \frac{SxL_P}{L}$$

Donde: S_p: Sobreancho correspondiente a la longitud Lp, en metros.

S: Sobreancho calculado para la curva, en metros.

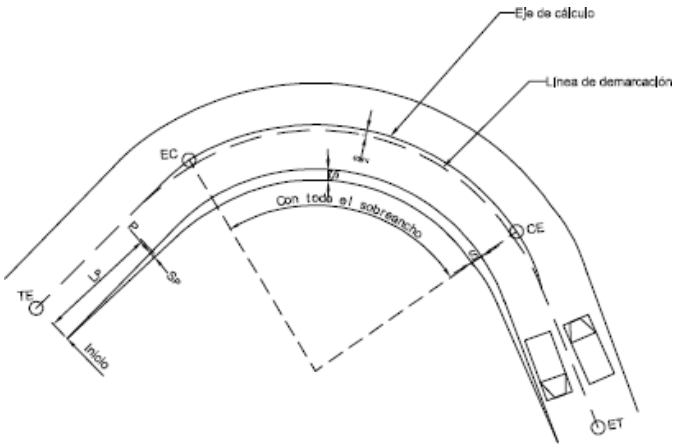
L_p: Longitud elegida para determinar el sobreancho, en metros.

L: Longitud de transición del sobreancho, en metros.

En las curvas espiralizadas, la transición del sobreancho se realiza linealmente en la longitud de la espiral.

Figura 17

Transición del sobreancho en las curvas



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

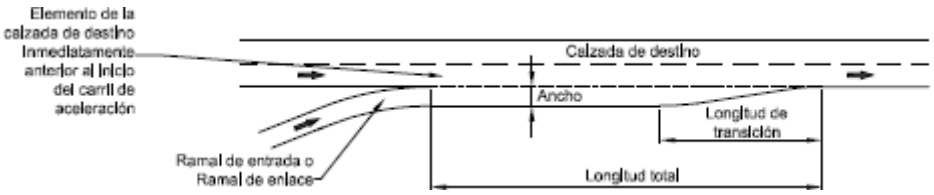
5.8 Diseño de Carriles de Cambio de Velocidad

5.8.1 Carril de Aceleración

En el momento que los vehículos se integran a la calzada principal se diseña un carril de aceleración, para que en el momento se integren a la calzada principal y puedan alcanzar una velocidad similar a la de los vehículos que circulan por esta. Los carriles de aceleración deben ser paralelos a la calzada principal.

Figura 18

Esquema de un carril de aceleración



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Para el dimensionamiento del carril de aceleración es recomendable utilizar los valores de la siguiente tabla. El ancho de un carril de aceleración debe corresponder al del carril adyacente, pero no menor de tres metros con treinta centímetros (3.30 m).

Tabla 15

Longitud mínima del carril de aceleración

VÍA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)								
Velocidad específica del ramal de entrada o de enlace (2) (km/h)		**PARE**	**25**	**30**	**40**	**50**	**60**	**80**
Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	**Longitud de la transición (m)**	**Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m)**						
50	45	90	70	55	45	-	-	-
60	55	140	120	105	90	55	-	-
70	60	185	165	150	135	100	60	-
80	65	235	215	200	185	150	105	-
100	75	340	320	305	290	255	210	105
120	90	435	425	410	390	360	300	210
VÍA SECUNDARIA (CALZADA DE DESTINO)								
50	45	55	45	45	45	-	-	-
60	55	90	75	65	55	55	-	-
70	60	125	110	90	75	60	60	-
80	65	165	150	130	110	85	65	-
100	75	255	235	220	200	170	120	75
120	90	340	320	300	275	250	195	100

Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.8.2 Carril de Desaceleración

Para que los vehículos que entran en una salida de un giro puedan desacelerar, see diseña un carril para conseguir una velocidad similar al de la calzada secundaria.

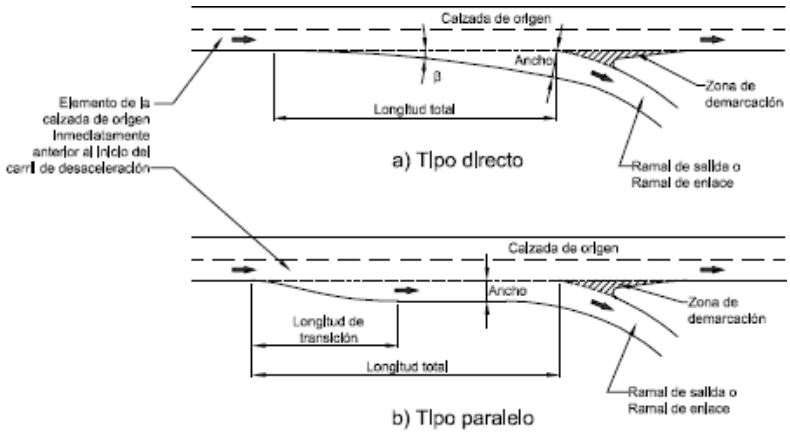
Existen dos tipos:

- Tipo directo: se conforma por un carril recto o curvo de gran radio, que forma con el borde de la calzada principal un ángulo muy pequeño (β) de dos a cinco grados (2° - 5°) y que empalma con el ramal de salida.

- Tipo paralelo: el paralelo es un carril adicional que se añade a la vía principal, teniendo una zona de transición con anchura variable. El ancho del carril de desaceleración debe ser igual al ancho del carril adyacente, que no sea menor a tres metros con treinta centímetros (3.30 cm).

Figura 19

Esquemas de carriles de desaceleración



Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

Tabla 16

Longitud mínima de un carril de desaceleración

Vía primaria (calzada de destino)								
Velocidad específica del ramal de entrada o de enlace (2) (km/h)		**PARE**	**25**	**30**	**40**	**50**	**60**	**80**
Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	**Longitud de la transición (m)**	**Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m)**						
50	45	70	50	45	45	-	-	-
60	55	90	70	70	55	55	-	-
70	60	105	90	90	75	60	60	-
80	65	120	105	105	90	75	65	-
100	75	140	125	125	110	95	80	75
120	90	160	145	145	130	130	110	90

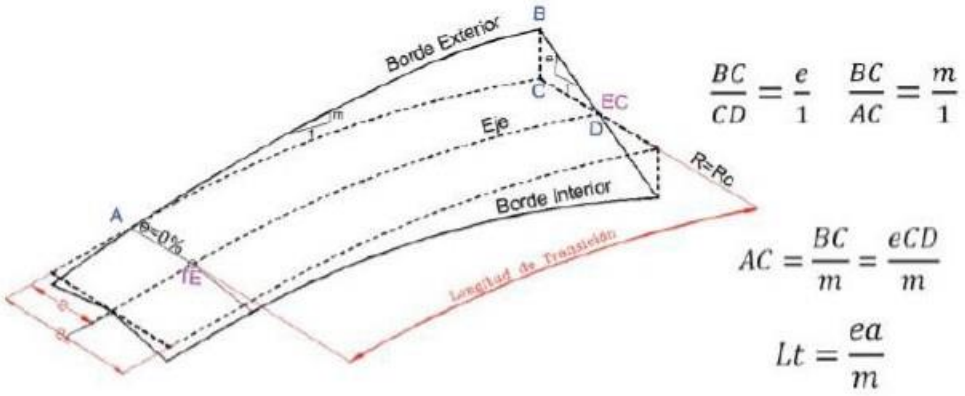
Fuente: Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008

5.9 RAMPA DE PERALTE

La rampa de peraltes se tomará en cuenta la siguiente formula de la Guía de Diseño de Vías Urbanas de Bogotá

Figura 20

Cálculo de longitud de transición



Fuente: Guía de Diseño de Vías Urbanas de Bogotá

Donde: Lt Longitud de transición

e Diferencia aritmética de peraltes

a Ancho desde el eje al borde de pavimento más lejano

m Rampa de peralte o su equivalente

Reemplazando se tiene que:

Tabla 17

Longitud mínima de transición

Longitud mínima de transición (m)									
Ancho de carril (m)/Δe%	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
3	0.00	2.34	4.69	7.03	9.38	11.72	14.06	16.41	18.75
4	0.00	3.13	6.25	9.38	12.50	15.63	18.75	21.88	25.00
5	0.00	3.91	7.81	11.72	15.63	19.53	23.44	27.34	31.25
6	0.00	4.69	9.38	14.06	18.75	23.44	28.13	32.81	37.50
7	0.00	5.47	10.94	16.41	21.88	27.34	32.81	38.28	43.75
8	0.00	6.25	12.50	18.75	25.00	31.25	37.50	43.75	50.00
9	0.00	7.03	14.06	21.09	28.13	35.16	42.19	49.22	56.25
10	0.00	7.81	15.63	23.44	31.25	39.06	46.88	54.69	62.50
11	0.00	8.59	17.19	25.78	34.38	42.97	51.56	60.16	68.75
12	0.00	9.38	18.75	28.13	37.50	46.88	56.25	65.63	75.00
13	0.00	10.16	20.31	30.47	40.63	50.78	60.94	71.09	81.25
14	0.00	10.94	21.88	32.81	43.75	54.69	65.63	76.56	87.50
15	0.00	11.72	23.44	35.16	46.88	58.59	70.31	82.03	93.75

Fuente: Guía de Diseño de Vías Urbanas de Bogotá

Tabla 18

Longitud mínima de transición

Longitud mínima de transición (m)								
Ancho de carril (m)/Δe%	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
3	21.09	23.44	25.78	28.13	30.47	32.81	35.16	37.50
4	28.13	31.25	34.38	37.50	40.63	43.75	46.88	50.00
5	35.16	39.06	42.97	46.88	50.78	54.69	58.59	62.50
6	42.19	46.88	51.56	56.25	60.94	65.63	70.31	75.00
7	49.22	54.69	60.16	65.63	71.09	76.56	82.03	87.50
8	56.25	62.50	68.75	75.00	81.25	87.50	93.75	100.00
9	63.28	70.31	77.34	84.38	91.41	98.44	105.47	112.50
10	70.31	78.13	85.94	93.75	101.56	109.38	117.19	125.00
11	77.34	85.94	94.53	103.13	111.72	120.31	128.91	137.50
12	84.38	93.75	103.13	112.50	121.88	131.25	140.63	150.00
13	91.41	101.56	111.72	121.88	132.03	142.19	152.34	162.50
14	98.44	109.38	120.31	131.25	142.19	153.13	164.06	175.00
15	105.47	117.19	128.91	140.63	152.34	164.06	175.78	187.50

Fuente: Guía de Diseño de Vías Urbanas de Bogotá

5.10 Sobreancho para Radios de Empleo en Retornos

Según Calixto (2018) se tiene la siguiente tabla de valores típicos usados en retornos según el radio, esto para vehículos 3S2.

Tabla 19

Anchos calculados para distintos radios.

Radio (m)	Ancho mayor medido (m)	Ancho mayor fórmula (m)	Ancho mayor redondeado (m)
13	11,5	11,54	11,6
14	10,8	10,92	11,0
15	10,3	10,36	10,4
16	9,7	9,88	9,9
17	9,25	9,44	9,5
18	8,8	9,04	9,1
19	8,43	8,68	8,7
20	8,1	8,35	8,4
21	7,86	8,05	8,1
22	7,6	7,78	7,8
23	7,34	7,52	7,6
24	7,12	7,29	7,3
25	6,93	7,07	7,1
26	6,75	6,86	6,9
27	6,52	6,67	6,7
28	6,38	6,49	6,5
29	6,28	6,32	6,4
30	6,12	6,16	6,2

Fuente: Calixto (2018)

5.11 Capacidad Vial

Para determinar la capacidad de un sistema vial, es necesario conocer las características físicas, geométricas y flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

La capacidad del sistema vial proporciona un estudio cuantitativo y cualitativo el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad del servicio ofreció por el sistema a los usuarios (Cal, Reyes Mayor, & Cardenas, 1994)

La capacidad de una vía es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado.

5.12 Concepto de Nivel de Servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, se describen en términos de factores como lo son Velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobras, comodidad, conveniencia y seguridad vial. (Cal, Reyes Mayor, & Cardenas, 1994)

Factores internos, los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, volumen, composición de tránsito, porcentaje de movimientos, entrecruzamientos o direccionales.

Factores externos, características físicas, ancho de carriles, distancia libre lateral, anchura de acotamientos, pendientes, entre otros.

Tabla 20

Niveles de servicio en condiciones ideales en carreteras de dos carriles. Hihgway Capacity Manual, Washington D.C

Nivel de servicio	Demora porcentual (%)	Velocidad de recorrido (km/h)	Relación v/c	Flujo máximo de servicio (vl/h)
A	≤ 30	≥ 93	0.15	420
B	≤ 45	≥ 88	0.27	756
C	≤ 60	≥ 83	0.43	1 204
D	≤ 75	≥ 80	0.64	1 792
E	≤ 90	≥ 72	1.00	2 800
F	100	< 72	> 1.00	cualquiera

5.12.1 Nivel de servicio A

Representa una circulación a flujo libre. Poseen alta libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

5.12.2 Nivel de servicio B

Esta dentro del rango del flujo estable, la libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye la libertad de maniobra en relación con el nivel de servicio A.

5.12.3 Nivel de servicio C

Pertenece al rango de flujo estable, en este nivel se marca el comienzo del dominio en el cual la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por la interacción con otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida.

5.12.4 Nivel de servicio D

Representa una circulación de densidad elevada, pero estable, La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

5.12.5 Nivel de servicio E

El funcionamiento está en el límite de su capacidad, la velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra es difícil y se consigue forzando a un vehículo o peatón a ceder el paso. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

5.12.6 Nivel de servicio F

Representa condiciones de flujo forzado, esta situación se produce cuando la cantidad de transito se acerca a un punto, excediendo la cantidad que pueden pasar por él. En estos lugares se forman colas, se presentan ondas de parada y arranque, muy inestables.

Se debe determinar la proporción de flujo para un periodo máximo dentro de la hora de máxima dentro de la hora de máxima demanda.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max_{15}})}$$

Donde,

VHMD= Volumen horario de máxima demanda

$q_{max_{15}}$= Flujo máximo durante 15 minutos

La expresión básica para calcular el flujo de servicio en el análisis de la operación de segmentos de autopistas es:

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c)$$

Donde:

FS_i= Flujo de servicio por sentido a nivel i, bajo condiciones prevalecientes del camino y el tránsito en vehículos mixtos por hora (vph)

c_j= Capacidad por carril en condiciones ideales para velocidad de proyecto j.

$\left(\frac{v}{c}\right)_i$ = Máxima relación volumen/ capacidad asociada al nivel de servicio i

N= Numero de carriles por sentido

f_A =Factor de ajuste por efecto de restricciones en el ancho de carriles y distancia a obstáculos laterales.

f_{VP} =Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados (camiones, autobuses y vehículos recreativos)

f_c= Factor de ajuste por tipo de conductores, ya sea que estos circulen en días laborales o en fin de semana.

Factor de ajuste por vehículos pesados,

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + P_c(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Donde:

Pc= Porcentaje de camiones

P_B= Porcentaje de autobuses

P_R= Porcentaje de vehículos recreativos

F_C= Automóviles equivalentes a un camión

E_B = Automóviles Equivalentes a un autobús

E_R= Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo

Nivel de servicio actual,

Consiste en calcular la relación efectiva anual v/c que se obtiene de

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{c_j(N)(f_A)(f_{VP})(f_c)}$$

Donde,

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD}$$

Para el presente estudio, se utilizó los factores de cj del libro (Cal, Reyes Mayor, & Cardenas, 1994), pág. 354).

c_j= 1900 automóviles/hora/carril a 80 km/h

N =2 carriles por sentido

Para el presente estudio, se utilizó los factores del libro (Cal, Reyes Mayor, & Cardenas, 1994), pág. 356)

f_A= 0.98

f_B= 1.00

E_C= 4.0 E_B = 3.0

6. Resultados y Discusión

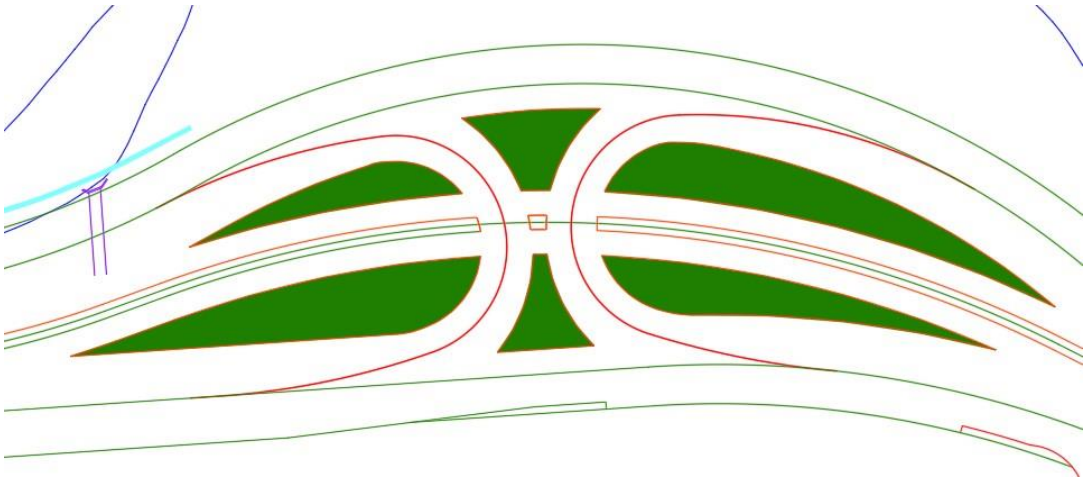
6.1 Retorno Aranzoque

La composición de este retorno, se compone de 3 radios, lo que corresponde a la disminución de área, ya que el ancho crítico ocurre en la segunda mitad del retorno, El tipo de vehículo que se tiene en cuenta para el diseño de estos retornos es 3S2.

Para determinar identificar los radios mínimos aplicables se tiene cuenta dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10.

Figura 21

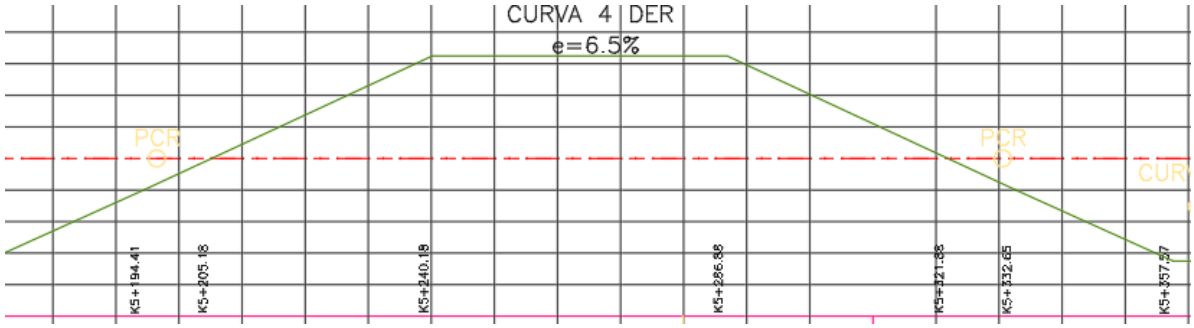
Retorno Aranzoque



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 22

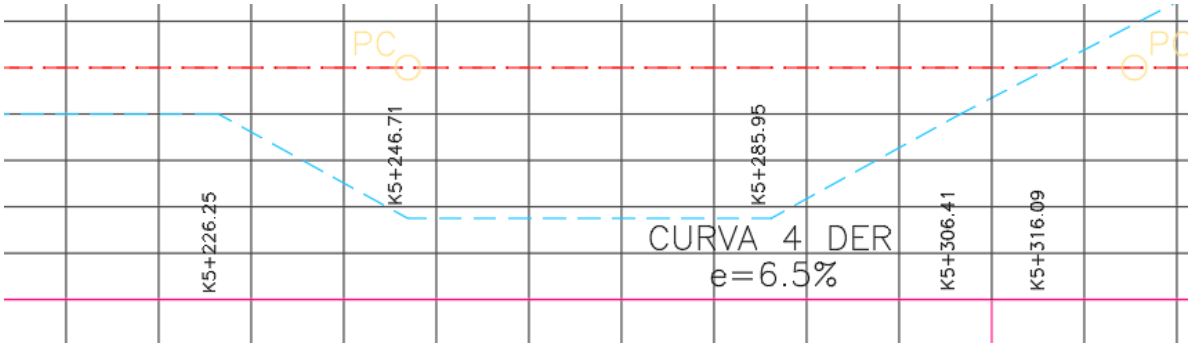
Diagrama de peraltes del retorno Aranzoque zona oriental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 23

Diagrama de peraltes del retorno Aranzoque zona occidental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

6.1.1 Sentido Norte – Sur

Tabla 21

Elementos retorno Aranzoque sentido Norte -Sur

Retorno Aranzoque		
Longitud	**Deflexión**	**Radio**
30.85	15.47°	114.31
45.87	167.93°	15.65
32.72	20.21°	92.79

Fuente: Elaboración propia

6.1.1.1 Análisis de Rampa de Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (6.50%) – (-6.50%) = 13%, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 71.09 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 109.44m, por lo que cumple con la longitud.

6.1.1.2 Análisis de Radio. De acuerdo a las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual es el adecuado de acuerdo con las especificaciones antes mencionadas.

6.1.1.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 15.65m para el retorno, al compararlo con la tabla 20, se puede comprobar que está por debajo del calculado el cuál debería ser de 10.4 m. Por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.1.1.4 Cálculos Y Análisis De Capacidad Y Nivel De Servicio. Para el cálculo y análisis de la capacidad y nivel de servicio se debió realizar un aforo en campo durante horas pico (6:00 – 7:00 pm) como se observa en la siguiente tabla

Tabla 22

Aforo Vía principal y Retorno Aranzoque.

RETORNO ARANZOQUE	**AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Norte - Sur)**							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	340	18	3	54	3	1	419
	6:15 - 6:30 pm	534	19	4	45	5	2	**609**
	6:30 - 6:45 pm	462	23	1	64	7	6	563
	6:45 - 7:00 pm	323	25	5	43	7	4	407
	6:00 - 7:00 pm	**1659**	**85**	**13**	**206**	**22**	**13**	**1998**
	PORCENTAJE	**Pa**	**83%**	**Pb**	**5%**	**Pc**	**12%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Sur)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	6	1	0	0	0	0	7
	6:15 - 6:30 pm	5	1	0	1	0	0	7
	6:30 - 6:45 pm	8	1	0	0	0	0	9
	6:45 - 7:00 pm	9	1	0	1	0	0	**11**
	6:00 - 7:00 pm	**28**	**4**	**0**	**2**	**0**	**0**	**34**
	PORCENTAJE	**Pa**	**82%**	**Pb**	**12%**	**Pc**	**6%**	**2%**
	AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Sur - Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	360	8	0	23	11	11	413
	6:15 - 6:30 pm	403	6	1	36	2	9	457
	6:30 - 6:45 pm	550	9	2	22	3	10	**596**
	6:45 - 7:00 pm	282	3	1	14	6	8	314
	6:00 - 7:00 pm	**1595**	**26**	**4**	**95**	**22**	**38**	**1780**
	PORCENTAJE	**Pa**	**90%**	**Pb**	**2%**	**Pc**	**9%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	55	5	1	2	0	0	63
	6:15 - 6:30 pm	69	4	2	5	1	0	81
	6:30 - 6:45 pm	110	1	1	10	2	0	**124**
	6:45 - 7:00 pm	43	1	0	4	2	0	50
	6:00 - 7:00 pm	**277**	**11**	**4**	**21**	**5**	**0**	**318**
	PORCENTAJE	**Pa**	**87%**	**Pb**	**5%**	**Pc**	**8%**	**18%**

Calculamos el nivel de servicio en el retorno de Aranzoque en vía principal Norte-Sur. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:15-6:30pm con 609 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1998 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1998\ vph}{4(609\ vph)} = 0.82$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1998\,vph}{0.82} = 2436\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 12(4-1) + 5(3-1) + 83(2-1)} = 0.437$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{\cancel{c_j (N)(f_A)(f_{VP})(f_c)}} = \frac{2436}{\cancel{1900 * 2 * 0.98 * 0.437 * 1}} = 1.496$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal en Aranzoque es F, lo cual representa un flujo vehicular en exceso a su capacidad afectando directamente la maniobrabilidad e incrementando la tasa de accidentalidad en el sector del retorno de Aranzoque.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1 * 2 * 0.98 * 0.437 * 1 = 1627\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1627 - 2436 = -809\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 809 vehículos por hora en un sentido adicionales en la hora de máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal se encuentra superada en capacidad para el volumen de vehículos que puede transportar. También se puede identificar que el porcentaje de vehículos sencillos que pasaron es alto, por lo cual hace que el factor disminuya proporcionalmente a la capacidad de la vía.

Además, basado en el aforo realizado, se tiene en cuenta que 34 de 1998 vehículos en sentido Norte - Sur toman el retorno; al tener un nivel de servicio F en la vía principal del retorno de Aranzoque y una capacidad en exceso por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

6.1.2 Sentido Sur – Norte

Tabla 23

Elementos retorno Aranzoque sentido Sur -Norte

Retorno Aranzoque PI-FL		
Longitud	**Deflexión**	**Radio**
41.29	30.64°	77.20
44.15	160.75°	15.74
26.93	12.20°	126.52

Fuente: Elaboración propia

6.1.2.1 Análisis de Radio. De acuerdo a las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en

cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual cumple.

6.1.2.2 Análisis de Rampa de Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (6.50%) – (-6.50%) = 13%, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 71.09 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 129.37, por lo que cumple con la longitud.

6.1.2.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 15.74m para el retorno y compararla con la tabla 20 se puede comprobar que está por debajo de la calculada por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.1.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio. De acuerdo con la tabla 23, calculamos el nivel de servicio en el retorno de Aranzoque en vía principal Sur-Norte. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:30-6:45pm con 596 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1780 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1780\ vph}{4(596\ vph)} = 0.75$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1780\ vph}{0.75} = 2373\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 8.71(4-1) + 1.69(3-1) + 89.6(2-1)} = 0.456$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{c_j (N)(f_A)(f_{VP})(f_c)} = \frac{2373}{1900 * 2 * 0.98 * 0.456 * 1} = 1.4$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal en Aranzoque Sur-Norte es F, lo cual representa un flujo vehicular en exceso a su capacidad afectando directamente la maniobrabilidad e incrementando la tasa de accidentalidad en el sector del retorno de Aranzoque.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1 * 2 * 0.98 * 0.456 * 1 = 1698\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1698 - 2384 = -686\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 686 vehículos en exceso por hora en un sentido durante la máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal es insuficiente la capacidad para el volumen de vehículos que transporta.

Además, basado en el aforo realizado se tiene en cuenta que 318 de 1780 vehículos en sentido Sur-Norte toman el retorno; al tener un nivel de servicio F en la vía principal del retorno de

Aranzoque y una capacidad en exceso por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

Para el retorno se identificó el exceso de vehículos que pasan por allí, tanto en sentido Norte – Sur como en sentido Sur – Norte; en el estudio de campo realizado durante la hora pico (6:00 pm a 7:00 pm), se obtuvo un total de 3778 vehículos circulando por la vía principal y 352 vehículos haciendo uso del retorno. Comparando con los cálculos que determinan la capacidad que tiene el retorno, se evidencia que en el sentido Norte – Sur hay un exceso de 809 vehículos por hora y en el sentido Sur – Norte el exceso es de 686 vehículos por hora, siendo un total de 1495 vehículos los que sobrepasan la capacidad del retorno y teniendo un nivel de servicio F, que nos indica la presencia de colas, paradas y arranques de manera inestable, afectando la maniobrabilidad y dificultándole al conductor la tranquilidad para transitar por el sector.

Con estos datos, es claro como el retorno se ve afectado e influenciado por la congestión vehicular, desencadenando altas probabilidades de que se presenten accidentes de tránsito que amenazan la seguridad y bienestar de los usuarios de la vía.

6.1.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno Aranzoque

A continuación, se evidencia la lista de chequeo con la que se evaluó el retorno de Aranzoque.

Allí se encuentra la respuesta a cada parámetro establecido, la prioridad que dicho parámetro tiene, la calificación (siendo: 1-3 malo, 4-7 regular y 8-10 bueno) y los comentarios acerca de lo encontrado. Con esta lista y las fotografías registradas del retorno de Aranzoque, se puede comprobar la veracidad del chequeo realizado en campo.

Tabla 24

Lista de chequeo retorno de Aranzoque.

	N/A	SI	NO	PRIORIDAD	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS
1. Señales de tránsito y semaforización						
¿Están instaladas todas las señales de tránsito de acuerdo con las normas exigidas?		**x**		ALTA	8	Cuenta con todas las señales, cumplen con las normas y se encuentran en buenas condiciones.
¿Los semáforos se encuentran en funcionamiento?	**x**			-	-	Retorno sin semáforos instalados
¿Los semáforos se encuentran en buen estado?	**x**			-	-	Retorno sin semáforos instalados
¿Los semáforos están ubicados de manera correcta, es decir, que esté al alcance apropiado para la visualización del conductor?	**x**			-	-	Retorno sin semáforos instalados
¿Se requiere de iluminación?		**x**		ALTA	9	Cuenta con iluminación necesaria para la visibilidad de los conductores.
¿La iluminación que se proporciona es suficiente?		**x**		ALTA	9	Es suficiente y permite a los usuarios hacer uso del retorno sin problemas de visibilidad.
¿La carretera está libre de objetos que interrumpan la iluminación?		**x**		ALTA	9	Los postes de luz se encuentran libres de cualquier objeto que impida la iluminación.
¿Hay zonas que no estén cubiertas por la iluminación?			**x**	BAJA	9	La vía perteneciente al retorno cuenta con la iluminación requerida.
¿Las señales son claras y sencillas de entender?		**x**		ALTA	10	Las señales cumplen con las normas por lo cual proporcionan la información clara y breve
¿Es necesario instalar todas las señales preventivas, obligatorias e informativas en la vía?			**x**	ALTA	9	Cuenta con las señales necesarias.
¿Las señales presentes son las adecuadas en cada situación?		**x**		MEDIA	10	Son las indicadas para el retorno y cumplen la función informativa y preventiva.

¿Todas las señales son eficaces para todas las condiciones probables (¿el día, la noche, la lluvia, luces de vehículos, falta de iluminación?		**x**		ALTA	9	En condiciones de fuertes lluvias pueda llegar a dificultarse la visualización.
¿La retroreflección de las señales es satisfactoria?		**x**		ALTA	10	Todas las señales cumplen con esta característica de forma apropiada.
¿El conductor se puede confundir debido a sobrecargo de señales?			**x**	MEDIA	10	No hay un sobrecargo de señales en el retorno.
¿Las señales son frágiles?		**x**		ALTA	7	Su material es bueno, sin embargo, algunas han sufridos daños por posibles factores que pudieron ocasionarlos.
¿Es claro el mensaje de las señales?		**x**		ALTA	9	Brindan la información necesaria para el conductor que está haciendo uso del retorno.
¿Las señales son legibles?		**x**		ALTA	10	El tamaño es adecuado y oportuno.
¿Si las restricciones aplican a cualquier clase de vehículo, son lo suficientemente claras para los conductores?			**x**	MEDIA	5	En este retorno las vías exclusivas para el Metrolínea se encuentran cerradas y no hay señalización clara ni restricciones adecuadas, por lo cual vehículos de todo tipo hacen uso inadecuado de estas.
2. Delineación y demarcado						
¿Es apropiada la función de las líneas en la carretera?		**X**		ALTA	8	Se encuentran en las zonas requeridas.
¿Es consistente a lo largo de la carretera?			**x**	ALTA	5	Están desgastadas y desvanecidas, requieren de mantenimiento y retoque.
¿El pavimento está libre de demarcaciones excesivas?		**x**		MEDIA	10	No tiene demarcaciones de más.
¿Están las líneas de eje, líneas de borde y las líneas de carril?		**x**		ALTA	9	Cuenta con las líneas requeridas a pesar de que requieren mantenimiento.

¿Están instalados los separadores de carril?		**x**		ALTA	7	Algunos de los separadores se encuentran en mal estado y otros dañados completamente.
¿Los separadores de carril están en buenas condiciones?			**x**	ALTA	4	Se encuentran muy desgastados y es necesario la colocación de nuevos separadores.
¿Las condiciones del marcado es buena?			**x**	ALTA	5	Todas las demarcaciones requieren mantenimiento.
¿Es suficiente el contraste entre la línea de marcado y el pavimento?			**x**	MEDIA	6	La intensidad de los colores se ha perdido por el mismo desgaste y perdidas de grava que se ha presentado.
3. Carriles auxiliares						
¿Las alineaciones del comienzo y final de las transiciones están alineadas correctamente?		**x**		ALTA	9	Están alineadas adecuadamente.
¿La distancia de visibilidad es suficiente en el carril auxiliar?			**X**	ALTA	5	La distancia de visibilidad es insuficiente para los usuarios que hacen uso del retorno pues la vía principal se encuentra en una curva.
4. Peatones y ciclistas						
¿Los caminos y cruces son apropiados para peatones y ciclistas?			**x**	ALTA	1	Tanto el retorno como la vía principal dan prioridad a vehículos motorizados poniendo en peligro a ciclistas y peatones
¿El ancho del pavimento es el adecuado para el número de ciclistas que utilizan la vía?			**x**	ALTA	1	el ancho del pavimento en la vía principal no cumple con el ancho adecuado para el flujo de ciclistas en ella.
¿La ciclo ruta está presente y es continua?			**x**	ALTA	1	No está presente la ciclo ruta en la vía
5. Paisajismo						
¿Se recorta la hierba, césped y ramas de los árboles de crecen en la mediana y la orilla de la carretera y retorno?			**x**	MEDIA	7	Es pertinente un mantenimiento de la vegetación en el retorno

¿La vegetación genera problemas de visibilidad en la vía y retorno?			**x**	ALTA	9	A pesar de ser oportuno el mantenimiento de la vegetación, esta no genera problemas de visibilidad para los usuarios
6. Pavimento						
¿El pavimento está libre de defectos que puedan reflejarse en problemas de seguridad?			**x**	ALTA	7	El pavimento se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta pérdida de materiales como grava y arena
¿Las condiciones del borde del pavimento son satisfactorias?		**X**		MEDIA	8	Está en buenas condiciones, quedando por fuera de ser causal de inseguridad en la vía.
¿El pavimento está libre de áreas donde se pueda estancar láminas de agua que puedan contribuir a problemas de seguridad?			**X**	ALTA	5	Se presentan estancamiento de agua en algunas zonas, potenciando la pérdida de control del vehículo en una maniobra rápida o inesperada.
¿El pavimento está libre de perdida de gravas o de otro material?			**X**	ALTA	6	No está en las mejores condiciones, por lo tanto, se está presentando pérdida en sus materiales.

Dados los resultados de la lista de chequeo del retorno de Aranzoque y asociándola con los aspectos que potencian la accidentalidad, se evidencio que los carriles internos del retorno para uso exclusivo de Metrolínea están fuera de servicio, por lo cual es necesario implementar restricciones en ambos sentidos para evitar que hagan uso de éstos. Sin embargo, el sentido Sur – Norte carece de esta restricción permitiendo que los vehículos hagan uso inapropiado de éste. Las delineaciones, demarcaciones y separadores, se encuentran en mal estado, debilitando la visualización de los mismos y provocando que los conductores sean imprudentes y circulen de forma inapropiada. En cuanto a peatones y ciclistas, el retorno carece de vías o puentes para que puedan circular con seguridad aumentando el riesgo de accidentalidad en la zona. Por otro lado, el

pavimento con el que cuenta el retorno presenta pérdidas de material y pequeños estancamientos de agua cuando hay presencia de fuertes lluvias, lo cual a su vez incrementa la ocurrencia de siniestros en el sitio.

6.1.4 Registro Fotográfico del Retorno de Aranzoque

Figura 24

Registro Fotográfico del Retorno de Aranzoque

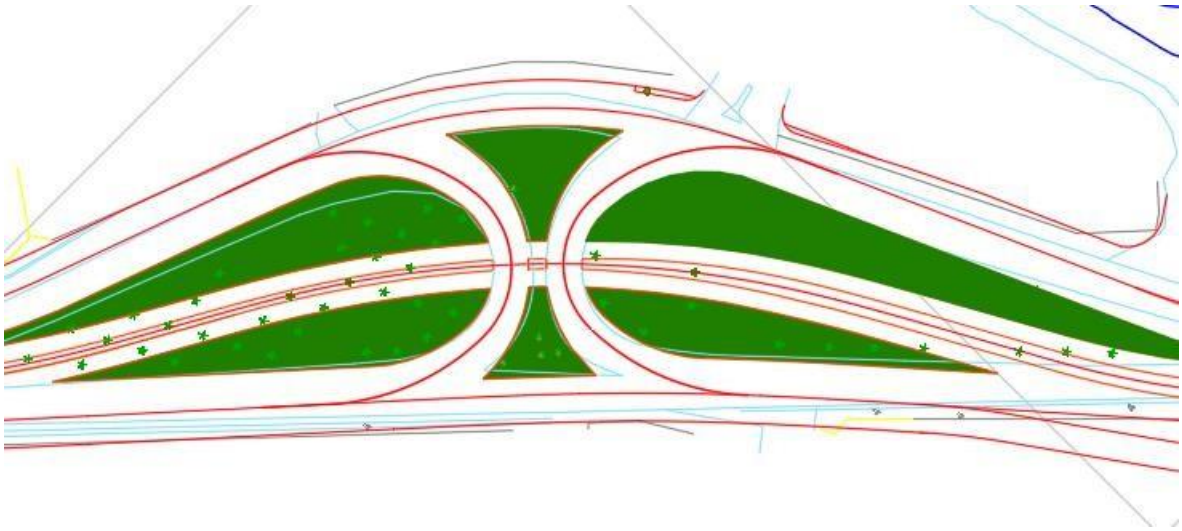
6.2 Retorno UPB

La composición de este retorno, se compone de 3 radios lo que corresponde a la disminución de área, ya que el ancho crítico ocurre en la segunda mitad del retorno, El tipo de vehículo que se tiene en cuenta para el diseño de estos retornos es 3S2.

Para determinar identificar los radios mínimos aplicables se tiene cuenta dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10.

Figura 25

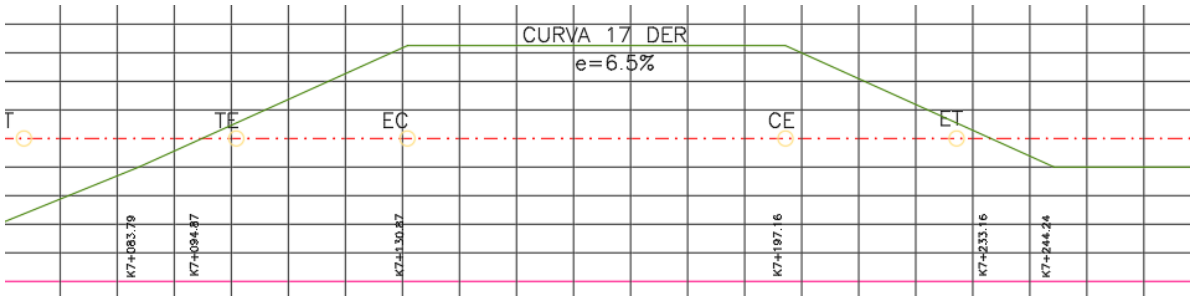
Retorno UPB



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 26

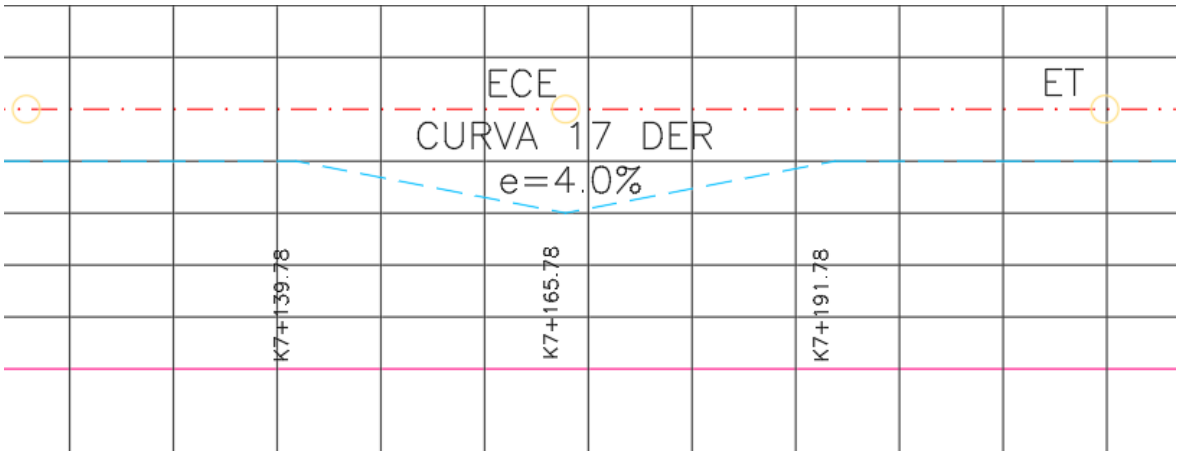
Diagrama de peraltes del retorno UPB zona oriental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 27

Diagrama de peraltes del retorno UPB zona occidental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

6.2.1 Sentido Norte – Sur

Tabla 25

Elementos retorno UPB sentido Norte -Sur

Retorno UPB FL-PI		
Longitud	**deflexión**	**radio**
33.27	40.84°	46.67
32.92	99.26°	19.00
46.94	50.09°	37.75

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.1 Análisis de Rampa de Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (6.50%) – (-4.00%) = 10.5%, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 57.425 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 113.13, por lo que cumple con la longitud.

6.2.1.2 Análisis De Radio. De acuerdo a las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual cumple.

6.2.1.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 19.00 m para el retorno y compararla con la tabla 20 se puede comprobar que está por debajo de la calculada por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.2.1.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio.

Tabla 26

Aforo Vía principal y Retorno UPB.

RETORNO UPB	**AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Norte - Sur)**							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	319	22	1	17	6	5	**370**
	6:15 - 6:30 pm	247	19	0	25	6	3	300
	6:30 - 6:45 pm	207	12	2	33	1	3	258
	6:45 - 7:00 pm	225	21	0	23	2	2	273
	6:00 - 7:00 pm	**998**	**74**	**3**	**98**	**15**	**13**	**1201**
	PORCENTAJE	**Pa**	**83%**	**Pb**	**6%**	**Pc**	**10%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Sur)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	63	0	5	1	0	0	69
	6:15 - 6:30 pm	36	1	5	0	0	0	42
	6:30 - 6:45 pm	43	0	5	0	0	0	48
	6:45 - 7:00 pm	35	0	4	5	1	0	45
	6:00 - 7:00 pm	**177**	**1**	**19**	**6**	**1**	**0**	**204**
	PORCENTAJE	**Pa**	**87%**	**Pb**	**10%**	**Pc**	**3%**	**17%**
	AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Sur - Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	356	8	5	17	4	11	**401**
	6:15 - 6:30 pm	338	12	8	28	2	10	398
	6:30 - 6:45 pm	325	17	7	26	5	14	394
	6:45 - 7:00 pm	275	8	4	23	6	8	324
	6:00 - 7:00 pm	**1294**	**45**	**24**	**94**	**17**	**43**	**1517**
	PORCENTAJE	**Pa**	**85%**	**Pb**	**5%**	**Pc**	**10%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	18	0	0	0	0	0	18
	6:15 - 6:30 pm	13	0	0	0	0	0	13
	6:30 - 6:45 pm	12	0	0	0	0	0	12
	6:45 - 7:00 pm	13	0	0	0	0	0	13
	6:00 - 7:00 pm	**56**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**56**
	PORCENTAJE	**Pa**	**100%**	**Pb**	**0%**	**Pc**	**0%**	**4%**

Calculamos el nivel de servicio en el retorno de UPB en vía principal Norte-Sur. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:00-6:15pm con 370 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1201 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1201\ vph}{4(370\ vph)} = 0.81$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1201\ vph}{0.81} = 1483\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 10.5(4-1) + 6.4(3-1) + 83.1(2-1)} = 0.439$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{c_j (N)(f_A)(f_{VP})(f_c)} = \frac{1483}{1900 * 2 * 0.98 * 0.439 * 1} = 0.907$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal Norte - Sur en UPB es D, ya que, v/c se encuentra entre 0.64-0.99, pero, cerca de nivel E. Esto representa un flujo vehicular elevado pero estable, las maniobras un poco restringidas.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1 * 2 * 0.98 * 0.439 * 1 = 1634\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1634 - 1483 = 151\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 151 vehículos por hora en un sentido menos que en la hora de máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal se encuentra cerca del límite de su capacidad para el volumen de vehículos que transporta.

Además, basado en el aforo realizado se tiene en cuenta que 204 de 1201 vehículos en sentido Norte - Sur toman el retorno; al tener un nivel de servicio D en la vía principal del retorno de UPB y una capacidad cerca del límite por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

6.2.2 Sentido Sur – Norte

Tabla 27

Elementos retorno UPB sentido Sur -Norte

Retorno UPB FL-PI		
Longitud	**deflexión**	**radio**
42.69	61.04°	40.07
29.24	95.74°	17.50
33.71	41.50°	46.54

Fuente: Fuente propia

6.2.2.1 Análisis De Radio. De acuerdo a las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual cumple.

6.2.2.2 Análisis De Rampa De Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (6.50%) – (-4.00%) = 10.5%, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 57.425 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 105.64, por lo que cumple con la longitud.

6.2.2.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 17.5m para el retorno y compararla con la tabla 20 se puede comprobar que está por debajo de la calculada por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.2.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio. Calculamos el nivel de servicio en el retorno de UPB en vía principal Sur-Norte. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:00-6:15pm con 401 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1517 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1517\ vph}{4(401\ vph)} = 0.945$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1517\ vph}{0.945} = 1605\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 10(4-1) + 5(3-1) + 85(2-1)} = 0.444$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{\cancel{c_j (N)(f_A)(f_{VP})(f_c)}} = \frac{1605}{\cancel{1900 * 2 * 0.98 * 0.444 * 1}} = 0.970$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal Sur-Norte en UPB es D, ya que, v/c se encuentra entre 0.64-0.99, pero, cerca de nivel E. Esto representa un flujo vehicular elevado pero estable, las maniobras un poco restringidas.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1 * 2 * 0.98 * 0.444 * 1 = 1653\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1653 - 1605 = 48\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 48 vehículos menos por hora en un sentido menos durante la hora de máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal se encuentra superada por el límite de su capacidad para el volumen de vehículos que transporta.

Además, basado en el aforo realizado se tiene en cuenta que 56 de 1517 vehículos en sentido Sur – Norte toman el retorno; al tener un nivel de servicio D en la vía principal del retorno de UPB y una capacidad en el límite por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

6.2.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno UPB

A continuación, se evidencia la lista de chequeo con la que se evaluó el retorno UPB.

Allí se encuentra la respuesta a cada parámetro establecido, la prioridad que dicho parámetro tiene, la calificación (siendo: 1-3 malo, 4-7 regular y 8-10 bueno) y los comentarios acerca de lo encontrado. Con esta lista y las fotografías registradas del retorno UPB, se puede comprobar la veracidad del chequeo realizado en campo.

Tabla 28

Lista de chequeo retorno UPB.

	N/A	SI	NO	PRIORIDAD	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS
1. Señales de tránsito y semaforización						
¿Los semáforos se encuentran en funcionamiento?		x		ALTA	10	El semáforo cumple su función.
¿Los semáforos se encuentran en buen estado?		x		MEDIA	9	Están en buen estado, es oportuno hacer un mantenimiento.
¿Los semáforos están ubicados de manera correcta, es decir, que esté al alcance apropiado para la visualización del conductor?		x		ALTA	9	Están ubicados de manera correcta, son visibles para el usuario.
¿Se requiere de iluminación?		**x**		ALTA	9	Cuenta con iluminación necesaria para la visibilidad de los conductores.
¿La iluminación que se proporciona es suficiente?		**x**		ALTA	9	Es suficiente y permite a los usuarios hacer uso del retorno sin problemas de visibilidad.
¿La carretera está libre de objetos que interrumpan la iluminación?		**x**		ALTA	9	Los postes de luz se encuentran libres de cualquier objeto que impida la iluminación.
¿Hay zonas que no estén cubiertas por la iluminación?			**x**	BAJA	9	La vía perteneciente al retorno cuenta con la iluminación requerida.
¿Las señales son claras y sencillas de entender?		**x**		ALTA	10	Las señales cumplen con las normas por lo cual proporcionan la información clara y sencilla
¿Es necesario instalar todas las señales preventivas, obligatorias e informativas en la vía?		**x**		ALTA	9	Es muy necesario instalar todas estas señales en el retorno, debe hacerse un mantenimiento, pero estas son claras y sencillas.

¿Las señales presentes son las adecuadas en cada situación?	**x**		MEDIA	10	Son las indicadas para el retorno y cumplen la función informativa y preventiva.
¿Todas las señales son eficaces para todas las condiciones probables (¿el día, la noche, la lluvia, luces de vehículos, falta de iluminación?	**x**		ALTA	9	En condiciones de fuertes lluvias pueda llegar a dificultarse la visualización.
¿La retroreflección de las señales es satisfactoria?	**x**		ALTA	10	todas las señales cumplen con esta característica de forma apropiada.
¿El conductor se puede confundir debido a sobrecargo de señales?		**x**	MEDIA	10	No hay un sobrecargo de señales en el retorno.
¿Las señales son frágiles?	**x**		ALTA	7	Su material es bueno, sin embargo, algunas han sufridos daños por posibles factores que pudieron ocasionarlos.
¿Es claro el mensaje de las señales?	**x**		ALTA	9	Brindan la información necesaria para el conductor que está haciendo uso del retorno.
¿Las señales son legibles?	**x**		ALTA	10	El tamaño es adecuado y oportuno.
¿Si las restricciones aplican a cualquier clase de vehículo, son lo suficientemente claras para los conductores?	**x**		-	-	-
2. Delineación y demarcado					
¿Es apropiada la función de las líneas en la carretera?	**x**		ALTA	8	Se encuentran en las zonas requeridas.
¿Es consistente a lo largo de la carretera?		**x**	ALTA	5	Están desgastadas y desvanecidas, requieren de mantenimiento y retoque.
¿El pavimento está libre de demarcaciones excesivas?	**x**		MEDIA	10	No tiene demarcaciones de más.
¿Están las líneas de eje, líneas de borde y las líneas de carril?	**x**		ALTA	9	Cuenta con las líneas requeridas a pesar de que requieren mantenimiento.
¿Están instalados los separadores de carril?	**x**		ALTA	7	Algunos de los separadores se encuentran en mal estado y otros dañados completamente.
¿Los separadores de carril están en buenas condiciones?		**x**	ALTA	4	Se encuentran muy desgastados y es necesario la colocación de nuevos separadores.
¿Las condiciones del marcado es buena?		**x**	ALTA	5	Todas las demarcaciones requieren mantenimiento.
¿Es suficiente el contraste entre la línea de marcado y el pavimento?		**x**	MEDIA	6	La intensidad de los colores se ha perdido por el mismo desgaste y perdidas de grava que se ha presentado.
3. Carriles auxiliares					
¿Las alineaciones del comienzo y final de las transiciones están alineadas correctamente?	**x**		ALTA	9	Están alineadas adecuadamente, es oportuno hacer mantenimiento.
¿La distancia de visibilidad es suficiente en el carril auxiliar?	**x**		ALTA	8	La distancia de visibilidad es suficiente para observar la vía principal.
4. Peatones y ciclistas					
¿Los caminos y cruces son apropiados para peatones y ciclistas?		**x**	ALTA	1	Tanto el retorno como la vía principal dan prioridad a vehículos motorizados poniendo en peligro a ciclistas y peatones
¿El ancho del pavimento es el adecuado para el número de ciclistas que utilizan la vía?		**x**	ALTA	1	el ancho del pavimento en la vía principal no cumple con el ancho adecuado para el flujo de ciclistas en ella.
¿La ciclo ruta está presente y es continua?		**x**	ALTA	1	No está presente la ciclo ruta en la vía
5. Paisajismo					

¿Se recorta la hierba, césped y ramas de los árboles de crecen en la mediana y la orilla de la carretera y retorno?		**x**	MEDIA	7	Es pertinente un mantenimiento de la vegetación en el retorno
¿La vegetación genera problemas de visibilidad en la vía y retorno?		**x**	ALTA	9	A pesar de ser oportuno el mantenimiento de la vegetación, esta no genera problemas de visibilidad para los usuarios
6. Pavimento					
¿El pavimento está libre de defectos que puedan reflejarse en problemas de seguridad?		**x**	ALTA	7	El pavimento se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta perdida de materiales como grava y arena
¿Las condiciones del borde del pavimento son satisfactorias?	**X**		MEDIA	8	Está en buenas condiciones, quedando por fuera de ser causal de inseguridad en la vía.
¿El pavimento está libre de áreas donde se pueda estancar láminas de agua que puedan contribuir a problemas de seguridad?		**X**	ALTA	5	Se presentan estancamiento de agua en algunas zonas, potenciando la pérdida de control del vehículo en una maniobra rápida o inesperada.
¿El pavimento está libre de perdida de gravas o de otro material?		**X**	ALTA	6	No está en las mejores condiciones, por lo tanto, se está presentando pérdida en sus materiales.

Dados los resultados de la lista de chequeo del retorno de UPB y asociándola con los aspectos que potencian la accidentalidad, se evidencio que las líneas de demarcación de carriles auxiliares y de salida y entrada del retorno no están en las mejores condiciones y a pesar de que están ubicadas correctamente, su consistencia y tono no son los apropiados, están borrosas y desgastadas lo cual genera que los conductores en ocasiones hagan maniobras imprudentes o circulen de forma inapropiada, teniendo en cuenta que también existe una vía secundaria que se conecta con la vía principal en sentido sur-norte muy cercana al retorno (vía a calatrava).

En cuanto a peatones y ciclistas, el retorno carece de vías o puentes para que puedan circular con seguridad aumentando el riesgo de accidentalidad en la zona. Por otro lado, el pavimento con el que cuenta el retorno presenta pérdidas de material y pequeños estancamientos de agua cuando hay presencia de fuertes lluvias, lo cual a su vez incrementa el riesgo de accidentes en el sitio.

6.2.4 Registro Fotográfico Del Retorno UPB

Figura 28

Registro Fotográfico Del Retorno UPB

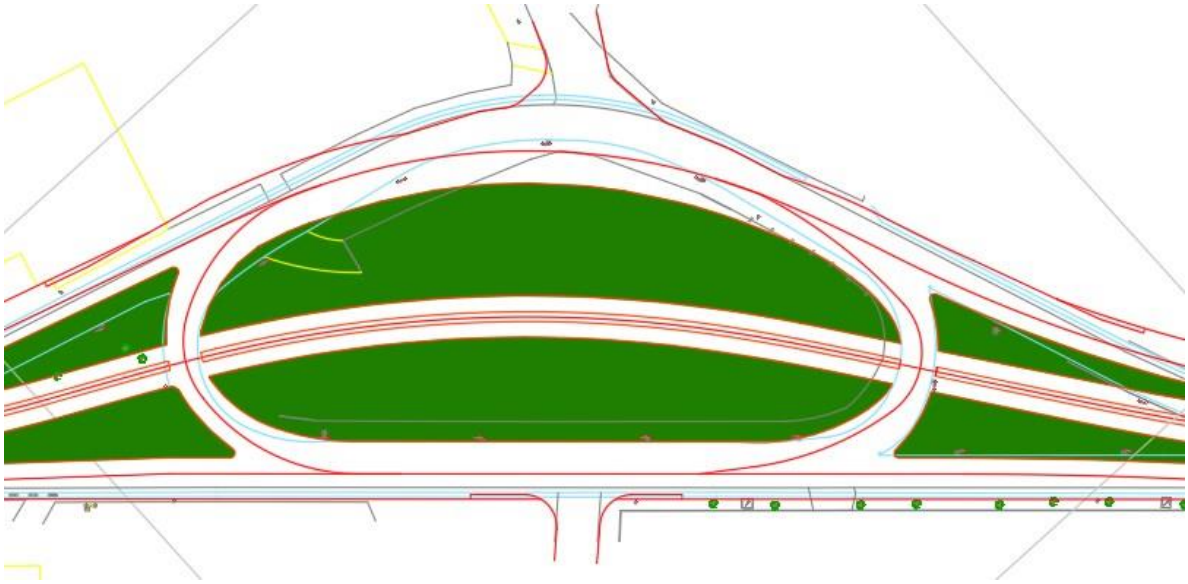
6.3 Retorno Menzuly

La composición de este retorno se compone de 3 radios lo que corresponde a la disminución de área, ya que el ancho crítico ocurre en la segunda mitad del retorno, El tipo de vehículo que se tiene en cuenta para el diseño de estos retornos es 3S2.

Para determinar identificar los radios mínimos aplicables se tiene cuenta dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10.

Figura 29

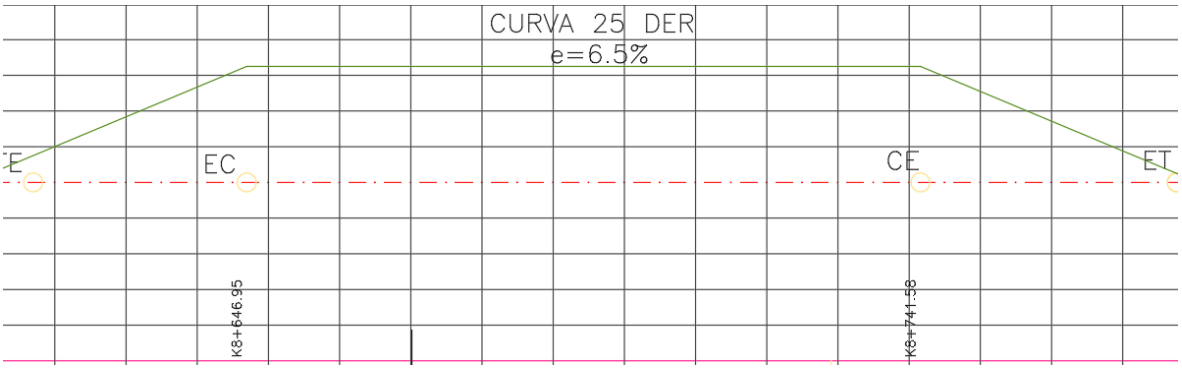
Retorno Menzuly



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 30

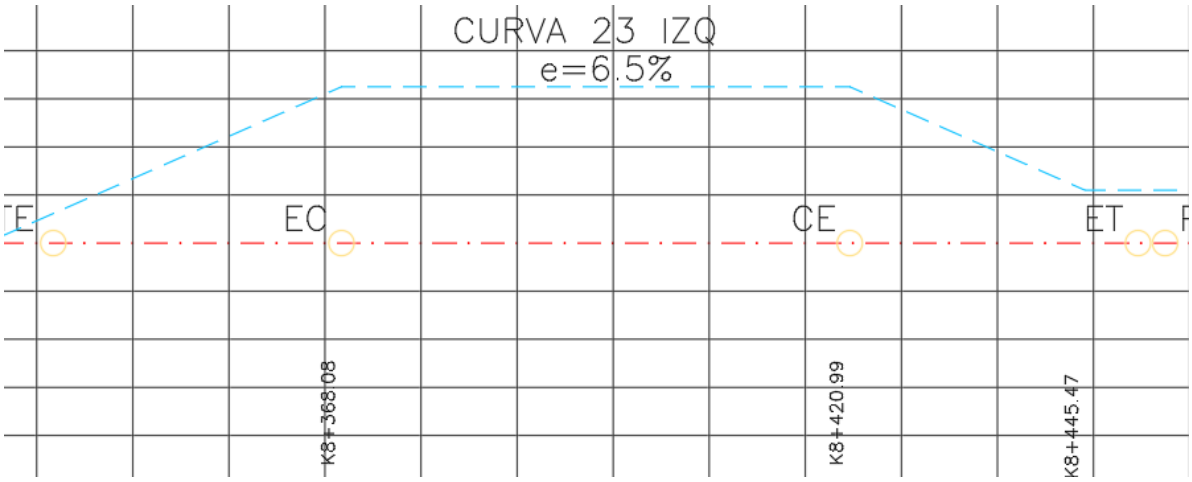
Diagrama de peraltes del retorno Menzuly zona oriental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 31

Diagrama de peraltes del retorno Menzuly zona occidental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

6.3.1 Sentido Norte – Sur

Tabla 29

Elementos retorno Menzuly sentido Norte -Sur

Retorno Menzuli FL-PI		
Longitud	**deflexión**	**radio**
44.25	28.46°	66.22
26.25	94.68°	15.88
40.16	21.13°	108.90

Fuente: Fuente propia

6.3.1.1 Análisis de Rampa de Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (6.50%) – (-6.5%) = 13.0 %, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 71.09 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 110.65, por lo que cumple con la longitud.

6.3.1.2 Análisis de Radio. De acuerdo a las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual cumple.

6.3.1.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 15.88 m para el retorno y compararla con la tabla 20 se puede comprobar que está por debajo de la calculada por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.3.1.4 Cálculo Y Análisis De Capacidad Y Nivel De Servicio.

Tabla 30

Aforo Vía principal y aforo Menzuly.

RETORNO MENZULY	**AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Norte - Sur)**							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAM (2)	CAM (3)	CAM (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	360	16	1	28	4	10	419
	6:15 - 6:30 pm	376	10	7	23	1	4	**421**
	6:30 - 6:45 pm	302	16	3	23	5	4	353
	6:45 - 7:00 pm	254	14	3	26	5	1	303
	6:00 - 7:00 pm	**1292**	**56**	**14**	**100**	**15**	**19**	**1496**
	PORCENTAJE	**Pa**	**86%**	**Pb**	**5%**	**Pc**	**9%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Sur)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	7	0	0	0	0	0	7
	6:15 - 6:30 pm	9	1	0	0	0	0	10
	6:30 - 6:45 pm	3	0	0	0	0	0	3
	6:45 - 7:00 pm	3	1	0	0	0		4
	6:00 - 7:00 pm	**22**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**24**
	PORCENTAJE	**Pa**	**92%**	**Pb**	**8%**	**Pc**	**0%**	**2%**
	AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Sur - Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	261	17	7	15	3	9	312
	6:15 - 6:30 pm	243	12	3	13	3	6	280
	6:30 - 6:45 pm	164	9	2	20	1	1	197
	6:45 - 7:00 pm	235	115	4	19	3	8	**384**

	6:00 - 7:00 pm	**903**	**153**	**16**	**67**	**10**	**24**	**1173**
	PORCENTAJE	**Pa**	**77%**	**Pb**	**14%**	**Pc**	**9%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	11	0	0	0	0	2	13
	6:15 - 6:30 pm	11	0	0	0	0	1	12
	6:30 - 6:45 pm	5	0	0	0	0	2	7
	6:45 - 7:00 pm	9	0	0	0	0	2	11
	6:00 - 7:00 pm	**36**	**0**	**0**	**0**	**0**	**7**	**43**
	PORCENTAJE	**Pa**	**84%**	**Pb**	**0%**	**Pc**	**16%**	**4%**

Calculamos el nivel de servicio en el retorno de Menzuly en vía principal Norte-Sur. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:15-6:30pm con 421 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1496 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1496\ vph}{4(421\ vph)} = 0.89$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1496\ vph}{0.89} = 1680\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 9(4-1) + 5(3-1) + 86(2-1)} = 0.448$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{\cancel{c_j (N)(f_A)(f_{VP})(f_c)}} = \frac{1680}{\cancel{1900 * 2 * 0.98 * 0.448 * 1}} = 1$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal en Menzuly Norte-Sur es E. Esto representa un flujo vehicular elevado produciendo colapsos vehiculares y mantiene las maniobras un poco restringidas.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1.00 * 2 * 0.98 * 0.448 * 1 = 1668\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1668 - 1680 = -12\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 12 vehículos más por hora en un sentido durante la máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal se encuentra cerca del límite de su capacidad para el volumen de vehículos que transporta.

Además, basado en el aforo realizado se tiene en cuenta que 24 de 1496 vehículos en sentido Norte - Sur toman el retorno; al tener un nivel de servicio E en la vía principal del retorno de Menzuly y una capacidad cerca del límite por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

6.3.2 Sentido Sur – Norte

Tabla 31

Elementos retorno Menzuly sentido Sur -Norte

Retorno Menzuly PI - FL		
Longitud	**deflexión**	**radio**
40.24	57.16°	40.33
18.37	52.62°	20.00
38.83	52.06°	42.74

Fuente: Propia

6.3.2.1 Análisis de Radio. De acuerdo a las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual cumple.

6.3.2.2 Análisis de Rampa de Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (6.50%) – (-6.5%) = 13.0 %, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 71.09 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 97.44 m, por lo que cumple con la longitud.

6.3.2.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 20.0 m para el retorno y compararla con la tabla 20 se puede comprobar que está por debajo de la calculada por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.3.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio. Calculamos el nivel de servicio en el retorno de Menzuly en vía principal Sur-Norte según los datos de la tabla 29. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:45-7:00pm con 384 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1173 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1173\ vph}{4(384\ vph)} = 0.76$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1173\ vph}{0.76} = 1543\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 9(4-1) + 14(3-1) + 77(2-1)} = 0.431$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{c_j (N)(f_A)(f_{VP})(f_c)} = \frac{1543}{1900 * 2 * 0.98 * 0.431 * 1} = 0.96$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal en Menzuly Norte-Sur es D. Esto representa un flujo vehicular elevado pero estable produciendo posibles colapsos vehiculares y mantiene las maniobras un poco restringidas.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1 * 2 * 0.98 * 0.431 * 1 = 1605\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1605 - 1543 = 62\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 62 vehículos menos por hora en un sentido durante la máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal se encuentra cerca del límite de su capacidad para el volumen de vehículos que transporta.

Además, basado en el aforo realizado se tiene en cuenta que 43 de 1173 vehículos en sentido Sur-Norte toman el retorno; al tener un nivel de servicio D en la vía principal del retorno y una capacidad cerca del límite por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

6.3.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno Menzuly

A continuación, se evidencia la lista de chequeo con la que se evaluó el retorno de Menzuly.

Allí se encuentra la respuesta a cada parámetro establecido, la prioridad que dicho parámetro tiene, la calificación (siendo: 1-3 malo, 4-7 regular y 8-10 bueno) y los comentarios acerca de lo

encontrado. Con esta lista y las fotografías registradas del retorno de Menzuly, se puede comprobar la veracidad del chequeo realizado en campo.

Tabla 32

Lista de chequeo retorno Menzuly.

	N/A	SI	NO	PRIORIDAD	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS
1. Señales de tránsito y semaforización						
¿Están instaladas todas las señales de tránsito de acuerdo con las normas exigidas?		**x**		ALTA	8	Se requiere en algunas de las señales un oportuno mantenimiento.
¿Los semáforos se encuentran en funcionamiento?			**x**	ALTA	4	Es importante que operen para minimizar probabilidades de accidentes e imprudencias por parte de los conductores.
¿Los semáforos se encuentran en buen estado?		**x**		ALTA	8	Están en buenas condiciones, pero necesitan ser activados.
¿Los semáforos están ubicados de manera correcta, es decir, que esté al alcance apropiado para la visualización del conductor?		**x**		ALTA	9	Ubicados de manera apropiada a los ojos del conductor.
¿Se requiere de iluminación?			**x**	ALTA	8	Cuenta con iluminación necesaria para la visibilidad de los conductores.
¿La iluminación que se proporciona es suficiente?		**x**		ALTA	8	Es suficiente y permite a los usuarios hacer uso del retorno sin problemas de visibilidad.
¿La carretera está libre de objetos que interrumpan la iluminación?		**x**		ALTA	9	Los postes de luz se encuentran libres de cualquier objeto que impida la iluminación.
¿Hay zonas que no estén cubiertas por la iluminación?			**x**	BAJA	9	La vía perteneciente al retorno cuenta con la iluminación requerida.
¿Las señales son claras y sencillas de entender?		**x**		ALTA	9	Son señales muy generales ante la cultura que debe tener un conductor.

¿Es necesario instalar todas las señales preventivas, obligatorias e informativas en la vía?			**x**	MEDIA	9	Cuenta con las señales necesarias.
¿Las señales presentes son las adecuadas en cada situación?		**x**		ALTA	9	Son las indicadas para el retorno y cumplen la función informativa y preventiva.
¿Todas las señales son eficaces para todas las condiciones probables (¿el día, la noche, la lluvia, luces de vehículos, falta de iluminación?		**x**		ALTA	9	Solo en condiciones lluviosas pueda llegar a dificultarse su visualización.
¿La retrorreflección de las señales es satisfactoria?		**x**		ALTA	9	La reflección que manejan es la adecuada.
¿El conductor se puede confundir debido a sobrecargo de señales?			**x**	MEDIA	9	Se encuentran las necesarias.
¿Las señales son frágiles?		**x**		ALTA	5	Su material es bueno, sin embargo, algunas han sufridos daños por posibles factores que pudieron ocasionarlos.
¿Es claro el mensaje de las señales?		**x**		ALTA	9	Brindan la información necesaria para el conductor que está haciendo uso del retorno.
¿Las señales son legibles?		**x**		ALTA	9	El tamaño es adecuado y oportuno.
¿Si las restricciones aplican a cualquier clase de vehículo, son lo suficientemente claras para los conductores?		**x**		ALTA	8	Únicamente uno de los carriles de Metrolínea tenía dos conos como restricción para el paso del bus.
2. Delineación y demarcado						
¿Es apropiada la función de las líneas en la carretera?		**x**		ALTA	8	Se encuentran en las zonas requeridas.
¿Es consistente a lo largo de la carretera?			**x**	ALTA	5	Están desgastadas y desvanecidas, requieren de mantenimiento y retoque.
¿El pavimento está libre de demarcaciones excesivas?		**x**		MEDIA	8	No tiene demarcaciones de más.

¿Están las líneas de eje, líneas de borde y las líneas de carril?		**x**		ALTA	9	Cuenta con las líneas requeridas.
¿Están instalados los separadores de carril?		**x**		ALTA	7	Algunos de los separadores se encuentran en mal estado y otros ya no están, quedando el vacío del respectivo separador.
¿Los separadores de carril están en buenas condiciones?			**x**	ALTA	4	Muy desgastados y maltratados. Es necesario la colocación de nuevos separadores.
¿Las condiciones del marcado es buena?			**x**	ALTA	5	Todas las demarcaciones requieren retoques.
¿Es suficiente el contraste entre la línea de marcado y el pavimento?			**x**	MEDIA	6	La intensidad de los colores se ha perdido por el mismo desgaste que se ha presentado.
3. Carriles auxiliares						
¿Las alineaciones del comienzo y final de las transiciones están alineadas correctamente?		**x**		ALTA	9	Están alineadas adecuadamente.
¿La distancia de visibilidad es suficiente al final del carril auxiliar?			**X**	ALTA	5	Por la geografía en la que está localizada el retorno, se dificulta la completa y necesaria visibilidad para los conductores al salir del carril auxiliar.
4. Peatones y ciclistas						
¿Los caminos y cruces son apropiados para peatones y ciclistas?			**x**	ALTA	1	Tanto el retorno como la vía principal dan prioridad a vehículos motorizados poniendo en peligro a ciclistas y peatones.
¿El ancho del pavimento es el adecuado para el número de ciclistas que utilizan la vía?			**x**	ALTA	1	El ancho del pavimento en la vía principal no cumple con el ancho adecuado para el flujo de ciclistas en ella.
¿La ciclo ruta está presente y es continua?			**x**	ALTA	1	No está presente la ciclo ruta en la vía.
5. Paisajismo						
¿Se recorta la hierba, césped y ramas de los árboles de crecen en la			**x**	ALTA	2	El nivel en el que se encuentra la vegetación es demasiado abundante.

mediana y la orilla de la carretera y retorno?						
¿La vegetación genera problemas de visibilidad en la vía y retorno?		**x**		ALTA	3	Debido al exceso de vegetación se producen los problemas de visibilidad y percepción en los conductores.
6. Pavimento						
¿El pavimento está libre de defectos que puedan reflejarse en problemas de seguridad?			**x**	ALTA	7	El pavimento se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta una serie de fallas.
¿Las condiciones del borde del pavimento son satisfactorias?		**X**		MEDIA	8	Está en buenas condiciones, quedando por fuera de ser causal de inseguridad en la vía.
¿El pavimento está libre de áreas donde se pueda estancar láminas de agua que puedan contribuir a problemas de seguridad?			**X**	ALTA	5	Se presentan estancamiento de agua en algunas zonas, potenciando la pérdida de control del vehículo en una maniobra rápida o inesperada.
¿El pavimento está libre de perdida de gravas o de otro material?			**X**	ALTA	6	No está en las mejores condiciones, por lo tanto, se está presentando pérdida en sus materiales.

Con los resultados obtenidos de la lista de chequeo del retorno de Menzuly y asociándola con los factores que potencian la accidentalidad, se evidencio que el carril interno en sentido Sur - Norte del retorno para uso exclusivo de Metrolínea está fuera de servicio, ya que la geografía de este lado de la carretera es muy peligrosa para los usuarios tanto de la vía principal como para los que salen del retorno rumbo al norte; dado esta situación, se aplicó la restricción para el ingreso de este carril minimizando las posibilidades de accidente en este punto. El otro carril interno de Metrolínea en sentido Norte – Sur, está funcionando con normalidad puesto que este sentido del retorno está ubicado sobre una recta y se anulan de manera considerable las posibles inseguridades que se puedan presentar. Un punto fundamental, es la poca visibilidad con la que cuentan los

conductores que salen del retorno en el sentido Sur – Norte por medio del carril auxiliar, es un parámetro que siempre prevalecerá y por el cual los usuarios deben tener más cautela para salir exitosamente a la vía principal. Es importante destacar, la presencia de una vía secundaria justo en frente del retorno, en donde varios vehículos que salen del retorno comenten la imprudencia de cruzar la vía en medio de la curva elevando los riesgos de ocurrencia de siniestros que impliquen al retorno.

La vegetación que se presenta en bastante abundante, se nota la falta de mantenimiento desde hace un largo tiempo en el retorno, lo que desencadena que el exceso de vegetación interfiera directamente con la visualización de los conductores y les provoque incertidumbre mientras pasan por el retorno. Las delineaciones, demarcaciones y separadores, se encuentran en mal estado, debilitando la visualización de los mismos y provocando que los conductores sean imprudentes y circulen de forma inapropiada. En cuanto a peatones y ciclistas, el retorno carece de vías o puentes para que puedan circular con seguridad aumentando el riesgo de accidentalidad en la zona. Por otro lado, el pavimento con el que cuenta el retorno presenta pérdidas de material, estancamientos de agua, fallas y agrietamiento sobre el pavimento; lo cual a su vez incrementa la ocurrencia de siniestros en el sitio.

6.3.4 Registro Fotográfico del Retorno de Menzuly

Figura 32

Registro Fotográfico del Retorno de Menzuly

6.4 Retorno La Española

La composición de este retorno, se compone de 3 radios lo que corresponde a la disminución de área, ya que el ancho crítico ocurre en la segunda mitad del retorno, El tipo de vehículo que se tiene en cuenta para el diseño de estos retornos es 3S2.

Para determinar identificar los radios mínimos aplicables se tiene cuenta dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10.

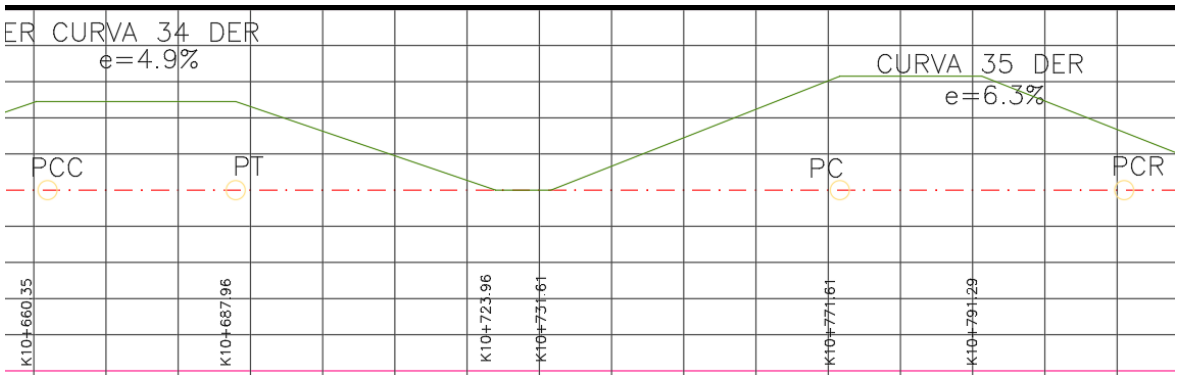
Figura 33

Retorno La Española

Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 34

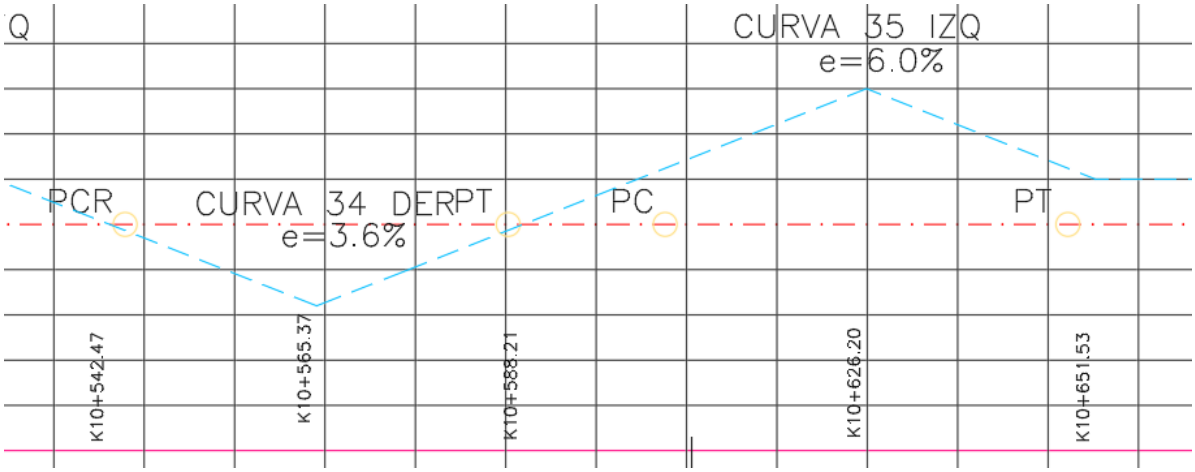
Diagrama de peraltes del retorno La Española zona oriental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

Figura 35

Diagrama de peraltes del retorno La Española zona occidental



Fuente: Estudios y diseños para la adecuación a tercer carril de la doble calzada existente desde Floridablanca a Piedecuesta

6.4.1 Sentido Norte – Sur

Tabla 33

Elementos retorno La Españolita sentido Norte -Sur

Retorno UPB FL-PI		
Longitud	**Deflexión**	**radio**
33.27	40.84°	46.67
32.92	99.26°	19.00
46.94	50.09°	37.75

Fuente: Propia

6.4.1.1 Análisis de Rampa de Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (4.90%) – (-3.60%) = 8.5%, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 57.425 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 113.13, por lo que cumple con la longitud.

6.4.1.2 Análisis de Radio. De acuerdo con las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual cumple.

6.4.1.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 19.00 m para el retorno y compararla con la tabla 20 se puede comprobar que está por debajo de la calculada por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.4.1.4 Cálculo y Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio.

Tabla 34

Aforo Vía principal y retorno Española.

RETORNO ESPAÑOLITA	**AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Norte - Sur)**							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	308	10	5	24	4	7	358
	6:15 - 6:30 pm	328	16	2	24	1	8	**379**
	6:30 - 6:45 pm	294	13	2	27	0	5	341
	6:45 - 7:00 pm	304	11	1	18	2	7	343
	6:00 - 7:00 pm	**1234**	**50**	**10**	**93**	**7**	**27**	**1421**
	PORCENTAJE	**Pa**	**87%**	**Pb**	**4%**	**Pc**	**9%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Sur)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	11	1	0	0	0	1	13
	6:15 - 6:30 pm	14	0	0	1	0	0	15
	6:30 - 6:45 pm	10	0	0	3	0	0	13
	6:45 - 7:00 pm	8	0	0	0	0	0	8
	6:00 - 7:00 pm	**43**	**1**	**0**	**4**	**0**	**1**	**49**
	PORCENTAJE	**Pa**	**88%**	**Pb**	**2%**	**Pc**	**10%**	**3%**
	AFOROS DE TRÁNSITO VÍA PRINCIPAL (Sur - Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	268	13	3	10	1	6	301
	6:15 - 6:30 pm	272	9	5	10	1	7	**304**
	6:30 - 6:45 pm	256	6	3	13	2	4	284
	6:45 - 7:00 pm	234	4	2	11	1	4	256
	6:00 - 7:00 pm	**1030**	**32**	**13**	**44**	**5**	**21**	**1145**
	PORCENTAJE	**Pa**	**90%**	**Pb**	**4%**	**Pc**	**6%**	
	AFOROS DE TRÁNSITO RETORNO (retorno al Norte)							
	HORA	AUTOMOVILES	BUS MEDIANO	BUS GRANDE	CAMIÓN (2)	CAMIÓN (3)	CAMIÓN (3S2)	TOTALES
	6:00 - 6:15 pm	12	1	0	0	0	0	13
	6:15 - 6:30 pm	6	0	1	1	0	0	8
	6:30 - 6:45 pm	8	0	0	0	0	1	9
	6:45 - 7:00 pm	2	0	0	0	0	0	2
	6:00 - 7:00 pm	**28**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**32**
	PORCENTAJE	**Pa**	**88%**	**Pb**	**6%**	**Pc**	**6%**	**3%**

Calculamos el nivel de servicio en el retorno de La Española en vía principal Norte-Sur. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:15-6:30pm con 379 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1421 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1421\ vph}{4(379\ vph)} = 0.937$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1421\ vph}{0.937} = 1516\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 9(4-1) + 4(3-1) + 87(2-1)} = 0.45$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{c_j (N)(f_A)(f_{VP})(f_c)} = \frac{1516}{1900 * 2 * 0.98 * 0.45 * 1} = 0.90$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal en La Española Norte-Sur es D. Esto representa un flujo vehicular elevado pero manejable, provocando ocasionalmente colapsos vehiculares y mantiene las maniobras un poco restringidas.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1 * 2 * 0.98 * 0.45 * 1 = 1675\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1675 - 1516 = 159\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 159 vehículos menos de la capacidad por hora en un sentido durante la máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal se encuentra cerca del límite de su capacidad para el volumen de vehículos que transporta.

Además, basado en el aforo realizado se tiene en cuenta que 49 de 1421 vehículos en sentido Norte - Sur toman el retorno; al tener un nivel de servicio D en la vía principal del retorno y una capacidad cerca del límite por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

6.4.2 Sentido Sur – Norte

Tabla 35

Elementos retorno La Españolita sentido Sur -Norte

Retorno La Españolita FL-PI		
Longitud	**deflexión**	**radio**
32.55	37.62°	49.57
32.89	107.67°	17.50
31.70	34.28°	52.98

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.1 Análisis De Radio. De acuerdo a las dimensiones y trayectorias de giro para camión Categoría 3S2 de la ilustración 10 se tiene que la trayectoria de giro mínimo que se debe tener en cuenta para este tipo de retornos es de 14.13 m, por lo que el radio aplicado en el diseño actual cumple.

6.4.2.2 Análisis de Rampa de Peralte. En base al diagrama de peralte anteriormente mostrado, se tiene una diferencia aritmética de peraltes de (6.30%) – (-6.00%) = 12.3%, y dado el ancho del retorno de 7.3 m se tiene que longitud mínima de transición de acuerdo a lo calculado en la tabla 19 debe ser de 68.36 m.

La longitud que se tiene para este retorno es de 98.06, por lo que cumple con la longitud.

6.4.2.3 Análisis Ancho. Dado un ancho de 7.3 m y teniendo un radio de 17.5m para el retorno y compararla con la tabla 20 se puede comprobar que está por debajo de la calculada por lo que los vehículos al tratar de realizar la trayectoria mediante este eje, el vehículo no podrá completarla lo cual puede llegar a causar accidentalidad.

6.4.2.4 Cálculo y Análisis de Capacidad Nivel de Servicio. Calculamos el nivel de servicio en el retorno de La Española en vía principal Sur-Norte según los datos de la tabla 32. Se identifica el flujo máximo de 15 minutos que es 6:15-6:30pm con 304 vehículos totales, también identificamos el VHMD = 1145 como los vehículos totales máximos durante la hora de análisis.

$$FHMD = \frac{1145\ vph}{4(304\ vph)} = 0.94$$

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{1145\ vph}{0.94} = 1218\ vph$$

Calculamos el factor por vehículos pesados, teniendo en cuenta los valores de fa = 0.98, fc= 1.00, Ec = 4.0, Eb = 3.0, Er = 2.0.

$$F_{VP} = \frac{100}{100 + 6(4-1) + 4(3-1) + 90(2-1)} = 0.462$$

Luego,

$$\frac{v}{c} = \frac{FS}{c_j(N)(f_A)(f_{VP})(f_c)} = \frac{1218}{1900 * 2 * 0.98 * 0.462 * 1} = 0.71$$

Donde, basándonos el valor de v/c en la tabla 21, tenemos que el nivel de servicio de la vía principal en La Española Sur-Norte es D. Esto representa un flujo vehicular elevado pero estable produciendo posibles colapsos vehiculares y mantiene las maniobras un poco restringidas.

El valor de (v/c) i es =1 ya que se evalúa en la máxima capacidad.

$$FS_i = c_j \left(\frac{v}{c}\right)_i (N)(f_A)(f_{vp})(f_c) = 1900 * 1 * 2 * 0.98 * 0.462 * 1 = 1720\ vph/sentido$$

Comparando con los valores totales del aforo

$$1720 - 1218 = 502\ vph/sentido$$

Lo cual significa que se tienen 502 vehículos menos por hora en un sentido durante la máxima demanda. Esto es un dato sustancial que demuestra que la vía principal se encuentra cerca del límite de su capacidad para el volumen de vehículos que transporta.

Además, basado en el aforo realizado se tiene en cuenta que 32 de 1145 vehículos en sentido Sur-Norte toman el retorno; al tener un nivel de servicio D en la vía principal del retorno y una capacidad cerca del límite por sentido, afecta directamente aumentando la probabilidad de accidentalidad en el punto.

6.4.3 Análisis Lista de Chequeo para el Retorno La Española

A continuación, se evidencia la lista de chequeo con la que se evaluó el retorno La Española.

Allí se encuentra la respuesta a cada parámetro establecido, la prioridad que dicho parámetro tiene, la calificación (siendo: 1-3 malo, 4-7 regular y 8-10 bueno) y los comentarios acerca de lo encontrado. Con esta lista y las fotografías registradas del retorno La Española, se puede comprobar la veracidad del chequeo realizado en campo.

Tabla 36

Lista de chequeo retorno La Española

	N/A	SI	NO	PRIORIDAD	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS
1. Señales de tránsito y semaforización						
¿Están instaladas todas las señales de tránsito de acuerdo con las normas exigidas?		**x**		ALTA	8	Cuenta con todas las señales y se encuentran en buenas condiciones.
¿Los semáforos se encuentran en funcionamiento?		**x**		ALTA	8	Los semáforos están operando correctamente.
¿Los semáforos se encuentran en buen estado?		**x**		ALTA	8	Están en buenas condiciones.
¿Los semáforos están ubicados de manera correcta, es decir, que esté al alcance apropiado para la visualización del conductor?		**x**		ALTA	9	Ubicados de manera apropiada a los ojos del conductor.

¿Se requiere de iluminación?		**x**	ALTA	8	Cuenta con iluminación necesaria para la visibilidad de los conductores.
¿La iluminación que se proporciona es suficiente?	**x**		ALTA	8	Es suficiente y permite a los usuarios hacer uso del retorno sin problemas de visibilidad.
¿La carretera está libre de objetos que interrumpan la iluminación?		**x**	ALTA	7	Los árboles son bastante grandes, por lo que disminuye un poco la iluminación, aunque no interrumpe la visibilidad a una considerable escala.
¿Hay zonas que no estén cubiertas por la iluminación?		**x**	BAJA	9	La vía perteneciente al retorno cuenta con la iluminación requerida.
¿Las señales son claras y sencillas de entender?	**x**		ALTA	9	Son señales muy generales ante la cultura que debe tener un conductor.
¿Es necesario instalar todas las señales preventivas, obligatorias e informativas en la vía?		**x**	MEDIA	9	Cuenta con las señales necesarias.
¿Las señales presentes son las adecuadas en cada situación?	**x**		ALTA	9	Son las indicadas para el retorno y cumplen la función informativa y preventiva.
¿Todas las señales son eficaces para todas las condiciones probables (¿el día, la noche, la lluvia, luces de vehículos, falta de iluminación?	**x**		ALTA	9	Solo en condiciones lluviosas pueda llegar a dificultarse su visualización.
¿La retroreflección de las señales es satisfactoria?	**x**		ALTA	9	La reflección que manejan es la adecuada.
¿El conductor se puede confundir debido a sobrecargo de señales?		**x**	MEDIA	9	Se encuentran las necesarias.
¿Las señales son frágiles?		**x**	ALTA	8	El material de las señales es bueno y ninguna se encuentra dañada.
¿Es claro el mensaje de las señales?	**x**		ALTA	9	Brindan la información necesaria para el conductor que está haciendo uso del retorno.
¿Las señales son legibles?	**x**		ALTA	7	El tamaño es adecuado y oportuno, sin embargo, algunas de ellas se encuentran un poco obstaculizadas por la vegetación de los árboles.
¿Si las restricciones aplican a cualquier	**x**		-	-	-

clase de vehículo, son lo suficientemente claras para los conductores?					
2. Delineación y demarcado					
¿Es apropiada la función de las líneas en la carretera?	**X**		ALTA	8	Se encuentran en las zonas requeridas.
¿Es consistente a lo largo de la carretera?		**x**	ALTA	5	Están desgastadas y desvanecidas, requieren de mantenimiento y retoque.
¿El pavimento está libre de demarcaciones excesivas?	**x**		MEDIA	8	No tiene demarcaciones de más.
¿Están las líneas de eje, líneas de borde y las líneas de carril?	**x**		ALTA	9	Cuenta con las líneas requeridas.
¿Están instalados los separadores de carril?	**x**		ALTA	5	Algunos de los separadores se encuentran en mal estado y otros ya no están, quedando el vacío del respectivo separador.
¿Los separadores de carril están en buenas condiciones?		**x**	ALTA	3	Muy desgastados y maltratados. Es necesario la colocación de nuevos separadores.
¿Las condiciones del marcado es buena?		**x**	ALTA	5	Todas las demarcaciones requieren retoques.
¿Es suficiente el contraste entre la línea de marcado y el pavimento?		**x**	MEDIA	5	La intensidad de los colores se ha perdido por el mismo desgaste que se ha presentado.
3. Carriles auxiliares					
¿Las alineaciones del comienzo y final de las transiciones están alineadas correctamente?	**x**		ALTA	9	Están alineadas adecuadamente.
¿La distancia de visibilidad es suficiente al final del carril auxiliar?	**x**		ALTA	7	La geografía del retorno es adecuada para que los conductores tengan una visibilidad cómoda al momento de tomar la vía principal.
4. Peatones y ciclistas					
¿Los caminos y cruces son apropiados para peatones y ciclistas?		**X**	ALTA	1	Tanto el retorno como la vía principal dan prioridad a vehículos motorizados poniendo en peligro a ciclistas y peatones.
¿El ancho del pavimento es el adecuado para el número de ciclistas que utilizan la vía?		**X**	ALTA	1	El ancho del pavimento en la vía principal no cumple con el ancho adecuado para el flujo de ciclistas en ella.

¿La ciclo ruta está presente y es continua?		**X**	ALTA	1	No está presente la ciclo ruta en la vía.
5. Paisajismo					
¿Se recorta la hierba, césped y ramas de los árboles de crecen en la mediana y la orilla de la carretera y retorno?	**x**		ALTA	2	El nivel en el que se encuentra la vegetación es medio, se evidencia que ha tenido mantenimiento.
¿La vegetación genera problemas de visibilidad en la vía y retorno?		**x**	ALTA	7	No se ve implicada la vegetación en problemas de visibilidad.
6. Pavimento					
¿El pavimento está libre de defectos que puedan reflejarse en problemas de seguridad?		**x**	ALTA	7	El pavimento se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta una serie de fallas.
¿Las condiciones del borde del pavimento son satisfactorias?		**x**	MEDIA	5	Algunos de los bordes se encuentran dañados, por lo que pueden representar un problema de seguridad a los usuarios.
¿El pavimento está libre de áreas donde se pueda estancar láminas de agua que puedan contribuir a problemas de seguridad?		**X**	ALTA	5	Se presentan estancamiento de agua en algunas zonas, potenciando la pérdida de control del vehículo en una maniobra rápida o inesperada.
¿El pavimento está libre de perdida de gravas o de otro material?		**X**	ALTA	7	No está en las mejores condiciones, por lo tanto, se está presentando pérdida en sus materiales.

Con los resultados obtenidos de la lista de chequeo del retorno La Española y asociándola con los aspectos que potencian la accidentalidad, se evidenció el mal estado en el que se encuentran las delineaciones, demarcaciones y separadores, debilitando la visualización de los mismos y provocando que los conductores sean imprudentes y circulen de forma inapropiada. En cuanto a peatones y ciclistas, el retorno cuenta con un puente peatonal cercano para que las personas puedan circular con seguridad, ya que la zona por ser un punto de parada de Metrolínea y otros servicios públicos de transporte, maneja un alto flujo de ciudadanos, sin embargo, carece de ciclo rutas

aumentando el riesgo de accidentalidad para este tipo de usuarios. La vegetación en la zona no es alta, no obstante, los árboles que se localizan en la zona, son bastante opulentos, causando que algunas ramas caigan de manera natural obstaculizando en un porcentaje muy mínimo la visualización a algunas de las señales de tránsito allí puestas. Por otro lado, el pavimento con el que cuenta el retorno presenta pérdidas de material, estancamientos de agua, fallas y agrietamiento sobre el pavimento, sumándole riegos a los vehículos que hacen uso del retorno. Además, los bordes del retorno están en estado crítico, necesitando una reconstrucción puesto que con el paso del tiempo empeoran y junto con todas las problemáticas halladas se incrementa la ocurrencia de siniestros en el sitio.

6.4.4 Registro Fotográfico del Retorno La Española

Figura 36

Registro Fotográfico del Retorno La Española

7. Conclusiones Y Recomendaciones

1. Analizando los parámetros geométricos más importantes se tiene que para todos los retornos el radio y el peralte, cumple con el diseño establecido por el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008 y la Guía de Diseño de Vías Urbanas de Bogotá.. Sin embargo, al realizar el análisis del ancho del retorno a la velocidad de diseño y teniendo en cuenta el segundo radio del retorno, para todos los retornos evaluados, se muestras que es menor al recomendado, lo que conlleva a que se presente dificultades al momento de realizar la trayectoria a lo largo del retorno, esto lleva a que se puedan generar accidentes constantemente en estos retornos.. Para evitar los accidentes que ocurren muchas veces en estos retornos, los vehículos se ven en la necesidad de reducir la velocidad con la que realizan en giro, esto para poder tomar la curva con una mejor trayectoria, sin embargo, esta reducción de velocidad lleva a que se acumulen una gran cantidad de vehículos que realizan el giro y esto genera congestión. Esto sin tener en cuenta los semáforos que se encuentran en dichos retornos, lo que lleva a que la cogestión empeore significativamente.
2. En el análisis del aforo realizado en las vías principales en el sector de los retornos se ha evidenciado que se presenta un elevado tráfico, teniendo niveles de servicio entre D y F los cuales dictan un tránsito alto y con unas tasas de accidentalidad elevadas. Las dimensiones geométricas de la vía cumplen de acuerdo a las especificaciones, pero su capacidad en los sectores Norte-Sur de los retornos presenta mayor flujo vehicular de su capacidad.
3. Se refleja el incumplimiento del ancho mínimo que deben tener todos los retornos para los vehículos 3S2 que hagan uso de éste, siendo así un factor que influye muy directamente y de forma permanente, ya que es un parámetro que no se puede cambiar o solucionar, dado

que implicaría la restauración de los retornos en general y no es viable que se realice. En cuanto a los radios y rampa de peralte para todos los retornos, sí hay cumplimiento con los parámetros geométricos establecidos.

4. Optimizar el proceso de recopilación de datos de los accidentes de tránsito que ocurren en la vía Floridablanca – Piedecuesta a través de la implementación de nuevas tecnologías para el levantamiento de accidentes y brindando capacitaciones a los policías de tránsito para el uso de estas, pues el Departamento de tránsito no cuenta con información suficiente para identificar puntos críticos y fallas en el servicio que brinda la vía y los retornos a los usuarios.
5. Mediante las listas de chequeo se identificaron deficiencias en el servicio que brindan los retornos a los usuarios y los cuales son factores que potencializan el riesgo de accidentes de tránsito en las zonas estudiadas razón por la cual se realizaron una serie de recomendaciones.

- Los peatones y ciclistas carecen de cualquier tipo de infraestructura para su movilización tanto en la vía principal como en el interior del retorno, razón por la cual estos usuarios presentan un gran riesgo de accidentalidad y por ende es pertinente la inclusión de estas partes a través de la construcción o instalación de ciclo-rutas en la vía Floridablanca – Piedecuesta.
- La delineación y demarcación de los carriles auxiliares (de acceso y de salida) y los separadores no se encuentra en las mejores condiciones, por lo cual varios usuarios realizan maniobras peligrosas para entrar y salir de los retornos y por ende es necesario realizar el debido mantenimiento de estos factores periódicamente y llevar un control más eficiente de estos.

- Realizar con mayor frecuencia el mantenimiento de la vegetación presente en los retornos, de manera que esta nunca llegue a interferir en la correcta visualización de los usuarios al momento de usar el retorno.
- Prohibir el estacionamiento de cualquier tipo de vehículos en el interior de los retornos e implementar sanciones a los usuarios que desacaten la norma pues es un problema repetitivo en la mayoría de los retornos y que aumenta el riesgo de accidentalidad en estos.
- (Pavimento)

Bibliografía

Alcaldía Mayor de Bogotá. (3 de agosto de 1994). Decreto 1813 de 1994 Nivel Nacional.Obtenido de Secretaría Jurídica Distrital.: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5246

Calixto Hernandez, J. S. (2019). Análisis de geometría de retornos en dobles calzadas de los proyectos app. Gica, app. Pereira – la victoria y concesión costera, para estandarizar los criterios de diseño geométrico de los mismos

Cal, R., & Reyes Spíndola, M. (1994). Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones. México: Alfaomega.

Córdoba Maquillón, J. E. (8 de Septiembre de 2014). Slideshare. Obtenido de Volumen de tránsito: https://es.slideshare.net/marco11390/volumen-de-transito#:~:text=Volumen%20de%20Tr%C3%A1nsito%20%EF%81%AE%20volumen,calzada%2C%20durante%20un%20periodo%20determinado.&text=8.,DE%20TR%C3%81NSITO%2 0ABSOLUTOS%20%C3%93%20TOTALES.

Dourthé Castrillón, A., & Salamanca Candia , J. (2003). Guía para realizar una Auditoria de Seguridad Vial. Santiago, Chile.: CONASET.

Fundación Laborar de la Construcción. (Visitado en 2020). Diccionario de la Construcción. Obtenido de http://www.diccionariodelaconstruccion.com/procesos-productivos-obracivil/firmes-y-pavimentos/superficie-de-

rodadura#:~:text=Plano%20superior%20del%20pavimento%2C%20que%20soporta%20dir ectamente%20las%20cargas%20del%20tr%C3%A1fico.

ITSAK S.L.U. (s.f.). Inspecciones de Seguridad Vial. Obtenido de https://www.itsak.es/servicios/inspecciones-de-seguridad-vial/

Johnson, E. R. (2004). Texto del alumno Ingeniería de Tráfico. Cochabamba.: Universidad Mayor de San Simon Facultad de Ciencias y Tecnología carrera de Ingeniería Civil.

Ministerio de Transporte (2015). Manual de Señalización Vial. Colombia.

Ministerio De Transporte Instituto Nacional De Vias (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá.: Instituto Nacional de Vias.

Patiño Ascencio, J. A., & Burbano Cárdenas, D. M. (2015). Análisis de la congestión vehicular generada en los intercambiadores a desnivel "Papi quiero piña", "Provenza" y "El Palenque". Bucaramanga.: Universidad Pontificia Bolivariana Faculta de Ingeniería Civil.

Secretaría Distrital de Movilidad. (8 de Octubre de 2019). Red Empresarial de Seguridad Vial. Obtenido de

Zuluaga Ruiz, J. F. (07 de Noviembre de 2014). Principales causas de los accidentes de transito en Colombia: primera parte. Obtenido de