	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>ii(215)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>KEVIN ANDRES QUINTERO GARCIA Y YESID MEDINA SANCHEZ</b>		
FACULTAD	<b>INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA CIVIL</b>		
DIRECTOR	<b>JENNIFER ALVAREZ PRADA</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>PROPUESTA PARA MEJORAR EL TRANSITO VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AVENIDA PUERTO MOSQUITO LOCALIZADA EN LA CALLE 17 ENTRE CARRERAS 0 Y 21 DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA – CESAR.</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>LA SIGUIENTE INVESTIGACIÓN ESTÁ BASADA EN LA CREACIÓN DE UNA PROPUESTA QUE PERMITA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD EN LA CALLE 17 ENTRE LAS CARRERAS 0 Y 21 DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA-CESAR</p> <p>EN ELLA SE DESCRIBE TODOS LOS PROCESOS A SEGUIR PARA REALIZAR UN DISEÑO VIAL, LOS CUALES INCLUYEN, ESTUDIOS TOPOGRAFICOS, ESTUDIOS DE SUELOS, ESTUDIOS DE TRANSITO (AFOROS VEHICULARES), DISEÑO DE PAVIMENTO, DISEÑO DE SEÑALIZACION VIAL, DISEÑO GEOMETRICO PLANTA-PERFIL.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 215	PLANOS: 8	ILUSTRACIONES: 87	CD-ROM: 1



**PROPUESTA PARA MEJORAR EL TRANSITO VEHICULAR Y PEATONAL EN LA  
AVENIDA PUERTO MOSQUITO LOCALIZADA EN LA CALLE 17 ENTRE  
CARRERAS 0 Y 21 DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA – CESAR.**

**Autores:**

**YESID MEDINA SANCHEZ**

**CÓD: 172249**

**KEVIN ANDRES QUINTERO GARCIA**

**CÓD: 172362**

**Director del Proyecto:**

**ING. JENNIFER ÁLVAREZ PRADA**

**Presentado a:**

**COMITÉ CURRICULAR**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**INGENIERIA CIVIL**

## Índice

<b>CAPÍTULO 1. PROPUESTA PARA MEJORAR EL TRÁNSITO VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AVENIDA PUERTO MOSQUITO LOCALIZADA EN LA CALLE 17 ENTRE CARRERAS 0 Y 21 DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA – CESAR.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. <i>General</i> .....	3
1.3.2. <i>Específicos</i> .....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5. DELIMITACIONES.....	6
1.5.1. <i>Delimitación operativa</i> .....	6
1.5.2. <i>Delimitación conceptual</i> .....	6
1.5.3. <i>Delimitación temporal</i> .....	6
1.5.4. <i>Delimitación geográfica</i> .....	7
<b>CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>8</b>
2.1. MARCO HISTÓRICO.....	8
2.1.1. <i>Desarrollo vial en el mundo</i> .....	8
2.1.2. <i>Desarrollo vial en Colombia</i> .....	10
2.1.3. <i>Desarrollo vial en el departamento del Cesar</i> .....	13
2.1.4. <i>Desarrollo vial en el municipio de Aguachica</i> .....	15
2.2. MARCO CONTEXTUAL.....	16
2.2.1. <i>Alcance</i> .....	16
2.2.2. <i>Limitación Geográfica</i> .....	16
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	17
2.3.1. <i>Peatón</i> .....	17
2.3.2. <i>Conductor</i> .....	18

2.3.3. <i>Accidente de tránsito</i> .....	18
2.3.4. <i>Tránsito</i> .....	18
2.3.5. <i>Volumen de tránsito</i> .....	18
2.3.6. <i>Transporte</i> .....	18
2.3.7. <i>Aforo vehicular</i> .....	19
2.3.8. <i>Motocicleta</i> .....	19
2.3.9. <i>Vehículo</i> .....	19
2.3.10. <i>Camión tractor</i> .....	19
2.3.11. <i>Paso peatonal a nivel</i> .....	19
2.3.12. <i>Paso peatonal a desnivel</i> .....	20
2.3.13. <i>Vía</i> .....	20
2.3.14. <i>Espaciamiento</i> .....	20
2.3.15. <i>Intersección</i> .....	20
2.3.16. <i>Zona de estacionamiento restringido</i> .....	20
2.3.17. <i>Señal de tránsito</i> .....	21
2.3.18. <i>Infracción</i> .....	22
2.3.19. <i>Casco</i> .....	22
2.3.20. <i>Pavimento</i> .....	22
2.3.21. <i>Software PTV Vissim</i> .....	23
2.3.22. <i>Acera o andén</i> .....	23
2.3.23. <i>Capacidad</i> .....	23
2.3.24. <i>Estacionamiento</i> .....	23
2.3.25. <i>Seguridad vial</i> .....	24
2.4. MARCO TEÓRICO.....	24
2.4.1. <i>Antecedentes investigativos</i> .....	24
2.4.2. <i>Flujo Vehicular</i> .....	26
2.4.3. <i>Factor de Hora Pico</i> .....	26
2.4.4. <i>Tipos de flujo de tráfico</i> .....	27

2.4.5. <i>Características Fundamentales Del Flujo Vehicular.</i> .....	28
2.4.6. <i>Niveles de servicio.</i> .....	30
2.4.7. <i>Capacidad de las vías.</i> .....	32
2.4.8. <i>Factores que afectan a la capacidad y a los niveles de servicio.</i> .....	32
2.4.9. <i>Calidad de Transito.</i> .....	35
2.4.10. <i>Clasificación de Pavimentos.</i> .....	36
2.4.11. <i>Ciclo de Vida de los Pavimentos.</i> .....	37
2.4.12. <i>Fallas en los pavimentos.</i> .....	39
2.4.13. <i>Clasificación de Daños en Pavimentos Asfálticos.</i> .....	39
2.4.14. <i>Modelos de micro simulación.</i> .....	40
2.4.15. <i>Software PTV Vissim.</i> .....	40
2.5. MARCO LEGAL. ....	41
<b>CAPÍTULO 3. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>44</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	44
3.2. LOCALIZACIÓN. ....	44
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	45
3.3.1. <i>Población.</i> .....	45
3.3.2. <i>Muestra.</i> .....	45
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. ....	45
3.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	46
<b>CAPÍTULO 4. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>48</b>
4.1. RECURSO HUMANO. ....	48
4.2. RECURSO INSTITUCIONAL.....	48
4.3. RECURSO FINANCIERO.....	49
<b>CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
5.1. IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO EXISTENTES EN LA VÍA. ....	51

5.2. REALIZAR UN ESTUDIO DE TRÁNSITO PARA IDENTIFICAR LOS PUNTOS CRÍTICOS DE ESTA, ASIMISMO CONOCER LA PERCEPCIÓN DE LOS CONDUCTORES Y PEATONES, CON RESPECTO A LA PROBLEMÁTICA DE MOVILIDAD. .....	57
MUESTRA .....	85
5.3. REALIZAR LOS RESPECTIVOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y ESTUDIOS DE CBR. ....	94
5.4. PLANTEAR LAS MEDIDAS DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL NECESARIAS, CON LA AYUDA DE LA MICRO SIMULACIÓN DEL SOFTWARE PTV VISSIM PARA LOS PUNTOS CRÍTICOS. ....	103
5.5. REALIZAR LOS CORRESPONDIENTES DISEÑOS GEOMÉTRICOS Y DE PAVIMENTO PARA EL CORREDOR VIAL. .....	129
5.5.1. <i>Diseño Por Medio De La Metodología De La AASHTO 93.</i> .....	129
5.5.2. <i>Diseño Por Medio De La Metodología De La PCA 84.</i> .....	146
5.5.3. <i>Dimensiones de la losa de concreto.</i> .....	157
5.5.4. <i>Pasadores de carga.</i> .....	158
5.5.5. <i>Barras de anclaje</i> .....	159
5.5.6. <i>Clases de juntas.</i> .....	160
5.5.8. <i>Estudio de diseño geométrico.</i> .....	170
5.5.9. <i>Diseño en planta.</i> .....	179
5.5.10. <i>Diseño en perfil.</i> .....	179
5.5.11. <i>Secciones transversales.</i> .....	180
5.5.12. <i>Cálculo de volúmenes de corte y terraplén.</i> .....	180
5.5.13. <i>Planos del proyecto.</i> .....	180
5.5.14. <i>Presupuesto.</i> .....	181
<b>CAPITULO 6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>184</b>
<b>CAPITULO 7. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>186</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>188</b>
<b>APÉNDICES</b> .....	<b>195</b>

## Lista de Tablas.

Tabla 1 <i>Descripción del gasto del recurso humano para el desarrollo del proyecto</i> .....	49
Tabla 2 <i>Descripción del gasto del equipo y material utilizado para el desarrollo del proyecto</i> .....	50
Tabla 3 <i>Gasto de imprevistos y costo total del proyecto</i> .....	50
Tabla 4 <i>Registro del estado actual de la vía en estudio</i> .....	52
Tabla 5 <i>Resultados obtenidos</i> .....	66
Tabla 6. <i>Volumen de transito total que circula por la Carrera 3</i> .....	71
Tabla 7 <i>Volumen de transito total que circula por la Carrera 5</i> .....	72
Tabla 8 <i>Volumen de transito total que circula por la Carrera 8</i> .....	72
Tabla 9 <i>Volumen de transito total que circula por la Carrera 10B</i> .....	73
Tabla 10 <i>Volumen de transito total que circula por la Carrera 15</i> .....	73
Tabla 11 <i>Composición vehicular de la Carrera 3 para el Acceso el Este</i> .....	74
Tabla 12 <i>Composición vehicular de la Carrera 5 para el Acceso Este</i> .....	76
Tabla 13 <i>Composición vehicular de la Carrera 8 para el Acceso Este</i> .....	77
Tabla 14 <i>Composición vehicular de la Carrera 10B para el Acceso Oeste</i> .....	79
Tabla 15 <i>Composición vehicular de la Carrera 15 para el Acceso Norte</i> .....	80
Tabla 16 <i>Cálculo de velocidad promedio para la cra15 acceso norte</i> .....	82
Tabla 17 <i>Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 3 acceso Este</i> .....	83
Tabla 18 <i>Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 5 acceso Este</i> .....	83

Tabla 19 <i>Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 8 acceso Este</i> .....	83
Tabla 20 <i>Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 10B acceso Este</i> .....	84
Tabla 21 <i>Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 15 acceso Oeste</i> .....	84
Tabla 22 <i>Características geométricas de tramos mostrados en la figura 8</i> .....	97
Tabla 23 <i>Características geométricas de tramos mostrados en la figura 9</i> .....	99
Tabla 24 <i>Características geométricas de tramos mostrados en la figura 10</i> .....	100
Tabla 25 <i>Características geométricas de tramos mostrados en la figura 11</i> .....	101
Tabla 26 <i>Cuadro de resumen</i> .....	102
Tabla 27 <i>Longitud de colas máximas de la situación actual</i> .....	104
Tabla 28 <i>Longitud de colas promedio de la situación actual</i> .....	105
Tabla 29 <i>Longitud de colas máximas de la situación futura</i> .....	115
Tabla 30 <i>Longitud de colas promedio de la situación futura</i> .....	116
Tabla 31 <i>Comparación de longitudes de cola máxima entre la situación actual y futura, sentido W-E</i> .....	117
Tabla 32 <i>Comparación de longitudes de cola máxima entre la situación actual y futura, sentido N-S</i> .....	117
Tabla 33 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 20-cra 19</i> .....	118
Tabla 34 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 18-cra 15B</i> .....	119



Tabla 35 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 15B-cra 13</i> .....	120
Tabla 36 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 12-cra 10C</i> .....	121
Tabla 37 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 10Bis-cra 10A-1</i> .....	122
Tabla 38 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 10A-1- cra 9</i> .....	124
Tabla 39 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 8-cra 6</i> .....	125
Tabla 40 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 5B-cra 4A</i> .....	126
Tabla 41 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 4-cra 2A</i> .....	127
Tabla 42 <i>Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 2-cra 0</i> .....	128
Tabla 43 <i>Conteo de vehículos para determinar factor daño</i> .....	133
Tabla 44 <i>Cálculo de factores daño por vehículo según método AASHTO</i> .....	135
Tabla 45. <i>Datos de entrada</i> .....	136
Tabla 46. <i>Cálculo del tránsito equivalente diario y total</i> .....	137
Tabla 47. <i>Tabla de coeficiente de transmisión de carga</i> .....	138
Tabla 48. <i>Capacidad de drenaje</i> .....	142
Tabla 49 <i>Coefficientes de drenaje (mi) recomendados.</i> .....	143

Tabla 50 Niveles de confiabilidad por tipo de vía.....	144
Tabla 51 Datos de entrada para el modelo AASTHO.....	145
Tabla 52 TPDs y composición vehicular típica INVIAS.....	149
Tabla 53 Número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño.....	150
Tabla 54 Distribución de los vehículos comerciales por día y carril de diseño, por cada 1,000 vehículos comerciales.....	152
Tabla 55 Número esperado de ejes en el carril de diseño para el período de diseño.....	152
Tabla 56 Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.....	158
Tabla 57 Recomendación para las barras de anclaje.....	159
Tabla 58. Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel.....	174
Tabla 59 Radios ( $R C$ ) según Velocidad Específica ( $VCH$ ) y Peraltes ( $e$ ) para $e_{máx} = 6\%$ .....	176
Tabla 60 Valores de $K_{mín}$ para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales.....	177
Tabla 61. Bombeo de la calzada.....	178
Tabla 62 PREUPUESTO DEL PROYECTO.....	183

## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa del municipio de Aguachica.....	7
Figura 2. Tramo de estudio "Calle 17 entre la carrera 0 y 21" .....	7
Figura 3. Mapa del departamento del Cesar, ubicando el municipio de Aguachica. ....	17
Figura 4. Sección del pavimento asfáltico.....	36
Figura 5. Sección de pavimento hidráulico .....	37
Figura 6. Diagrama del flujo de un pavimento.....	39
Figura 7. Longitudes de unidades de muestreo Asfáltica.....	40
Figura 8. Tramos donde se realizaron los aforos.....	59
Figura 9. Ejemplo de sumatorias para el intervalo de 6:00 a 8:30 am en el tramo de la Cra 0 – 10.....	62
Figura 10. Comportamiento Vehicular del tramo entre cra 0-10 .....	63
Figura 11. Comportamiento Vehicular del tramo entre cra 10-15 .....	63
Figura 12. Comportamiento Vehicular del tramo entre cra 15-21 .....	64
Figura 13. Intercepciones en hora de máxima demanda .....	67
Figura 14. Encabezado estándar para los formatos de aforos vehiculares Acceso Este.....	69
Figura 15. Encabezado estándar para los formatos de aforos vehiculares Acceso Oeste ....	70
Figura 16. Encabezado estándar para los formatos de aforos vehiculares Acceso Norte y sur.....	70
Figura 17. Nomenclatura de movimientos Norma RILSA.....	71
Figura 18. Composición vehicular de la Carrera 3 para el Acceso el Este. ....	75
Figura 19. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 5 en el acceso Este.....	76
Figura 20. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 8 en el acceso Este.....	78

Figura 21. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 10B en el acceso Oeste.....	79
Figura 22. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 15 en el acceso Norte.....	81
Figura 23. Pregunta N° 1 de la encuesta aplicada. ....	86
Figura 24. Pregunta N°2 de la encuesta aplicada. ....	87
Figura 25. Pregunta N°3 de la encuesta aplicada. ....	88
Figura 26. Pregunta N°4 de la encuesta aplicada. ....	89
Figura 27. Pregunta N°5 de la encuesta aplicada. ....	90
Figura 28. Pregunta N° 6 de la encuesta aplicada. ....	91
Figura 29. Pregunta N°7 de la encuesta aplicada. ....	92
Figura 30. Pregunta N°8 de la encuesta aplicada. ....	93
Figura 31. Pregunta N°9 de la encuesta aplicada. ....	94
Figura 32. PR (I) 0 + 000 (Carrera 21) – PR (F) 0 + 444 (Carrera 15B) .....	97
Figura 33. PR (I) 0 + 444 (Carrera 15B) – PR (F) 1 + 080 (Carrera 10B).....	98
Figura 34. PR (I) 1 + 080 (Carrera 10B) – PR (F) 1 + 738 (Carrera 5) .....	99
Figura 35. PR (I) 1 + 738 (Carrera 5) – PR (F) 2 + 263 (Carrera 0) .....	100
Figura 36. Señal vertical SR-01.....	107
Figura 36. Señal vertical SR-01.....	108
Figura 38. Señal vertical SR-30.....	108
Figura 39. Señal vertical SR-06.....	109
Figura 40. Señal vertical SR-38.....	109
Figura 41. Señal vertical SR-04.....	110
Figura 42. Distribución de flujo vehicular actual.....	111
Figura 43. Distribución de flujo vehicular futuro.....	111

Figura 44. Señal vertical SP-11.....	112
Figura 45. Señal Vertical SP-29.....	112
Figura 46. Señal vertical SP-46.....	113
Figura 47. Señal vertical SI-20.....	114
Figura 48. Señal vertical SP-48.....	114
Figura 49. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 20- cra 19.....	119
Figura 50. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 18- cra 15B.....	120
Figura 51. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 15B- cra 13.....	121
Figura 52. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 12- cra 10C.....	122
Figura 53. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 10Bis - cra 10A-1. .....	123
Figura 54. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 10A-1- cra 9. ....	125
Figura 55. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 8- cra 6.....	126
Figura 56. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 5B- cra 4A.....	127
Figura 57. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 4- cra 2A.....	128
Figura 58. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 4- cra 2A.....	129
Figura 59. Carga de equivalencia .....	134
Figura 60. Expresiones de factor de equivalencia.....	134
Figura 61. Determinación del K de soporte en función del CBR.....	141
Figura 62. Espesor de la losa de concreto con el software.....	146
Figura 63. Carga de equivalencia .....	152
Figura 64. Espesor de la losa de concreto con el software.....	154
Figura 65. Estructura pavimento con un espesor de 15 cm y MR 4.0.....	156

Figura 66. Estructura pavimento con un espesor de 20 cm y MR 4.0.....	156
Figura 67. Modelo estructural de la losa de concreto diseñada por el método de la PCA	160
Figura 68. Junta longitudinal para pavimento vaciado en todo su ancho y vaciado carril por carril .....	161
Figura 69. Juntas de expansión.....	162
Figura 70. Juntas de construcción imprevista.....	163
Figura 71. Clases de juntas en pavimentos de concreto .....	164
Figura 72. Colocación de los pasadores de carga.....	165
Figura 73. Detalle del corte de la junta.....	166
Figura 74. Clasificación de altura de andenes .....	169
Figura 75. Anden establecido por la cartilla de andenes para estructuras típicas .....	170
Figura 76. Anden propuesto .....	170

**Lista de Fotografías**

Fotografía 1. Conteo vehicular mixto.....	60
Fotografía 2. Conteo vehicular mixto.....	60
Fotografía 3. Aforo en la carrera 10B. ....	68
Fotografía 4. Aforo en la Carrera 15. ....	68
Fotografía 5. Aforo en la carrera 5. ....	69
Fotografía 7. Levantamiento topográfico con cadenero.....	95
Fotografía 6. Levantamiento topográfico.....	95
Fotografía 8. Elaboración del levantamiento topográfico.....	96
Fotografía 9. Apique 2.....	102
Fotografía 10. Apique 1.....	102
Fotografía 12. Ensayo de CBR.....	103
Fotografía 11. Ensayo de CBR.....	103

## INTRODUCCIÓN

El municipio de Aguachica se ha estado fortaleciendo como punto de desarrollo geoestratégico para el sur del Cesar, además como un referente de ordenamiento territorial para la región; su ubicación, su gente y sus recursos, convierten al municipio en un lugar de convergencias, donde todas las personas encuentran una oportunidad para desarrollarse social, cultural y económicamente; todo esto en concomitancia con el desarrollo del país. (PLAN DE DESARROLLO "POR UN NUEVO AGUACHICA, INCLUYENTE Y EN PAZ" (2016 - 2019), 2016).

Sin embargo, este crecimiento ha traído consigo tanto soluciones como problemas y uno de los cuales es la movilidad dentro casco urbano, producto de diferentes factores tanto humanos como vehiculares, además de un mal diseño y escaso mantenimiento vial lo cual produce una deficiencia en la infraestructura que conlleva a un mal funcionamiento de la misma, dificultando el normal flujo vehicular y peatonal.

El estado de la calle 17 entre la carrera 0 y 21 del municipio de Aguachica-Cesar va en un creciente deterioro, ya que se ha visto afectada por problemas de distinta índole, producto de la ausencia de mantenimiento y por la caducidad de la vida útil de la misma, también cabe resaltar el deterioro que provoca el alto flujo de vehículos de carga pesada, ya que esta avenida conecta un gran porcentaje de la zona rural de la parte baja del municipio con la vía nacional troncal del



caribe; esto ha traído como consecuencia además de la accidentalidad, malestar en los peatones, conductores y daños en los vehículos que circulan por ella.

La presente propuesta de investigación, tiene por objetivo, proponer una alternativa de solución que ayuden a mejorar las condiciones actuales de la vía, en el tramo de estudio, una metodología de bajo costo, que permita profundizar en el análisis e identificación de las causas o factores del mal estado de la misma y las consecuencias que esto provocaría a peatones y conductores que transitan por ella, para así proponer un diseño de perfil en todo el tramo de la vía, justificados en el análisis y evaluación a través del software de micro simulación PTV Vissim el cual es una herramienta que posibilita la micro simulación de la situación actual y la alternativa anteriormente mencionada.

# **Capítulo 1. Propuesta para mejorar el tránsito vehicular y peatonal en la avenida puerto mosquito localizada en la calle 17 entre carreras 0 y 21 del municipio de Aguachica – Cesar.**

## **1.1. Planteamiento del problema.**

En el municipio de Aguachica existen varios tramos de carretera o zonas donde se presenta mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito y congestión vehicular por las malas condiciones de la vía e imprudencia de los conductores y peatones. De acuerdo con el reporte de accidentalidad de la secretaria de Tránsito de Aguachica, en el año 2017 se originaron 106 accidentes dentro del casco urbano, aumentando un 89,47% la accidentalidad en el Municipio, respecto al año 2016, además, en el año 2018 se reportó 148 accidentes en total, donde 8 de estos, llegaron a tal gravedad de muerte.

La situación de movilidad del municipio de Aguachica presenta complicaciones en ciertos puntos, una cantidad significativa de malla vial se encuentra en pésimo estado el cual se determinó que 31 mil 764 metros cuadrados de rutas locales presentaban un avanzado deterioro e imposibilitaban la movilidad vehicular en puntos de alto tráfico. Cabe decir que todavía se presenta deterioro y se requiere de la continuidad del mantenimiento, ya que la deficiencia en su infraestructura, impide el normal acceso vehicular y peatonal en algunos sectores del municipio.

(PLAN DE DESARROLLO "POR UN NUEVO AGUACHICA, INCLUYENTE Y EN PAZ" (2016 - 2019), 2016).

Dentro del municipio, se encuentra la vía de la calle 17 entre carreras 0 y 21 que contiene una longitud total de 2263 metros que comunica con nuevas zonas residenciales, pero actualmente no cuenta con las condiciones óptimas para una circulación fluida, confortable y segura. En este tramo se hace evidente la ausencia de una adecuada señalización (vertical y horizontal), el mal estado del pavimento y secciones que no se encuentran pavimentadas. Esta situación dificulta la circulación de vehículos por las condiciones deficientes de la vía y la falta de iluminación de esta misma. También es importante indicar que por esta vía circula un alto flujo de vehículos de carga pesada debido a que esta avenida une una cantidad muy considerable de vehículos de la zona rural de la parte baja del municipio de Aguachica con la vía nacional troncal del caribe; en dicha zona se encuentran cultivos de palma africana y yacimientos de pozos de hidrocarburos, donde las empresas transportan sus productos por medio de camiones y tracto camiones aumentando así el deterioro de la vía.

Adicionalmente la zona en estudio, ha venido creciendo debido a que el gobierno central y departamental han realizado obras de gran impacto como lo es el patinódromo municipal y viviendas de interés social entre las cuales se destacan las urbanizaciones Nuevo Amanecer y Arboledas del Alvequín, lo cual ha aumentado la circulación de peatones, ciclistas y deportistas en la avenida; además, en la zona existen iglesias, colegios, un ancianato y han surgido asentamientos humanos alrededor de la misma, incrementando el número de usuarios de la vía.

Las circunstancias antes mencionadas evidencian la problemática en el sector, y según manifiesta la comunidad (ante la inexistencia de estadísticas sectoriales), hay una considerable cantidad de accidentes mensuales, lo cual hace parte de la problemática central, haciendo que surja la necesidad de formular un proyecto para abordar esta situación.

## **1.2. Pregunta de investigación.**

¿Mediante la propuesta presentada se dará una posible solución a la problemática vehicular y peatonal encontrada en la avenida Puerto Mosquito, localizada en la calle 17 entre la carrera 0 y 21 reduciendo los impactos negativos que esta genera??

## **1.3. Objetivos.**

**1.3.1. General.** Plantear una propuesta para mejorar el tránsito vehicular en la avenida puerto mosquito localizada en “la calle 17 entre carrera 0 y 21” del municipio de Aguachica – cesar.

**1.3.2. Específicos.** Identificar los principales factores de riesgo existentes en la vía.

Realizar un estudio de tránsito para identificar los puntos críticos de esta, asimismo conocer la percepción de los conductores y peatones, con respecto a la problemática de movilidad.

Realizar los respectivos levantamientos topográficos y estudios de CBR.

Plantear las medidas de señalización horizontal y vertical necesarias, con la ayuda de la micro simulación del software PTV Vissim para los puntos críticos.

Realizar los correspondientes diseños geométricos y de pavimento para el corredor vial.

#### **1.4. Justificación.**

La presente investigación tiene como finalidad aportar una solución integral que ayude a mejorar el tránsito vehicular y peatonal de la avenida Puerto Mosquito, en el tramo comprendido entre las carreras 0 – 21, basadas en datos reales y condiciones actuales. Presentando una propuesta de mejoramiento vial, la cual consiste en realizar estudios que permita determinar el factor que genera mayor afectación en la avenida y así proponer una posible solución, la cual permita mejorar la movilidad.

Para estos estudios se pretende evaluar los niveles de servicio de la vía actual tomando como referencia su capacidad y el aumento significativo del flujo vehicular, ya que, según la información suministrada por el Instituto Municipal de Tránsito y Transporte Aguachica (IMITA), en la actualidad transitan un total aproximado de 32.700 automotores por toda su jurisdicción, generando trastornos sociales, ambientales, de infraestructura y tiempo, sumado a esto, agravantes tales como la falta de cultura ciudadana, imprudencia de peatones - conductores, falta de señalización, mal estado del pavimento, entre otros.

Adicional a esto, ni los peatones ni los ciclistas tienen una vía especial para su circulación, lo cual hace que se vean obligados a circular por la calle (diseñada solamente para tránsito de automotores), pudiendo ocasionar accidentes de tránsito que conllevarían a lesiones nefastas, incluso la muerte de tanto conductores como peatones, aumentando así el número de conflictos en el corredor vial y por lo tanto un aumento en los accidentes de tránsito en el municipio de Aguachica.

Así, se enfocará en afrontar la problemática presente, teniendo como prioridad salvaguardar las vidas de todas las personas que transiten por la avenida, ofreciéndoles una alternativa de solución a la misma, la cual cuente con partes específicas para cada tipo de usuario, yendo enfocadas siempre a ofrecer una vía que sea lo más seguro posible para todo el que haga uso de ella y que a su vez brinde una movilidad fluida y con el menor número de obstáculos posible.

## **1.5. Delimitaciones.**

**1.5.1. Delimitación operativa.** En el proyecto será necesario realizar un estudio de tránsito en el que se implementen aforos vehiculares y encuestas, que permitirá la recolección de datos necesarios. También, se basará en el manejo de software, tales como PTV Vissim, el cual cuenta con licencia por parte de la Universidad que ayudara a modelar el tramo de vía y sus intersecciones para verificar la solución propuesta, además serán de utilidad los software Auto CAD y Excel, debido a que son herramientas esenciales en esta investigación para tabulación de datos y evidenciar la alternativa por medio de planos, por lo que es necesario contar con la disposición de los mismos y la asesoría necesaria para evitar inconvenientes en el desarrollo del proyecto.

**1.5.2. Delimitación conceptual.** Para el desarrollo del presente proyecto es necesario tener claro conceptos como: seguridad vial, tránsito, elementos de seguridad, percepción del riesgo, accidentes de tránsito, puntos críticos, seguridad vial, estudios de tránsito, acción vial preventiva, peligrosidad en vías, niveles de servicialidad, clases de vehículos, micro simulación, señalización vial, iluminación, flujo vehicular, volumen de tránsito, mejoramiento vial, congestionamiento, velocidad, transito promedio diario, peatones, transito anual, tasa de flujo, aforos, encuesta, PTV Vissim, alternativa de solución.

**1.5.3. Delimitación temporal.** El proyecto será formulado durante un lapso de tiempo de cuatro (4) meses.

**1.5.4. Delimitación geográfica.** El presente trabajo llevara a cabo sobre del municipio de Aguachica-Cesar específicamente en la “calle 17 entre la carrera 0 y 21.”

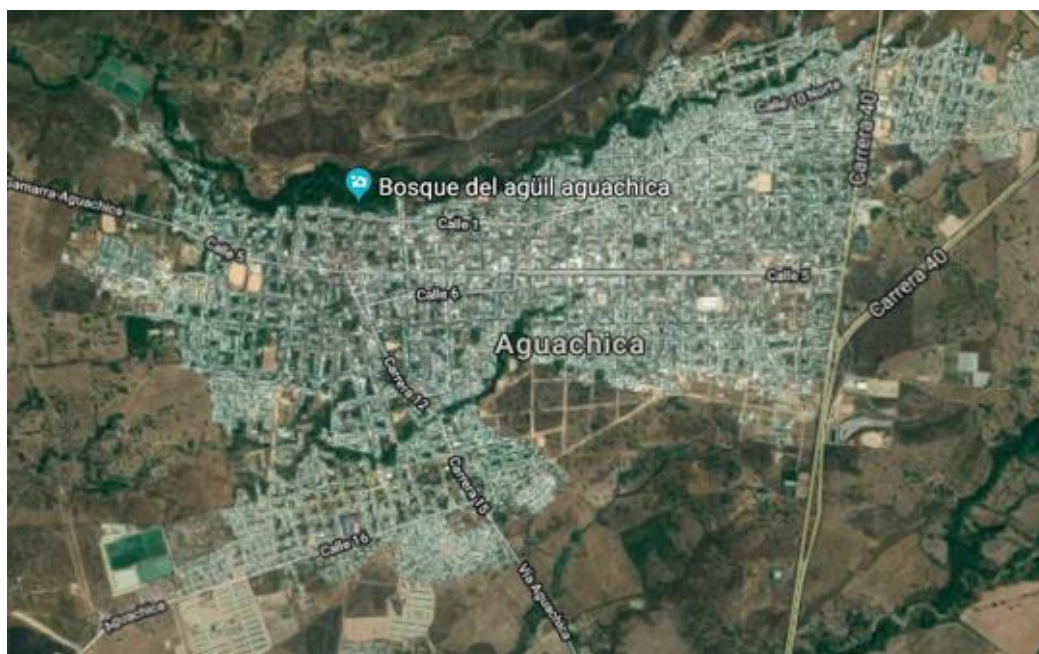


Figura 1. Mapa del municipio de Aguachica.  
Fuente: (Google Earth, s.f.)

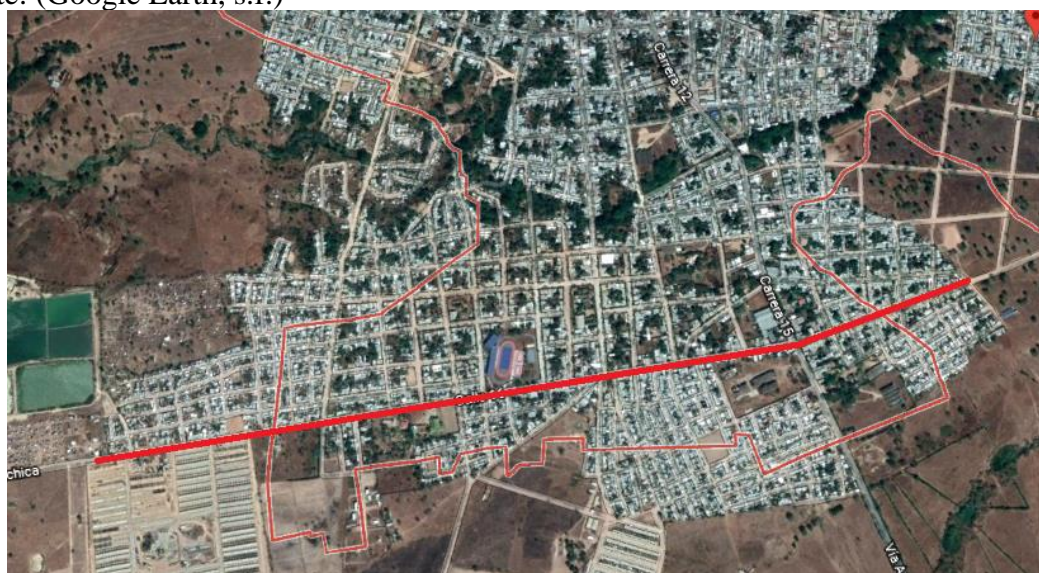


Figura 2. Tramo de estudio "Calle 17 entre la carrera 0 y 21"  
Fuente: (Google Earth, s.f.)



## Capítulo 2. Marco referencial.

### 2.1. Marco histórico.

Para llevar a cabo este proyecto es necesario, identificar y conocer los antecedentes a nivel mundial, nacional, regional y local sobre el tema en estudio, con el objetivo de encaminar esta investigación en los diferentes campos.

**2.1.1. Desarrollo vial en el mundo.** Al comienzo la piedra fue uno de los primeros materiales que contó el hombre, ya que servía de materia prima para la construcción de objetos. Se estima que fue en el 3000 a.C. que el Imperio Hilita (en la península de Anatonía) construyó los primeros caminos a suelo firme. Otro antecedente destacado son los caminos que realizaron los esclavos egipcios alrededor de las pirámides. (Historia del Pavimento, 2019).

A mediados del siglo XVIII se desarrolla el uso de la cal en países como Inglaterra, a través del trabajo de hombres como el ingeniero John Smeaton. Constructor del Faro de Eddystone, Smeaton fue uno de los responsables del cambio vial en la ciudad británica. Durante el siglo XIX, Inglaterra fue pionera en implementar leyes de pavimentación, con la creación del Comisionado de Pavimentación, dependiente del Parlamento del Reino Unido, su tarea se remitía

al cuidado y mejora de la red vial. Así mismo en la Europa del siglo XIX se caracteriza por un desarrollo en la construcción de caminos pavimentados. (Historia del Pavimento, 2019).

Gracias a la aparición del Cemento Portland (Joseph Aspdin,) a partir de elevar la temperatura de cocción de la caliza y arcilla. Comprobación teoría de Vicat, basada en que la sílice de cal de la arcilla causaba el endurecimiento de los cementos. Tanto W. Michaelis como H. Le Chatelier, realizan trabajos científicos sobre la composición del cemento Pórtland. Los progresos continuaron por Alemania y Francia. (Camacho, 2015)

La realización de rutas de pavimento utilizando piedras más pequeñas (adoquines).

Aparición del automóvil diagramación de caminos más extensos, aptos para el traslado de vehículos de peso. La primera planta para fabricar asfalto fue abierta por la empresa The Cummer Company durante los años 1800s. Consistía en pequeñas gramillas de piedra y capas de rocas, lo que permitía un óptimo drenaje del agua de lluvia. En 1830 se construye en el Estado de Ohio la “National Road”, primera ruta construida bajo este método en el año de 1870. (Camacho, 2015)

Con la aparición del pavimento asfáltico, el químico belga Edmund J. DeSmedt, produjo el primer pavimento asfáltico, en New Jersey, Estados Unidos. DeSmedt también pavimentó la Avenida Pennsylvania en Washington, D.C. para lo cual empleó 54,000 yardas cúbicas de capas asfálticas provenientes de la Isla Trinidad. (Camacho, 2015).

EL uso del pavimento rígido inicial se da en Estados Unidos, debido a la necesidad de crear caminos y rutas transitables para el transporte masivo. Creación nuevas vías de transporte debido al crecimiento demográfico. Empieza a utilizarse concreto como material de construcción de vías. Se construye el proyecto de obras públicas más importante de la historia: el sistema inter-estatal de carreteras, cuya longitud era de 28.000 km. El cual comunicaba las grandes ciudades del país. Creado en 1956, gracias a la colaboración del gobierno de Dwight Eisenhower, tras quince años de trabajos de construcción. El desarrollo del petróleo fomenta la utilización de betunes asfálticos para la fabricación de carreteras viales y pistas de aterrizaje. (Camacho, 2015)

El desarrollo del petróleo fomenta la utilización de betunes asfálticos para la fabricación de carreteras viales y pistas de aterrizaje. A partir del siglo XX, la aviación se desarrolla a gran velocidad, por lo que es necesaria la construcción de pistas que soporten el peso de las aeronaves. El fin del siglo XX encuentra nuevas técnicas en el desarrollo de nuevas carreteras, que mejoran la adherencia y la capacidad de drenaje ante situaciones climáticas adversas. (Historia del Pavimento, 2019).

**2.1.2. Desarrollo vial en Colombia.** En 1903 el fotógrafo Ernesto Duperly trae el primer automóvil a la capital: un lujoso Cadillac. Antes, en 1899, el empresario Carlos Coriolano Amador había traído a Medellín un De Dion-Bouton Tipo D procedente de Francia. La fascinante historia del automóvil en Colombia nos confirma que al país llegaron primero los

carros y mucho después las vías. La historia de los pavimentos en Colombia se remonta a la dictadura de Rafael Reyes, quien crea el Ministerio de Obras Públicas -MOP- el 7 de enero de 1905 para direccionar las vías nacionales, las líneas férreas y la canalización de los ríos. (LONDOÑO, 2014)

Desde esa época se clasifican las vías en nacionales, departamentales y municipales, se crean las juntas de caminos, se establecen formas de financiación y se construyen carreteritas para conectar las capitales departamentales con las poblaciones vecinas. Durante el gobierno de Reyes (1904-1909), se construyeron 207 km de “carreteras” y 572 km de caminos de herradura. La primera carretera fue la carretera Central del Norte que comunicaba a Bogotá con Santa Rosa de Viterbo (Boyacá): en veinte años de construcción no llegó a Sopó, pero por ella transitó el primer carro importado a Colombia. (LONDOÑO, 2014)

Durante la primera mitad del siglo XX, la Grandes tramos de las carreteras actuales de Colombia se trazaron siguiendo los caminos reales coloniales, de igual manera que estos mejoraron las condiciones de trochas y caminos indígenas. Buena parte de esta superposición de rutas obedece a las características de nuestra topografía, donde se alternan valles, ríos y cordilleras que obligan a buscar los puntos más accesibles para salvar las alturas y los puntos de mayor estrechez en el cauce de los ríos, para vadearlos o construir los puentes. (Baquero, 2013).

Un camino real español se diferencia del camino de los indios en que van a transitarlo, además de los hombres, los caballos, los bueyes, las mulas y los indios cargueros. Con los

españoles va a llegar también la rueda, pero el camino real no va a ser carretable sino mucho tiempo después, en el altiplano y ya en la república. Un camino real republicano, los caminos dentro de la red de caminos coloniales, los más importantes eran los llamados caminos reales, ellos, además de ser los de mayor circulación, unían las diferentes provincias y su mantenimiento y administración se realizaba por delegación real. (Baquero, 2013)

Hacia 1846 empezó en Bogotá el transporte urbano de mercancías, muebles, entre otros, en carros tirados por bueyes y caballos, y fue objeto de protestas hasta 1859, por daños en edificios y cañerías. En el año de 1856, había hasta doscientos. En 1869, destrozaban las calles. La escasez de vehículos se atribuyó, en parte, a que los atadores que conducían las aguas eran de barro, por falta de los de hierro, y por eso no soportaban cargas pesadas. En el siglo XIX, entre Bogotá y Facatativá circulaban al año más de 32 000 carros, con cargas de una tonelada en promedio. Hacia 1887 había en la Sabana unos 2000 carros de bueyes. La Ley del 28 de mayo de 1864, que puede considerarse como el primer paso fundamental en la estructuración de un plan vial integral, fue completada con la Ley 52 de 1872, en la época de la segunda presidencia de Murillo Toro. En 1873 hubo una verdadera fiebre vial en toda Colombia. Se considera como carretable una vía afirmada de menos de 4,6 metros de banca, y como carretera, la que sobrepase esta anchura. (Baquero, 2013)

Una de las primeras que se construyeron en Colombia fue la de Cúcuta a Los Cachos, sobre el río Zulia, entre 1865 y 1875; desde este último año, a raíz del terremoto que asoló a la ciudad, entró al servicio a pesar de no estar terminada. El Carretable de Cambao iniciado por cuenta del Estado de Cundinamarca en 1882, pasó a la Nación en 1886 con motivo de la

Reforma. Tiene 96 kms., con un ancho de 3 metros, después hubo que ensancharlo para permitir la introducción de los elementos del Ferrocarril de la Sabana. El camino por el que se iba de Santafé a Quito, pasando por Cartago, tenía una longitud en el siglo XVI de 221 leguas que, discriminada por las distancias entre las ciudades principales. En este trayecto, el camino tenía tres derivaciones de importancia: el camino Cali - Buenaventura, el camino Pasto - Barbacoas - Tumaco, y el camino Cartago – Chocó. (Baquero, 2013)

Partiendo de Santafé hacia la Gobernación de Popayán y la Presidencia de Quito, se tomaba rumbo a Mariquita e Ibagué por una de dos rutas: una que se dirigía hacia el Magdalena, pasando por Villeta, Honda, Guaduas y Mariquita; y otra que, por Funza, Tena, La Mesa y Tocaima, iba hacia Ibagué. En esta segunda ruta, y desde Tocaima, fue durante mucho tiempo indispensable pasar por Honda y Mariquita para llegar a Ibagué. (Baquero, 2013).

**2.1.3. Desarrollo vial en el departamento del Cesar.** El territorio del Cesar, hacia la década de los 50, mostraba una tendencia de desarrollo o conformación urbana, mediante la infraestructura fluvial, hacia aquellas zonas rivereñas del río Magdalena, una vez se fueron estructurando los proyectos viales de carácter nacional que atravesaban el territorio, el Cesar fue tomando mayor importancia y así mismo el desarrollo del transporte carretero. (PLAN VIAL DEPARTAMENTAL DEL CESAR 2012-2021, 2012)

Si se analizan las zonas urbanas y rurales de los municipios, ampliamente podemos concluir que el Departamento del Cesar no cuenta con una buena cobertura del servicio de

transporte, debido al mal estado de la infraestructura vial, lo que ha generado una problemática, a gran escala, dando origen a un sistema de transporte informal (mototaxismo y vehículos particulares). Las vías terciarias y caminos de penetración hacia las diferentes parcelaciones productivas, es importante mencionar, que se encuentran en muy malas condiciones, ocasionando una gran dificultad en la comercialización de los productos en razón de la imposibilidad de su traslado a los centros de acopio del Departamento. (PLAN VIAL DEPARTAMENTAL DEL CESAR 2012-2021, 2012)

Por mandato constitucional el país empezó a implementar un esquema de descentralización de la administración pública, a partir del cual se inició el proceso de transferencia de las vías secundarias a los Departamentos. Lo que se generó que mediante el Convenio Interadministrativo No. 0782 de 1995, suscrito entre el Ministerio de Transporte, El Instituto Nacional de Vías, FINDETER y el Departamento del Cesar, para la transferencia de las carreteras que se encuentran a cargo del INVIAS al Departamento del Cesar; en este convenio el Departamento recibió del Instituto 569 Km de vías y mediante Resolución No. 0000339 del 26 de febrero de 1999, expedida por el Ministerio de Transporte dio nomenclatura a las vías. (PLAN VIAL DEPARTAMENTAL DEL CESAR 2012-2021, 2012)

Las vías nacionales que atraviesan el departamento se encuentran, en términos generales, en buen estado. Son de vital importancia para el territorio pues actúan como arterias principales para el flujo de carga y pasajeros que dinamizan la economía regional. La red vial nacional comunica a los principales centros urbanos del Departamento, se une con numerosas vías secundarias articulando la movilidad, y permite que los productos agrícolas y otros derivados de

las diferentes actividades económicas que se desarrollan en nuestras diferentes regiones, alcancen a llegar a los puntos de comercialización. (PLAN VIAL DEPARTAMENTAL DEL CESAR 2012-2021, 2012)

**2.1.4. Desarrollo vial en el municipio de Aguachica.** Sobre los orígenes de la población del municipio de Aguachica a un no se han unificado las versiones de los historiadores en lo que sí coinciden es en la fecha del primer asentamiento que remonta hacia los principios del siglo XVIII en los predios en torno a la vieja casa y ruinas de la Hacienda San Roque de propiedad de Don Antón Garcia, en 1748. Sin embargo, se le reconocía como parroquia de relativa importancia como sitio de paso obligado y de descanso por estar sobre el camino real, que unía una extensa llanura con la cordillera y el Río Magdalena, única vía de transporte para la época entre la costa atlántica y el interior del país utilizada por los conquistadores. (DE LA MANO CON EL PUEBLO Plan de Desarrollo Municipal de Aguachica 2008-2011, 2008).

Este camino real –que unía a Ocaña con su puerto en el Río Magdalena-, sobre el cual estaba localizada Aguachica, ya existía desde antes de la colonia y en el año 1583, año en el cual quedó establecido definitivamente el Puerto Real (Gamarra) en el sitio en donde permanecería durante el resto del periodo colonial. Se dice que quedó establecido definitivamente, porque antes de haberse trazado es ruta –aún existente hoy, en forma de carretera-, se había intentado otra un poco más larga, pero funcional; que partía de un sitio cercano a donde está localizada actualmente Simaña, a orillas del río del mismo nombre y afluente del Magdalena, cuyas aguas eran navegables en un buen tramo hacia la cordillera, facilitando el desempeño de embarcaciones de pequeño calado, con gran ahorro en la construcción de vía. Posteriormente se descubrió una



ruta más corta, que fue la establecida a partir del año en mención. Esta sería sustituida a fines de los años veinte al camino real, se puede asumir que el origen de Aguachica es inminentemente comercial por ser paso obligado de mercancía y mercaderes y además equidistante de los centros poblados existen en la región para la época. (DE LA MANO CON EL PUEBLO Plan de Desarrollo Municipal de Aguachica 2008-2011, 2008).

## **2.2. Marco contextual.**

**2.2.1. Alcance.** Este proyecto favorece a todos los conductores y peatones que transitan por la vía, también a la comunidad, comerciantes, ciclistas, deportistas y las empresas del sector, asimismo, beneficia a las iglesias, colegios, ancianato existente en la zona, los cuales son vulnerables a la situación presente en la avenida, además, tendrá un impacto positivo a todos los barrios pertenecientes a la vía, en los que están: Nuevo Amanecer, Arboleda de Alvequín, Idema, Cañaveral, 7 de agosto, María Auxiliadora, Sabana de San Lázaro, Romero Díaz, Federación de Algodoneros.

**2.2.2. Limitación geográfica.** El presente proyecto se efectuará dentro del casco urbano del Municipio de Aguachica - Cesar, en específico en la calle 17 entre carrera 0 y 21 abarcando la mayoría de su infraestructura vial sin exceder el perímetro del mismo.



Figura 3. Mapa del departamento del Cesar, ubicando el municipio de Aguachica.  
Fuente: (Google Earth, s.f.)

### **2.3. Marco conceptual.**

Para el proceso de esta investigación será necesario explicar conceptos generales propios de la ingeniería de tránsito y transporte, donde se desplegarán varios términos claves para lograr al lector entender lógicamente lo transmitido por los autores. De los cuales se comprenden los siguientes:

**2.3.1 Peatón.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: persona que transita a pie o por una vía. (Mintransporte, 2017).

**2.3.2. Conductor.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: es la persona habilitada y capacitada técnica y teóricamente para operar un vehículo. (Mintransporte, 2017).

**2.3.3. Accidente de tránsito.** Evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento que causa daño a personas y bienes involucrados. (Accidentes de tránsito, 2012).

**2.3.4. Tránsito.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002 se define como: Es la movilización de personas, animales o vehículos por una vía pública o privada abierta al público. (Mintransporte, 2017).

**2.3.5. Volumen de tránsito.** Se define como el número de vehículos o peatones que pasan por un punto o sección transversal dado de un carril o de una calzada, durante un período determinado de tiempo. (Navarro, 2013).

**2.3.6. Transporte.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: es el traslado de personas, animales o cosas de un punto a otro a través de un medio físico. (Mintransporte, 2017).

**2.3.7. Aforo vehicular.** Es un conteo que se realiza con el objetivo de recolectar información acerca de las características de circulación de vehículos en las carreteras existentes (Bañón, 2017).

**2.3.8. Motocicleta.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: vehículo automotor de dos ruedas en línea, con capacidad para el conductor y un acompañante. (Mintransporte, 2017).

**2.3.9. Vehículo.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por vía terrestre pública o privada abierta al público. (Mintransporte, 2017).

**2.3.10. Camión tractor.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: vehículo automotor destinado a arrastrar uno o varios semirremolques o remolques, equipado con acople adecuado para tal fin. (Mintransporte, 2017).

**2.3.11. Paso peatonal a nivel.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: zona de la calzada delimitada por dispositivos y marcas especiales con destino al cruce de peatones. (Mintransporte, 2017).

**2.3.12. Paso peatonal a desnivel.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: puente o túnel diseñado especialmente para que los peatones atraviesen una vía. (Mintransporte, 2017).

**2.3.13. Vía.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales. (Mintransporte, 2017).

**2.3.14. Espaciamiento.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: distancia entre dos (2) vehículos consecutivos que se mide del extremo trasero de un vehículo al delantero del otro. (Mintransporte, 2017).

**2.3.15. Intersección.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: punto en el cual dos (2) o más vías se encuentran. (Mintransporte, 2017).

**2.3.16. Zona de estacionamiento restringido.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: parte de la vía delimitada por autoridad competente en zona adyacentes a instalaciones militares o de policía, teatros, bancos, hospitales, entidades oficiales y de socorro, iglesias, establecimientos industriales y comerciales, en la cual solo pueden estacionar vehículos autorizados. (Mintransporte, 2017).

**2.3.17. Señal de tránsito.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: dispositivo físico o marca especial. Preventiva y reglamentaria e informativa, que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías. (Mintransporte, 2017).

**2.3.17.1. Señales verticales.** Estas son:

- Las Señales reglamentarias, de color rojo y blanco o blanco y negro, son aquellas que demandan un cumplimiento obligatorio por parte del conductor.
- Las señales preventivas tienen como función advertir un peligro y su naturaleza.
- Las señales informativas tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitio de interés, turístico, geográfico, intersecciones, cruces, entre otros (Sura, 2012).

**2.3.17.2. Señales horizontales.** Son aquellas que están demarcadas en el asfalto y tienen como objetivo regular el tránsito de todos los actores viales (conductores y peatones). Tienen las mismas condiciones que las señales verticales, solo que están dispuestas de diferente manera (Sura, 2012).

**2.3.17.3. Señales elevadas.** Como su nombre lo indica, son aquellas que están elevadas sobre la vía. Están dispuestas en grandes postes que pueden visualizarse desde una distancia más apartada (Sura, 2012).

**2.3.18. Infracción.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: transgresión o violación de una norma de tránsito. Habrá dos tipos de infracciones simple y compleja. Será simple cuando se trate de violación a la mera norma. Será compleja si se produce un daño material. (Mintransporte, 2017).

**2.3.19. Casco.** De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define como: pieza que cubre la cabeza, especialmente diseñada para proteger contra golpes, sin impedir la visión periférica adecuada que cumpla con las especificaciones de las normas Icontec 4533 " Cascos Protectores para Usuarios de Vehículos", o la norma que la modifique o sustituya. (Mintransporte, 2017).

**2.3.20. Pavimento.** Es una estructura que descansa sobre el terreno de fundación (subrasante), conformado por capas de materiales de diferentes calidades cuyos espesores están dados de acuerdo al diseño del proyecto y construido con la finalidad de soportar cargas estáticas y móviles en su tiempo de vida útil. Los pavimentos se clasifican básicamente en pavimentos asfálticos e hidráulicos y se diferencian en cómo están conformados cada uno y como se distribuyen las cargas sobre ellos. (Huamán Guerrero, 2013).

**2.3.21. Software PTV Vissim.** Es un software líder mundial para la simulación microscópica del tráfico, permite en un solo modelo representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones: autos, transporte de carga y cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional. Cabe resaltar que PTV Vissim es una herramienta potente para evaluar y planificar la infraestructura vial urbana e inter urbana. Además, con este software se pueden obtener tanto resultados numéricos detallados como impresionantes animaciones en 3D representando diversos escenarios. Por consiguiente, resulta un recurso ideal para presentar propuestas de infraestructura (PTV GROUP, 2017).

**2.3.22. Acera o andén.** Parte de vía destinada exclusivamente al tránsito de peatones. (código nacional de tránsito terrestre. título I, Disposiciones Generales. capítulo I. Principios y definiciones, s.f.).

**2.3.23. Capacidad.** Se define como capacidad de una infraestructura de transporte al “Flujo máximo horario al que se puede razonablemente esperar que las personas o vehículos atraviesen un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, del control y del tránsito. (Vargas, Rincón, Gonzales 2012).

**2.3.24. Estacionamiento.** Detención prolongada de un vehículo en la vía pública, distinta de las paradas momentáneas. (Código nacional de tránsito terrestre. título I, Disposiciones Generales. capítulo I. Principios y definiciones).



**2.3.25. Seguridad vial.** Se refiere al conjunto de acciones, mecanismos, estrategias y medidas orientadas a la prevención de accidentes de tránsito, o a anular o disminuir los efectos de los mismos, con el objetivo de proteger la vida de los usuarios de las vías. (Universidad de la Salle. Bogotá D.C. 29 mayo de 2015, plan estratégico de seguridad vial).

## **2.4. Marco teórico.**

**2.4.1. Antecedentes investigativos.** A continuación, se conocerá investigaciones que serán de gran importancia ya que, por medio de estas, se podrá aportar información e ideas, además, conocer el campo en el que se está desarrollando la investigación.

La siguiente investigación realizada en las troncales de transporte interdepartamental (carrera 4 y calle 38) representan alta peligrosidad para la ciudad de Cuenca en Ecuador, se basa en un plan de mejoramiento en la red vial que permitirían aumentar la seguridad vial debido a que se presentaba un 37% del total de los accidentes de tránsito ocurridos en el tiempo de estudio el cual sucedieron sobre estas dos troncales. Se identificaron los factores de riesgo asociados más relevantes correlacionados con los altos índices de accidentalidad en los puntos críticos y se propuso un plan de mejoramiento. Los factores de riesgos más relevantes fueron el estado de la red vial, problemáticas en señalización y factores asociados a la humanidad. Se propuso un sistema de prevención de riesgos acorde con la problemática de accidentalidad en los puntos críticos identificados que impulsarían su concientización, información, control y vigilancia en la

ciudad y en los puntos de alto riesgo. Finalmente, se planteó un diseño conceptual de mejoras en la malla vial bajo los estándares de ingeniería necesarios para, promover una armonía en la movilidad y la seguridad vial. (PEREZ GUTIERREZ & LASTRE RAMOS, 2014).

Asimismo se consultó el trabajo de grado para optar por el título de Magister en ingeniería – infraestructura y sistemas de transporte, realizado por la ingeniera Alma de Jesús Valladares en la Universidad Nacional de Colombia en el año 2016, en el que se pretende relacionar la teoría en la que se basan los simuladores a nivel microscópico (VISSIM) con la de los simuladores a nivel macroscópico (VISUM) para modelar las demoras en el tránsito de vehículos, y de esta manera encontrar un factor de ajuste que valide los resultados de las demoras producidas por la congestión urbana. Pues bien, este es un tema muy interesante que nos concierne estudiar y tener en cuenta para el desarrollo de los objetivos de nuestra investigación, ya que encaminaremos los resultados hacia la modelación en el software PTV VISSIM que nos proporcionará algunas hipótesis que nos permitan plantear soluciones y bases, que sustenten el plan de mejoramiento en la movilidad que se pretende proponer.

De igual manera se encontró el trabajo de grado titulado “*Auditoria de la Seguridad Vial para cuantificar el riesgo en la vía de los usuarios, en los barrios Pablo Sexto, Galerías y Nicolás de Federmann*”. La propuesta de este estudio es hacer una auditoría de seguridad vial en barrios pertenecientes a la localidad de Barrios Unidos donde el alto tráfico, los problemas de movilidad y los índices de accidentalidad impactan y afectan la población en estos sectores. Básicamente con el estudio se pretende hacer un diagnóstico de los factores que tienen mayor incidencia en la seguridad de los usuarios en la vía, como son la cultura ciudadana, el uso y

ubicación de los dispositivos de control, el estado de la malla vial y la señalización. El estudio estará desarrollado en dos etapas, la primera incluye el trabajo y recolección de información y, en una segunda etapa se llevará a cabo el análisis de variables tanto estadísticas como geoespaciales que permitan la formulación de estrategias que minimicen el riesgo de los usuarios en la vía. (GIRALDO SALAZAR, 2015).

**2.4.2. Flujo vehicular.** El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía se deben conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle. Formula general:  $q=vk$  El análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el Nivel de eficiencia de la operación. (ACADEMIA, 2018)

**2.4.3. Factor de hora pico.** El factor de la hora pico (FHP) representa la variación en la circulación dentro de una hora. Las observaciones de la circulación indican constantemente que los volúmenes encontrados en el periodo de 15 minutos del pico dentro de una hora no se encuentran sostenidos a través de la hora completa. El uso del factor de la hora pico en la ecuación para determinar la tasa de flujo considera este fenómeno. En vías multicarriles, los valores típicos del factor de hora pico, FHP varían entre 0.80 y 0.95. Un factor de hora pico bajo es característico de condiciones rurales. Factores altos son condiciones típicas de entornos urbanos y suburbanos en condiciones de hora pico. Los datos del campo deben ser utilizados en lo posible para desarrollar el cálculo del factor de hora pico de condiciones locales. (ACADEMIA, 2018)

El factor de hora pico es la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo ( $q_{\max}$ ), que se presenta en un periodo dado dentro de dicha hora como se aprecia en la Ecuación.

$$FHP = \frac{VHMD}{q_{\max} * N}$$

FHP= factor hora pico.

VHMD= volumen horario de máxima demanda.

$q_{\max}$ = flujo máximo

**2.4.4. Tipos de flujo de tráfico.** El Manual de Capacidad de Carreteras clasifica a los distintos tipos de caminos en dos categorías o tipos de operación del flujo vehicular: Continuo y Discontinuo. Los términos “flujo Continuo” y “flujo discontinuo” solo describen el tipo de camino y no la calidad del flujo de tránsito que en un determinado momento circula por el mismo. (ACADEMIA, 2018).

**2.4.4.1. Flujo continuo.** Es aquel en que el vehículo que va transitando por la vía solo se ve obligado a detenerse por razones inherentes al tráfico. Es el tráfico de las carreteras. Los vehículos se detienen cuando ocurre un accidente, cuando llegan a un destino específico, paradas intermedias. En otras palabras, el flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con señales de alto. (ACADEMIA, 2018)

**2.4.4.2. Flujo discontinuo.** Es el característico de las calles, donde las interrupciones son frecuentes por cualquier motivo, siendo una de estas los controles de tránsito de las intersecciones como son los semáforos, los ceda el paso, etc. El flujo interrumpido o discontinuo es la circulación de vehículos en las carreteras donde existen intersecciones como semáforos o señales de alto y es utilizado para el tránsito urbano. (ACADEMIA, 2018).

**2.4.5. Características fundamentales del flujo vehicular.** En seguida, se presenta una descripción de algunas de las características fundamentales del flujo vehicular, representadas en sus tres variables principales: el flujo, la velocidad y la densidad, a partir de relaciones entre ellas se pueden obtener singularidades de la corriente de tránsito, que permitan pronosticar efectos de diferentes maneras de operación, además su conocimiento proporciona información sobre la calidad o nivel de servicio de cualquier sistema vial. Las tres características principales que se pueden explicar matemáticamente son: La velocidad, El volumen o intensidad de tránsito y La densidad (Mozo Sánchez, 2012, p.11).

**2.4.5.1. Velocidad.** La velocidad describe el movimiento o recorrido de un objeto, durante un determinado tiempo. En el campo de estudio generalmente se calcula en kilómetros por hora (km/h). El HCM 2000 usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tránsito y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables. (Mozo Sánchez, 2012, p.12).

**2.4.5.2. Velocidad promedio de viaje.** La velocidad promedio de viaje es una medida de tránsito basada en la observación del tiempo de viaje en una longitud dada de carretera. Se calcula como la longitud del segmento dividido entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento, incluyendo todos los tiempos de demoras por paradas. La velocidad promedio de viaje se calcula dividiendo el largo de la carretera, sección o segmento bajo consideración entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento. (Mozo Sánchez, 2012, p.12).

**2.4.5.3. Velocidad a flujo libre.** FFS por sus siglas en inglés, free flow speed es entendida como la velocidad promedio de los vehículos en una vía dada, sobre un pavimento en buenas condiciones y volúmenes de tránsito bajo, que permite un flujo libre, sin restricciones ni demoras. (Ibagón Castañeda).

**2.4.5.4. Volumen o intensidad de tránsito.** El volumen de tránsito es definido como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”. Un intervalo común de tiempo para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras. Para los análisis operacionales, se usan los volúmenes horarios, ya que el volumen varía considerablemente durante el curso de las 24 horas del día. La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada “hora pico” (HP), u hora de máxima demanda (HMD). (Mozo Sánchez, 2012, p.12).

**2.4.5.5. Densidad.** La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km). (Mozo Sánchez, 2012, p.14).

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$FHP = \frac{VHMD}{q_{max} * N}$$

**2.4.6. Niveles de servicio.** Las condiciones de operación de los Niveles de Servicio, que se ilustran a continuación, son:

**2.4.6.1. Nivel de servicio A.** Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El Nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente. (Escobar, 2007).

**2.4.6.2. Nivel de servicio B.** Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobrar. El Nivel de comodidad y conveniencia comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno. (ESCOBAR, 2007)

**2.4.6.3. Nivel de servicio C.** Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El Nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente. (ESCOBAR, 2007).

**2.4.6.4. Nivel de servicio D.** Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un Nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas. (ESCOBAR, 2007).

**2.4.6.5. Nivel de servicio E.** El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su Capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los Niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos. (ESCOBAR, 2007).



**2.4.6.6. Nivel de servicio F.** Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”. (ESCOBAR, 2007).

**2.4.7. Capacidad de las vías.** De acuerdo a (Cerquera Escobar, 2007, p.1). Se define capacidad de una infraestructura de transporte al “flujo máximo horario al que se puede razonablemente esperar de las personas o vehículos en un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la vía, del control y del tránsito”. De acuerdo a lo anterior se puede inferir que, al tener tramos o puntos con diferentes características, se tendrán diferentes capacidades. Así mismo, se menciona flujo vehicular, durante un periodo de tiempo dado, que generalmente es de 15 minutos pico; valga hacer énfasis en que no se trata del máximo flujo vehicular absoluto al que puede estar sometida la infraestructura en una hora. Para la capacidad, se deben considerar condiciones promedio, y está dada bajo condiciones prevalecientes de la vía (características geométricas, tipo de sección, pendientes, dimensiones de carriles, bermas, etc.), del control (dispositivos de control de tránsito como semáforos, señales, movimientos permitidos), y del tránsito (composición vehicular, velocidad, características del flujo vehicular).

**2.4.8. Factores que afectan a la capacidad y a los niveles de servicio.**

**2.4.8.1. Condiciones ideales.** Muchos de los procedimientos utilizados proporcionan unas formulaciones sencillas para un conjunto de condiciones definidas como estándar (ideales), que deben corregirse para tener en cuenta las condiciones prevalecientes que no coincidan con ella. En principio, una condición es ideal cuando su mejora no produce un incremento en la capacidad. En estas condiciones se presume buen clima, pavimento en buen estado, usuarios “racionales” y la inexistencia de incidentes que obstruyan el flujo. (ESCOBAR, 2007)

Las siguientes son las condiciones ideales para infraestructuras de flujo ininterrumpido:

- Repartición del tránsito por igual en ambos sentidos
- Carriles de no menos de 3.65 m
- Una distancia (bermas) de 1.8 m entre el borde de la calzada exterior y los obstáculos u objetos adyacentes a la vía o separador
- Velocidad de proyecto de 100 k/h para vías de 2 carriles y de 110 k/h para vías multicarriles y autopista
- Flujo constituido únicamente por vehículos ligeros. Ausencia de vehículos pesados.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas
- Visibilidad adecuada para adelantar
- Señalización horizontal y vertical óptima.
- Terreno llano y rasante horizontal

En la mayoría de los análisis las condiciones existentes difieren de las condiciones ideales, por lo cual se deben incluir correcciones que reflejen la inexistencia de las condiciones ideales.

**2.4.8.2. Condiciones de la vía o la infraestructura.** Las condiciones que afectan a la vía comprenden las condiciones geométricas y los elementos del proyecto. Estos factores son los siguientes: (ESCOBAR, 2007)

- El tipo de vía y el medio urbanístico en que está inmersa
- La anchura de carril
- El ancho de las bermas y los despejes laterales
- La velocidad de proyecto
- El alineamiento horizontal y el alineamiento vertical
- La disponibilidad de espacio para esperar en cola en las intersecciones.

**2.4.8.3. Condiciones del tránsito.** Se definen como vehículos pesados aquellos que tienen más de cuatro ruedas sobre el pavimento. Se agrupan en tres categorías: camiones, vehículos recreaciones y autobuses.

Además de la composición vehicular, se tiene en cuenta el reparto por sentidos de circulación, que es especialmente crucial en vías de dos carriles, donde las condiciones ideales se producen cuando la distribución es 50/50 (50% en cada sentido). La distribución entre carriles y

entre calzadas en estructuras multicarriles y autopistas es importante, ya que en estos casos el análisis se hace en forma independiente para cada sentido de circulación. (ESCOBAR, 2007)

**2.4.8.4. Condiciones de control.** En vías para circulación continuas el control y normas que afectan significativamente la capacidad y los niveles de servicio, como la justificación de estacionar las restricciones para el rebase, la prohibición de giros, los sentidos de circulación permitidos. (ESCOBAR, 2007).

**2.4.9. Calidad de tránsito.** Al momento de realizar la inspección de daños, se debe evaluar la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de los daños en la superficie de rodamiento. Estos niveles se clasifican en tres grupos por su grado de severidad.

- Bajo (Low): Se perciben vibraciones en el vehículo, pero no es necesario reducir la velocidad, con el fin de conservar la comodidad o seguridad.
- Medio (Medium): Se perciben vibraciones significativas en el vehículo, que requieren de alguna reducción de velocidad, con el fin de conservar la comodidad y seguridad.
- Alto (High): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad considerablemente, con el fin de conservar la comodidad y seguridad.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento

cercanas a señales verticales de detención, deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. (VARELA, 2002).

#### 2.4.10. Clasificación de pavimentos.

**2.4.10.1. Pavimentos Asfálticos.** Tal como se puede apreciar en la Figura 4, los pavimentos asfálticos tienen una base flexible o semirrígida sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de material granular y algún ligante asfáltico.

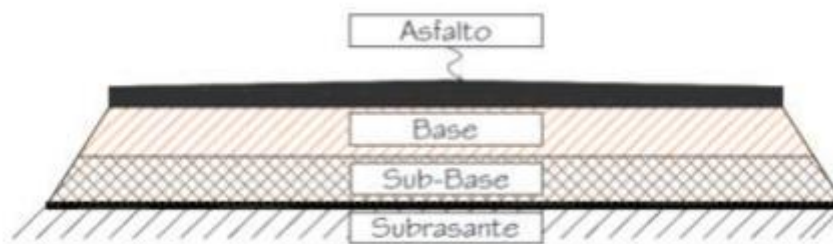


Figura 4. Sección del pavimento asfáltico  
Fuente: (Bermudez, 2006)

**2.4.10.2. Pavimentos Hidráulicos.** Aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por una losa de concreto de cemento Portland con o sin armadura de fierro, como se puede apreciar en la Figura 5

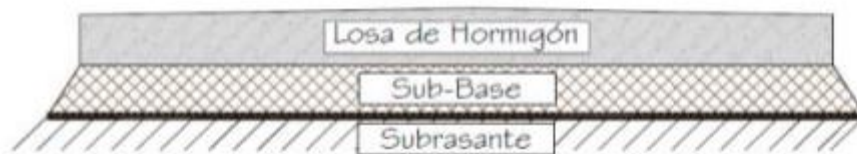


Figura 5. Sección de pavimento hidráulico  
Fuente: (Bermudez, 2006)

**2.4.11. Ciclo de vida de los pavimentos.** Los pavimentos son inversiones importantes, divididas en una gran inversión inicial en la construcción de este y una inversión rutinaria debido al mantenimiento y reparación a lo largo de su vida útil con el objetivo de conservar los estándares de calidad y prolongar su vida útil. En la actualidad ha aumentado la necesidad de conservar su adecuado funcionamiento. El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible que va en aumento hasta el deterioro total. El ciclo de vida del pavimento puede clasificarse en cuatro etapas, estas son:

**2.4.11.1. Fase A.** Construcción. El camino se encuentra, en este momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Menendez, 2003).

**2.4.11.2. Fase B.** Deterioro imperceptibles. Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque también en menor grado, en el resto de su estructura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, además también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores.

Para disminuir el proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la superficie de rodadura y en las obras de drenaje, además de efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento. Si no se efectúan, la vida útil del camino se reduce sustancialmente. (Menendez, 2003).

**2.4.11.3. Fase C.** Deterioro acelerado. Después de varios años, los elementos del pavimento están cada vez más deteriorados, la resistencia al tránsito se ve reducida. La estructura básica del pavimento está dañada, esto lo podemos constatar por las fallas visibles en la 13 superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante acelerada. El estado del camino varía desde regular hasta malo o muy malo. (chicchón, 2009).

**2.4.11.4. Fase D.** Deterioro total. Esta última etapa puede durar varios años y constituye el desgaste completo del pavimento. La transitabilidad se ve seriamente reducida y los vehículos empiezan a experimentar daños en sus neumáticos, ejes, etc. Los costos de operación de los vehículos aumentan y la vía se hace intransitable para autos. (chicchón, 2009).

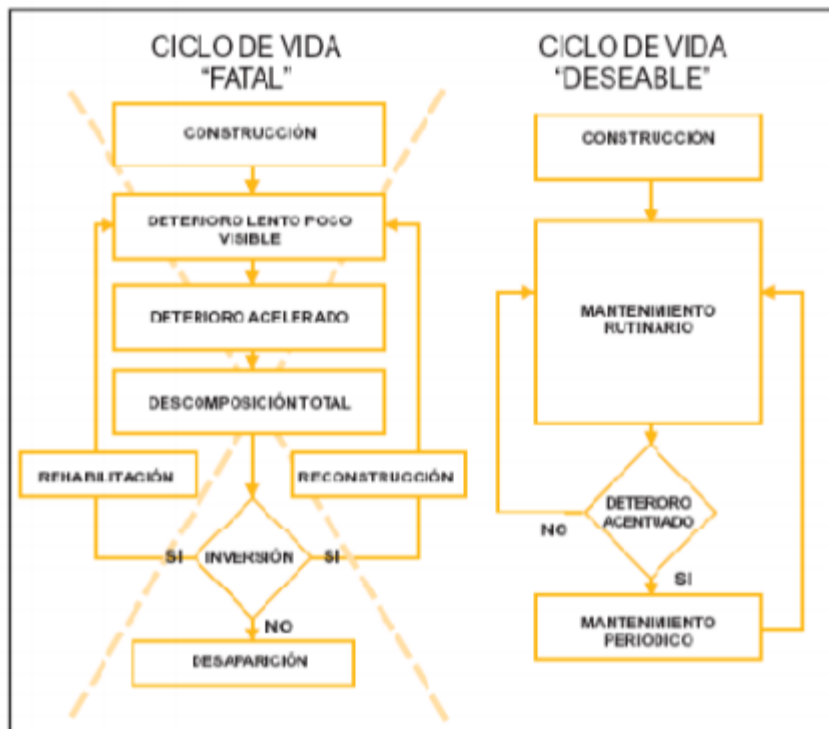


Figura 6. Diagrama del flujo de un pavimento  
Fuente: (chicchón, 2009)

**2.4.12. Fallas en los pavimentos.** La presente sección resume la clasificación de fallas para pavimentos asfálticos, tomando como referencia el Manual PCI de Vásquez Varela, el cual es una traducción de la norma ASTM D6433-07. Únicamente se presentan la clasificación de daños en pavimentos asfálticos por ser el tipo de calzada a analizar en las siguientes secciones.

**2.4.13. Clasificación de daños en pavimentos asfálticos.** A continuación, se detallan los tipos de fallas, las cuales podrían clasificarse en fallas superficiales y estructurales, como se presenta en la Tabla 1. Las fallas presentadas únicamente son las 19 fallas definidas en la Norma ASTM D6433-07.



Fallas Estructurales	Fallas Superficiales
Piel de Cocodrilo	Exudación
Agrietamiento en Bloque	Corrugación
Abultamiento y Hundimientos	Grieta de Borde
Depresión	Grieta de Reflexión de Junta
Huecos	Desnivel Carril/Berma
Ahuellamiento	Grietas Longitudinales y Transversales
Desplazamiento	Parcheo
Hinchamiento	Pulimiento de Agregados
	Cruce de Vía Férrea
	Grietas Parabólicas
	Desprendimiento de Agregados

Figura 7. Longitudes de unidades de muestreo Asfáltica.

Fuente: (BUSTIOS, 2015)

**2.4.14. Modelos de micro simulación.** Con la aplicación de modelos de Micro simulación se pretende evaluar técnicamente la mejor solución para resolver los problemas que se pudieran presentar en intersecciones y en pasos urbanos para garantizar un mejoramiento integral de la infraestructura (Instituto nacional de vías, 2015).

**2.4.15. Software PTV Vissim.** Debido a que es una herramienta de software para la simulación microscópica y multimodal del tránsito. VISSIM usa el modelo del comportamiento psicofísico del conductor desarrollado por Wiedemann.

Aplicaciones de PTV Vissim:

- Puede ser utilizado para simular las intersecciones controladas con señales de seda el paso, pare, intersecciones semaforizadas con controlador de tiempos fijos.

- Se utiliza para evaluar y controlar la viabilidad y el impacto de integrar sistemas de transporte masivo en redes urbanas y para este caso en particular solucionar problemas de movilidad.
- Vissim permite comparar de manera fácil y rápida posibles alternativas de solución para el mejoramiento de una intersección o un tramo de una vía específica.
- Permite evaluar el transporte público optimizando tiempos de viajes y demoras (Avila, 2014).

## **2.5. Marco legal.**

Por medio de este marco se mencionan las referencias legales con las cuales se apoya el objeto de esta investigación.

Ley 1503 de 2011: Por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía. Enfocado en el artículo II (Ley 1503-2011, 2011).

Código de Tránsito de Colombia: En el cual se mencionan los límites de velocidad las sanciones, la utilidad de las señales de tránsito, entre otras. Los capítulos usados fueron: I, III, X, XI, XII, y XIII (código de tránsito, 2002).

Manual de señalización vial (Instituto nacional de vías, 2015).

Manual de iluminación vial (SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA , 2015)

Decreto Ley 015 de 2011: Por la cual se establecen los límites máximos de velocidad para garantizar la seguridad vial en el Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica.

“Artículos usados I y II” (Ley 015-2011, 2011).

Manual de carreteras: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento. (manual de carretera , 2014).

Capítulo 6, Conducción de vehículos. Artículo 126°.- Todo conductor, al detener su vehículo en vías pública, deberá hacerlo en forma que no obstaculice el tránsito de los demás usuarios, y abstenerse de maniobras que pongan en peligro a otros vehículos y a las personas.

Artículo 127°.- El conductor que transite por una vía sin prelación deberá detener completamente su vehículo al llegar a un cruce, y donde no haya semáforo, tomar las precauciones debidas e iniciar la marcha cuando le corresponda.

Artículo 139°.- Los conductores pueden estacionar sus vehículos al lado derecho de la calle, lo más cerca posible del andén, y a menos de quince metros de la bocacalle, excepto cuando haya prohibición expresa señalada por las autoridades competentes.

Artículo 140°.- No se puede estacionar vehículos en los siguientes sitios: 1. Sobre los andenes; 2. En vías arterias, autopistas, zonas de seguridad y puentes; 3. A menos de un metro de otro vehículo que se halle estacionado o a distancia mayor de treinta centímetros de la acera; 4. Frente a los vehículos estacionados y a los hidrantes, entradas de garajes, teatros, iglesias, circos, salones públicos, zonas escolares andamios y obstáculos que angosten la vías, o en curvas de visibilidad reducida; 5. Donde las autoridades de tránsito locales lo prohíban.

Artículo 142°.- Los conductores que estacionen sus vehículos en los lugares de comercio de los perímetros urbanos con el objeto de cargar o descargar objetos, deben hacerlo en las zonas determinadas para tal fin. El cargue o descargue se efectuará en forma continua y una vez terminada se despejará la vía para permitir el cargue o descargue de otro vehículo. Las autoridades locales de tránsito reglamentarán las horas y zonas para el cargue o descargue.

## Capítulo 3. Diseño metodológico

### 3.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación que se aplicara en este proyecto, tiene un enfoque descriptiva aplicada, ya que la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de actividades, objetos procesos y personas (Meyer., 2006), por otra parte, la investigación aplicada utiliza la recopilación y análisis de datos para poder establecer soluciones concretas y verídicas que ayudan a la toma de decisiones. Teniendo en cuenta esto, proyectaremos la investigación de manera lógica y estratégicamente organizada, encaminándonos a la obtención de resultados contundentes, que permitan encontrar soluciones sostenibles que mejoren las condiciones actuales de movilidad.

### 3.2. Localización.

La investigación fue realizada sobre “la calle 17 entre la carrera 0 y 21” del municipio de Aguachica-Cesar, el cual se encuentra ubicado geográficamente  $8^{\circ} 18' 26.26''$  al norte y  $73^{\circ} 36' 41.10''$  al oeste del país.

### **3.3. Población y muestra.**

**3.3.1. Población.** Este proyecto está encaminado a la comunidad de Aguachica-Cesar, del cual la población está conformada por conductores y peatones que transitan sobre la vía en estudio, los cuales son vulnerables a la situación presente en la avenida, y queriendo obtener datos más cercanos y reales, tomaremos como población a todos los barrios pertenecientes a la misma, en los que están: Nuevo Amanecer, Idema, Cañaveral, 7 de agosto, María Auxiliadora, Sabana de San Lázaro, Romero Díaz, Federación de Algodoneros y Arboledas del Alvequín. Haciendo un aproximado de 18000 habitantes.

**3.3.2. Muestra.** El proceso de obtener la muestra se debe a la siguiente ecuación se puede conocer el número exacto de personas las cuales van a ser encuestadas.

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

e = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{e^2 + (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de la información.**

En la ejecución de este proyecto, las técnicas de recolección de información utilizadas para desarrollar este proyecto serán, en primer lugar, ocular y experimental, para establecer el estado actual de la vía en estudio, además se realizarán encuestas aplicadas a conductores, comerciantes y peatones de la zona, que ligadas a lo observado permitan identificar aspectos relevantes sobre la problemática en estudio.

Adicionalmente se efectuará, los aforos vehiculares para la obtención de hora de máxima demanda y los volúmenes de flujo vehicular, todo esto a través de registro en formato, en conjunto con el levantamiento topográfico, los cuales son necesarios para la respectiva modelación mediante el software PTV Vissim para modelar la alternativa planteada, que lleven al mejoramiento de la movilidad en la vía.

### **3.5. Análisis de la información.**

En primera instancia se recolecta la información en campo, con los datos obtenidos mediante las encuestas, se hará un análisis estadístico descriptivo. Del mismo modo mediante alguna información suministrada por parte de entidades encargadas como la secretaria de tránsito y teniendo como referencia el Plan de Desarrollo Municipal, se realizará tabulaciones de datos donde se exponga la importancia del tramo sobre la movilidad. No obstante, el levantamiento topográfico con el aforo vehicular y la experiencia como usuario de la vía, nos aportarán parámetros adecuados para la simulación del tramo, mediante el software especializado PTV Vissim, el cual usaremos para modelar el tránsito y las interacciones entre estos, para lograr

verificar si la alternativa propuesta es apropiada respecto a la mejora de la movilidad vehicular y peatonal.



## **Capítulo 4. Administración del proyecto.**

### **4.1. Recurso humano.**

Este proyecto será realizado por Yesid Medina Sánchez y Kevin Andrés Quintero García estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander como trabajo de grado, requisito para adquirir el título de Ingeniería Civil, quien será asesorado por la Ingeniera Jennifer Álvarez Prada, además, contará con la colaboración de personal capacitado para la realización de los aforos y el levantamiento topográfico.

### **4.2. Recurso institucional.**

Para el desarrollo y ejecución de la presente investigación, se tendrán en cuenta los recursos institucionales y los entes públicos, las cuales le suministrarán gran parte de la información necesaria para llevar a cabo el diagnóstico inicial del proyecto. Los cuales son:

- **Universidad Francisco de paula Santander - seccional Ocaña.**
- **Biblioteca “Argemiro Bayona Portillo” y Sala de cómputo de ingeniería civil.**
- **Secretaria de transito de Aguachica.**
- **Cámara de comercio de Aguachica.**

- **Secretaría de Gobierno del Municipio.**
- **Gerencia de Planeación y Obras del Municipio de Aguachica.**

#### **4.3. Recurso financiero.**

Para este trabajo se necesitarán unos recursos financieros que serán costados por los autores del mismo. Estos recursos serán destinados para varios aspectos dentro del proyecto tales como:

**Tabla 1.**

*Descripción del gasto del recurso humano para el desarrollo del proyecto.*

<b>RECURSO HUMANO</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>Asesoría Director</b>	Horas	50	\$ 30,000.00	\$ 1,500,000.00
<b>Autores del Proyecto</b>	Horas	400	\$ 7,000.00	\$ 2,800,000.00
<b>Levantamiento topografico</b>	Global	1	\$ 1,500,000.00	\$ 1,500,000.00
<b>ensayo de CBR</b>	Global	1	\$ 800,000.00	\$ 800,000.00
<b>Auxiliares para aforos</b>	Horas	36	\$ 3,450.00	\$ 124,200.00
			Subtotal	\$ 6,724,200.00

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 2.**

*Descripción del gasto del equipo y material utilizado para el desarrollo del proyecto.*

<b>EQUIPO Y MATERIALES</b>					
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>Computador</b>	Horas	200	\$ 1,000.00	\$ 200,000.00	Autor
<b>Software/Vissim</b>	Horas	40	\$ 10,000.00	\$ 400,000.00	UFPSO
<b>Software/AutoCad</b>	Horas	40	\$ 10,000.00	\$ 400,000.00	UFPSO
<b>Transporte local</b>	viaje	96	\$ 2,000.00	\$ 192,000.00	Autor
Transporte <b>Ocaña-Aguachica</b>	viaje	5	\$ 30,000.00	\$ 150,000.00	Autor
<b>Papelería</b>	global	1	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	Autor
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 1,742,000.00</b>	

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 3.**

*Gasto de imprevistos y costo total del proyecto.*

<b>OTROS</b>					
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>	<b>RESPONSABLE</b>
Imprevistos	Total	-	\$ 200.000,00	\$ 200,000.00	Autor
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 200,000.00</b>	
<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>\$ 8,666,200.00</b>	

Fuente: Autores del proyecto.

## Capítulo 5. Presentación de resultados

En cumplimiento del objetivo general que es la creación de una propuesta o plan de mejoramiento en la movilidad de la avenida en estudio, se desarrollaron cada uno de los objetivos específicos descritos anteriormente, con su respectiva serie de actividades; permitiéndonos generar, de esta manera, unos resultados que serán expuestos a continuación:

### **5.1. Identificar los principales factores de riesgo existentes en la vía.**

Para identificar el estado actual de la vía, se visitó y se evaluó mediante la observación, todos los aspectos físicos con la que esta cuenta, como lo son, la estructura del pavimento (si llegara a estar pavimentada), sistemas de drenaje, iluminación, señalización, etc. De acuerdo a esto se analizó detalladamente el estado de las intersecciones y de los puntos críticos, para así poder observar de una manera más clara y precisa la problemática que presenta este corredor vial y al cual se exponen todos los usuarios que utilizan esta vía para movilizarse a los diferentes sectores del municipio de Aguachica.

A continuación, se mostrarán los puntos e intersecciones más críticas, las demás intersecciones se podrán evidenciar en el [Apéndice A](#).

**Tabla 4.**

*Registro del estado actual de la vía en estudio.*

<b>INTERSECCION</b>	<b>FOTOGRAFIA</b>	<b>ESTADO ACTUAL</b>
<b>Tramo inicial</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sin señalización vertical y horizontal</li> <li>-Carencia de aceras</li> <li>- No cuenta con sistema de drenaje.</li> <li>-Poca iluminación</li> <li>-Sin Pavimentar</li> <li>-Sin pendiente</li> <li>-Bajo Flujo vehicular mixto</li> </ul>
<b>Tramo entre Cra5 - Cra 5B</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Muy mal estado</li> <li>-Sin señalización vertical</li> <li>-Sin señalización horizontal</li> <li>-Perdida de capas de la estructura</li> <li>-No cuenta con sistema de drenaje.</li> <li>-Sin pendiente</li> <li>-Mediano Flujo vehicular mixto.</li> </ul>

---

**Tramo entre**

**Cra 5B - Cra 6**



- Sin señalización vertical
- Sin señalización horizontal
- Carencia de aceras
- No cuenta con sistema de drenaje.
- Presencia de baches
- Sin pendiente
- Mediano Flujo vehicular mixto.

---

**Tramo entre**

**Cra 6 – Cra 7**



- Sin señalización vertical
- Sin señalización horizontal
- Carencia de aceras
- No cuenta con sistema de drenaje.
- Presencia de baches
- Sin pendiente
- Alto Flujo vehicular mixto.

---

**Tramo entre**

**Cra 7 – Cra 8**



- Muy mal estado
  - Sin señalización vertical y horizontal
  - Carencia de aceras
  - Presencia de baches
  - Poca iluminación
  - No cuenta con sistema de drenaje.
  - Sin pendiente
  - Mediano Flujo vehicular mixto.
-

**Tramo entre  
Cra 10Bis– Cra  
11**



- Sin señalización vertical y horizontal
- Carencia de aceras
- No cuenta con sistema de drenaje.
- Poca iluminación
- Presencia de baches
- Sin pendiente
- Mediano Flujo vehicular mixto

**Tramo  
intermedio**



- Buen estado
- Sin señalización vertical
- Sin señalización horizontal
- Pavimentada
- Sin pendiente
- Alto Flujo vehicular mixto.

**Tramo entre  
Cra 11 – Cra 11A**



- Mal estado
- Sin señalización vertical
- Sin señalización horizontal
- No cuenta con sistema de drenaje.
- Perdida de capas de la estructura
- Sin pendiente
- Alto Flujo vehicular mixto



**Tramo entre****Cra 11A- Cra 12**

- Sin señalización vertical y horizontal
- Carencia de aceras
- No cuenta con sistema de drenaje.
- Poca iluminación
- Presencia de baches
- Presencia de piel de cocodrilo.
- Sin pendiente
- Alto Flujo vehicular mixto

**Tramo entre****Cra 12- Cra 13**

- Mal estado
- Sin señalización vertical y horizontal
- Presencia de baches
- Carencia de aceras
- No cuenta con sistema de drenaje.
- Pavimentada
- Sin pendiente
- Alto Flujo vehicular mixto

**Tramo entre****Cra 13 – Cra 15**

- Mal estado
- Sin señalización vertical y horizontal
- Perdida de capas de la estructura
- Carencia de aceras
- No cuenta con sistema de drenaje.
- Pavimentada
- Sin pendiente



---

-Alto Flujo vehicular mixto

---

**Tramo final**



- Sin señalización vertical
- Sin señalización horizontal
- Carencia de aceras
- Poca iluminación
- Sin Pavimentar
- Sin pendiente
- Mediano Flujo vehicular mixto.

---

Fuente: Autores del proyecto.

En resumen, se puede observar que en todas las intersecciones hace falta la señalización, factor muy importante en cuanto a congestión y accidentalidad se refiere, ya que por la desorientación de los conductores o por el simple desconocimiento del sentido vial, se pueden generar accidentes de tránsito. También percibimos de manera muy evidente el mal estado en el que se encuentra este corredor vial, puesto que gran parte de este se encuentra sin pavimentar y los tramos pavimentados, son pocos los que cuentan con una estructura de pavimento óptima, que permita el libre flujo vehicular de una manera segura y rápida.

En general, el estado de las intersecciones es “malo”, ya que la mayoría de ellas se encuentran sin pavimentar y la rasante con las que estas cuentan, no se encuentra en buen estado, también pudimos observar que a lo largo del corredor vial se encuentran ciertos puntos, donde el pavimento está en un muy mal estado, presentado baches de gran tamaño, lo cual puede ser una posible causa de congestión y accidentalidad.

Para la mayoría de las intersecciones se refleja un bajo flujo vehicular, a excepción de la “Cra 3, Cra 5, Cra 8, Cra 10B y Cra 15” las cuales que por simple observación y luego corroborando con aforos, reflejaron un alto flujo vehicular.

**5.2. Realizar un estudio de tránsito para identificar los puntos críticos de esta, asimismo conocer la percepción de los conductores y peatones, con respecto a la problemática de movilidad.**

Continuando con el desarrollo de la propuesta para el plan de mejoramiento en la movilidad del sector se procedió a determinar el cálculo del tránsito de diseño y los volúmenes de tránsito presentes para las intersecciones que conforman el tramo en estudio. El formato de campo que se utilizó, para registrar cada uno de los vehículos que circulan por la vía en estudio fue suministrada por parte de la Universidad Francisco de Paula Santander y se realizaron las modificaciones necesarias para adaptarla a las necesidades específicas del presente proyecto de grado.

Se procede al cálculo del tránsito de diseño el cual se realiza basado en el periodo de diseño del pavimento y el número de ejes equivalentes de 8.2 ton que pasaran por la vía, el cual, será proyectado dicho periodo, por lo tanto, se hace necesario encontrar factores para realizar equivalencias según el tipo de vehículo, el peso y carga por tipo de eje. Se realizó el aforo en dos (2) días, un día típico y un día atípico para obtener un valor aproximado del volumen de

vehículos que transitan por dicha avenida, por lo tanto, se asumirán los siguientes factores de la vía a la hora de calcular el tránsito promedio diario TPD de ejes equivalentes.

- **Vía local, residencial y comercial,**
- **Por dicha vía circulan vehículos colectivos y vehículos de ejes de eje simple, Tandem y tridem.**
- **Cuenta con un ancho de 6 metros y 2240 metros de largo, un carril por sentido.**

El aforo se realizó el día 30 de octubre en la jornada de las 6:00 am a las 6:00 pm, el conteo o aforo vehicular se realizó por parte de los autores del proyecto y la colaboración de un aforador, el cual durante dos (2) días (lunes y miércoles), 8 y 9 de Abril del 2019; se realizó durante doce (12) horas en periodos de quince (15) minutos, a lo largo de la avenida para conocer el tránsito de diseño y la hora de máxima demanda; tomando como referencia el acceso este y oeste, información que ayudará a la obtención del volumen de tránsito de la vía en estudio.

Para obtener mejores resultados y con más acierto, se escogieron tres (3) puntos estratégicos de todo el tramo mediante la auscultación visual el cual se puede observar en la figura, este se realizó para la realización de dicho aforo en sentido Este- Oeste y Oeste-Este; del cual se determinó un comportamiento vehicular con más exactitud. Se hizo necesario utilizar

herramientas como delineadores tubulares y cinta de demarcación, debido a que la vía no contaba con las líneas de Eje Central Segmentada y las líneas bordes (figura 14, 15, 16), para darle sentido a la vía. Esta información se consignó en las tablas para registrar la información recolectada del conteo vehicular.

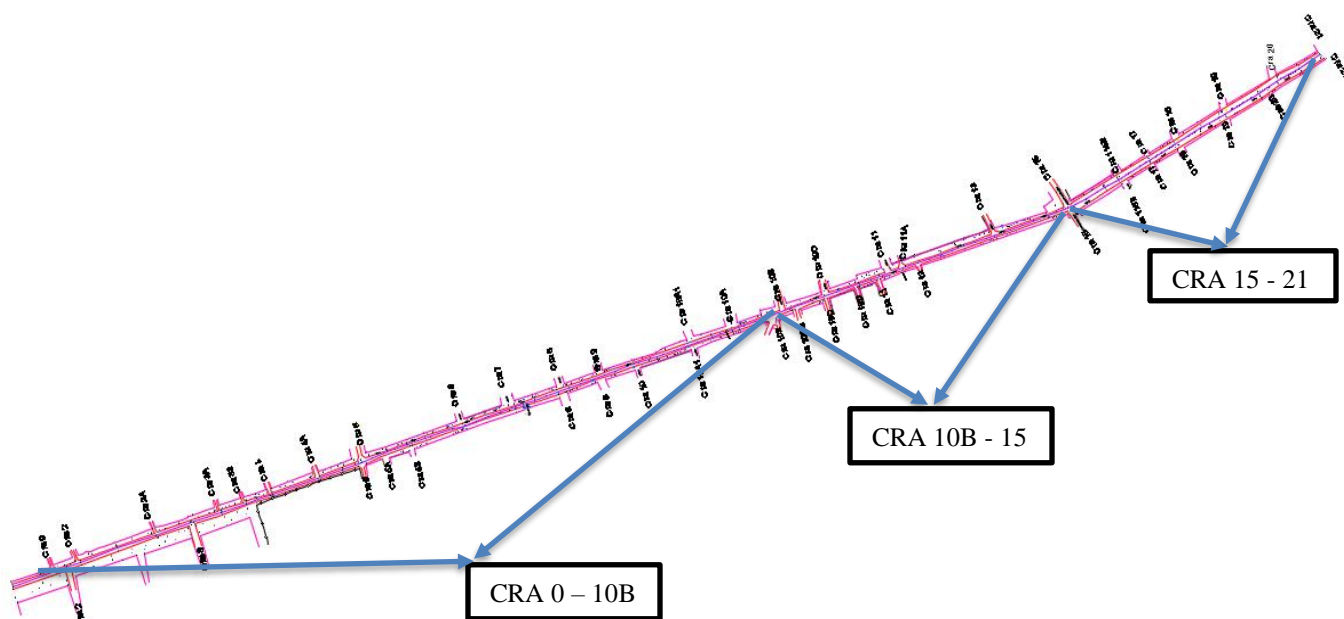


Figura 8. Tramos donde se realizaron los aforos  
Fuente: Autores del proyecto.



Fotografía 1. Conteo vehicular mixto.  
Fuente: Autores del proyecto.



Fotografía 2. Conteo vehicular mixto  
Fuente: Autores del proyecto.

A continuación, se mostrará las tablas correspondientes a los dos (2) días de estudio, donde se escogió el día con mayor flujo. Los puntos donde se realizaron dichos aforos fueron entre la carrera 0 -10, carrera 10 – 15 y carrera 15 – 21. Realizados en cada uno de los puntos en los que se hizo el conteo vehicular mixto, en ambos sentidos, este- oeste y oeste este.

<b>Estacion de aforo: calle 16 entre CRA 0 - 10</b>			
periodo (5 minutos)	flujo cada 5 minutos (vehiculos mixtos)	periodo (15 minutos)	flujo cada 15 minutos (vehiculos mixtos)
6:00 - 6:05	58	6:00 - 6:15	211
6:05 - 6:10	65		
6:10 - 6:15	88		
6:15 - 6:20	107	6:15 - 6:30	307
6:20 - 6:25	109		
6:25 - 6:30	91		
6:30 - 6:35	102	6:30 - 6:45	260
6:35 - 6:40	79		
6:40 - 6:45	79		
6:45 - 6:50	81	6:45 - 7:00	249
6:50 - 6:55	82		
6:55 - 7:00	86		
7:00 - 7:05	82	7:00 - 7:15	235
7:05 - 7:10	77		
7:10 - 7:15	76		
7:15 - 7:20	92	7:15 - 7:30	271
7:20 - 7:25	94		
7:25 - 7:30	85		
7:30 - 7:35	110	7:30 - 7:45	365
7:35 - 7:40	115		
7:40 - 7:45	140		
7:45 - 7:50	135	7:45 - 8:00	365
7:50 - 7:55	127		
7:55 - 8:00	103		
8:00 - 8:05	90	8:00 - 8:15	255
8:05 - 8:10	84		
8:10 - 8:15	81		
8:15 - 8:20	94	8:15 - 8:30	256
8:20 - 8:25	75		
8:25 - 8:30	87		

Figura 9. Ejemplo de sumatorias para el intervalo de 6:00 a 8:30 am en el tramo de la Cra 0 – 10  
Fuente: Autores del proyecto.

Después de realizadas las tablas anteriormente señaladas para cada una de las intersecciones se crearon en gráficos de filas, logrando de esta manera hacer un análisis más dinámico para determinar la HMD (ver figura 15, 16 y 17).

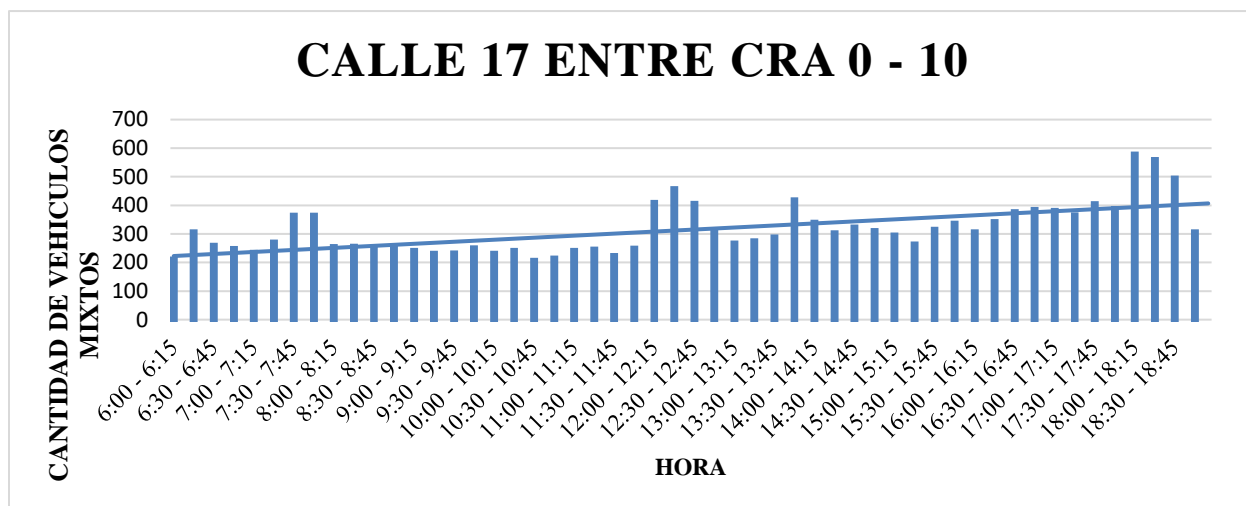


Figura 10. Comportamiento Vehicular del tramo entre cra 0-10  
Fuente: Autores del proyecto.

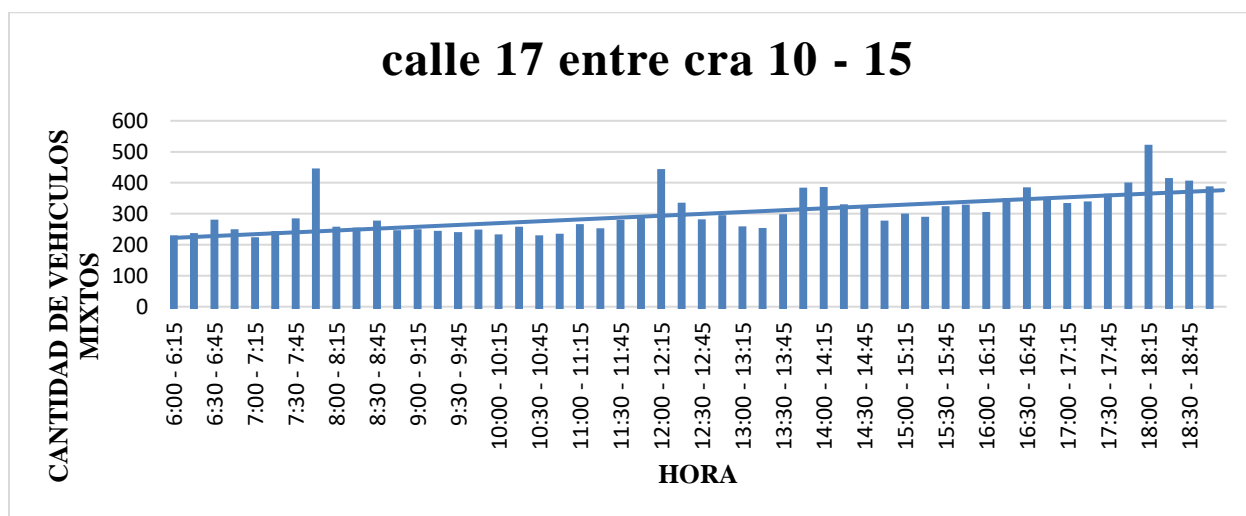


Figura 11. Comportamiento Vehicular del tramo entre cra 10-15  
Fuente: Autores del proyecto.



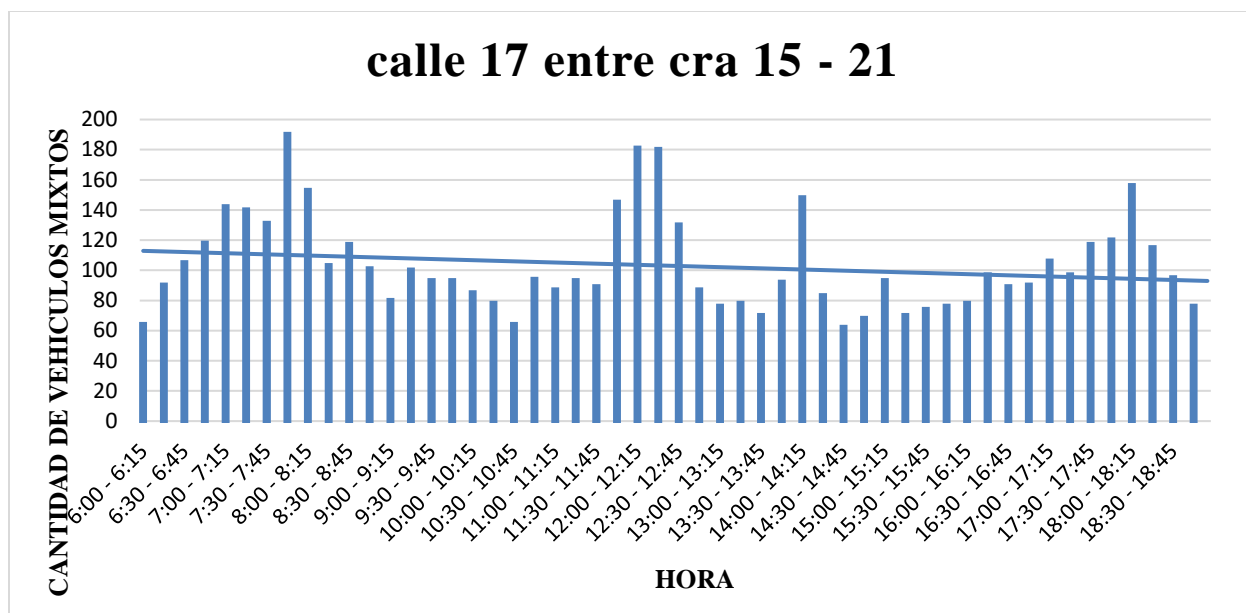


Figura 12. Comportamiento Vehicular del tramo entre cra 15-21  
Fuente: Autores del proyecto.

**Observaciones:** en la Cra 15 – 21 se presenta una diferencia en la gráfica con respecto a los otros tramos, esto es debido a que se presenta un bajo volumen de tránsito ya que no se encuentra pavimentada, además ese tramo solo conecta a dos barrios del municipio.

En relación a las gráficas anteriormente mostradas podemos ver el comportamiento de los vehículos a lo largo del tiempo de aforo, observando por ejemplo que para el tramo CRA 0 - 10 (Figura 15) se presenta un flujo vehicular relativamente uniforme, pero destacándose dos picos representativos, uno entre las 12:00 am y 13:00 pm y otro entre las 5:45 pm y 6:45 pm con volúmenes próximos a los 1578 y 2022 vehículos mixtos respectivamente. Lo mismo ocurre para el tramo CRA 10 - 15 (figura 16) con dos intervalos prominentes, uno entre las 1:30 pm y 2:30 pm y otro entre las 5:45 pm y 6:45 pm, con volúmenes próximos a los 1356 y 1711 vehículos mixtos respectivamente. Con el tramo CRA 15 – 21 (figura 17), ocurre algo singular el cual se presenta un volumen bajo en relación a los otros tramos en cual los intervalos prominentes, uno

entre las 7:00 am y 8: 00 pm y 11:45 am y 12:45 pm con un volumen próximos a los 603 y 636 vehículos mixtos respectivamente.

Señalando más detalladamente que el rango de tiempo que presenta mayor flujo vehicular, es el tramo CRA 0 - 10 en el intervalo de (5:45 a 6:45) pm con un volumen de 2022 vehículos mixtos para la vía principal en sentido Este- Oeste y Oeste-Este, estableciéndose entonces como la hora de máxima demanda. Posteriormente se calculó el factor de hora pico (FHP), para calcular el transito promedio diario (TPD), mediante la siguiente formula:

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(q_{max15})}$$

*Donde,*

*VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda = 2022*

*Q<sub>max 15</sub>: Flujo Máximo durante 15 minutos = 579*

$$FHMD_{15} = \frac{2022}{4(579)} = 0.87$$

El factor de la hora de pico es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Si este valor es igual a 1 significa uniformidad, en cambio valores muy pequeños indicarán concentraciones de flujos máximos. (Mantilla, L. & Márquez, C. 2014).

Una vez realizada la toma de información se inició el procesamiento de la misma, se tomó el tramo y el día donde se presentó mayor volumen de transito el cual fue el 9 de abril, entre la

Cra 0 – 10 donde se evidencio un volumen de 16302 vehículos, esto permite conocer el número total de vehículos que pasan por la calle en estudio, donde se estableció la cantidad de vehículo en el tramo con mayor flujo el cual se logró determinar la siguiente tabla.

**Tabla 5.**

*Resultados obtenidos*

TIPO DE VEHÍCULO	PORCENTAJE	NUMERO DE VEHÍCULOS DIARIOS
MOTOS	89.77%	14634.00
AUTOS	3.88%	632.00
COLECTIVOS	0.34%	55.00
C2P	1.30%	212.00
C2G	0.74%	121.00
C 3-4	1.10%	179.00
C5	0.52%	84.00
TAXI	0.58%	94.00
AMBULANCIAS	0.01%	2.00
BICICLETAS	1.77%	289.00
TOTAL	100%	16302.00

**NOTA:** Las motocicletas tienen un comportamiento particular en el corredor, puesto, se presentan viajes frecuentes en este tipo de vehículos, el cual se ve evidenciado en la tabla 6, presentando el 89.77% de vehículos que transitan por la avenida. Es importante mencionar que los análisis aquí descritos están en función de la Factibilidad del proyecto. Fuente: Autores del proyecto.

Luego se procedió a determinar los volúmenes de tránsito presentes para cada una de las intercepciones del tramo en estudio para su posterior análisis en el software PTV Vissim. Dado que la vía se compone de 33 intercepciones y debido de no contar con el presupuesto adecuado,

ni con el personal suficiente para realizar los conteos vehiculares en todas las intercepciones, se procedió a ejecutar en 5 las cuales fueron la CRA 3, 5, 8, 10B, 15, (ver figura), se escogieron las más importantes, donde la mayoría comunican la avenida con el centro del municipio.

Los conteos se realizaron 3 días de la semana, miércoles 17, jueves 18, viernes 19 de abril, en un horario comprendido entre 5:45 p.m. hasta las 6:45 p.m., el cual fue determinado anteriormente. Los aforos se efectuaron por parte de los autores del proyecto y fue necesario contar con la ayuda de otras personas para que se diera cobertura a dichas intercepciones del tramo (Ver Fotografía 83, 84, 85), de esta manera cada persona fue ubicada en forma estratégica en las intersecciones, registrando así la cantidad de vehículos entrantes y salientes.

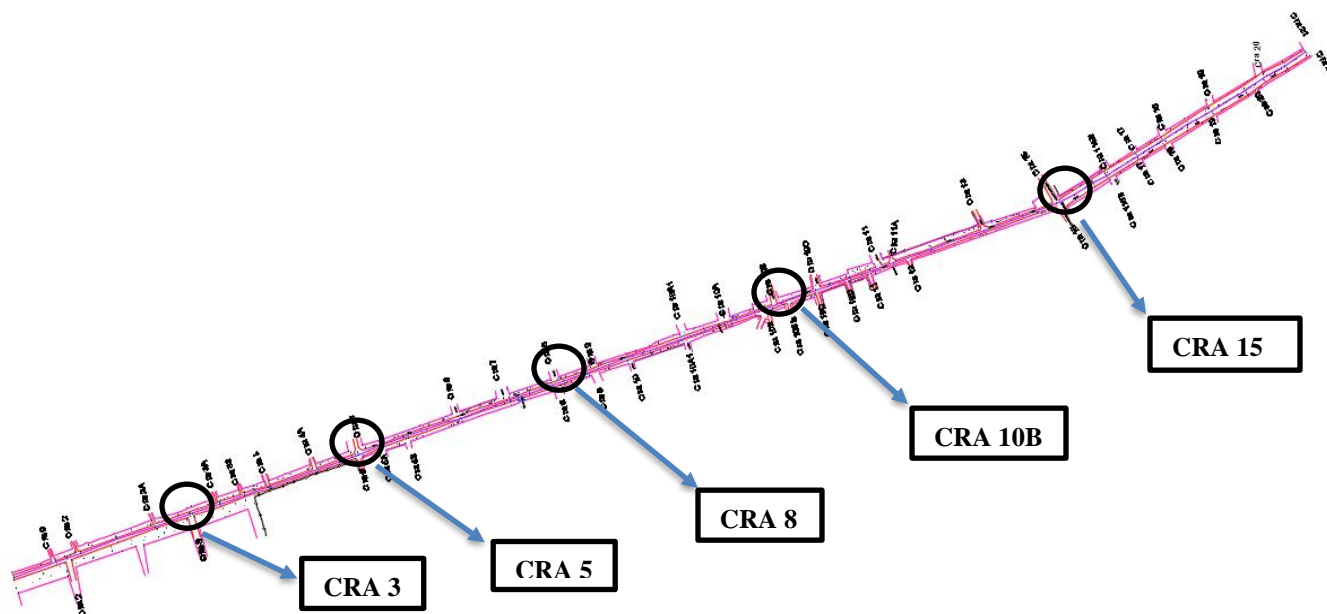


Figura 13 Intercepciones en hora de máxima demanda  
Fuente: Autores del proyecto.



Fotografía 3. Aforo en la carrera 10B.  
Fuente: Autores del proyecto.



Fotografía 4. Aforo en la Carrera 15.  
Fuente: Autores del proyecto.



Fotografía 5. Aforo en la carrera 5.  
Fuente: Autores del proyecto.

Dada la necesidad se creó tres (3) tipos de formatos Figura 18, 19,20, el cual se evaluaron 4 accesos: Norte, Sur, Este y Oeste, registrando en cada uno los movimientos correspondientes; que fueron tomados en base a la norma alemana RILSA- Richtlinier fuer lichtsignalanlagen” (Directrices para señales de tráfico) y de la que se extrajo la figura 21 ilustrativa de los movimientos a trabajar. Por lo tanto, tomando como referencia el acceso este y oeste que determina cada uno 4 movimientos diferentes; y el acceso Norte y sur referentes a la vía principal con un movimiento.

Fecha: _____ Estación de Aforo: _____ Condición Climática: _____ Movimientos: _____										
<b>PERIODO (5MIN)</b>	<b>MOTOS</b> 	<b>AUTOS</b> 	<b>COLEC</b> 	<b>C2P</b> 	<b>C2G</b> 	<b>C3-4</b> 	<b>C5</b> 	<b>TAXI COLEC</b> 	<b>AMBULANCIA</b> 	<b>BICICLETA</b> 
<b>MOV</b>										

Figura 14. Encabezado estándar para los formatos de aforos vehiculares Acceso Este  
Fuente: Autores del proyecto.

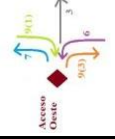










Fecha: _____ Estación de Aforo: _____ Condición Climática: _____ Movimientos: 										
PERIODO (5MIN)	MOTOS	AUTOS	COLEC	C2P	C2G	C3- 4	C5	TAXI COLEC	AMBULANCIA	BICICLETA
										
MOV										

Figura 15. Encabezado estándar para los formatos de aforos vehiculares Acceso Oeste

Fuente: Autores del proyecto

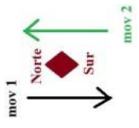










Fecha: _____ Estación de Aforo: _____ Condición Climática: _____ Movimientos: 										
PERIODO (5MIN)	MOTOS	AUTOS	COLEC	C2P	C2G	C3- 4	C5	TAXI COLEC	AMBULANCIA	BICICLETA
										
MOV										

Figura 16. Encabezado estándar para los formatos de aforos vehiculares Acceso Norte y sur

Fuente: Autores del proyecto

A continuación, se demuestran los volúmenes de tránsito que se presentaron en las intercepciones del tramo en estudio tabla 10, 11, 12, 13, 14, de las cuales se puede observar que el mayor flujo de vehículos se presentó en la carrera 10B de la avenida, el día viernes 19 de abril, con un volumen aproximado de 3374 vehículos y menor flujo se produjo en la carrera 3 con un volumen aproximado de 716, debido a que en esta intercepción se evaluaron 3 accesos, para poder evidenciar los recolectados de los aforos es necesario dirigirse al [Apéndice B](#).

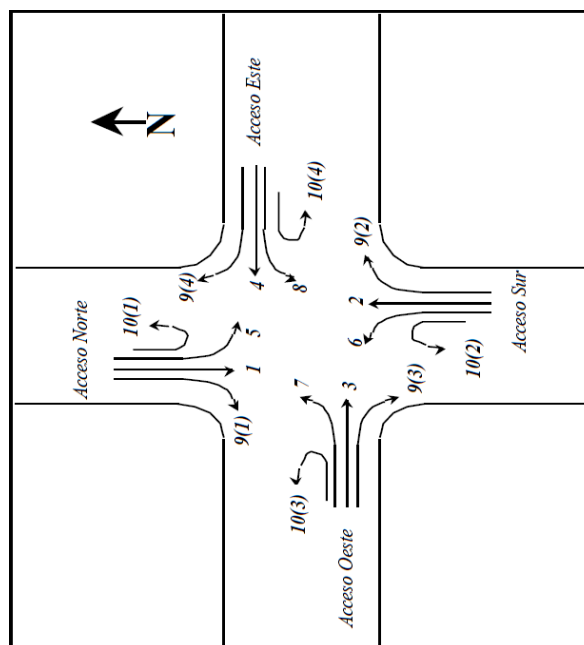


Figura 17. Nomenclatura de movimientos Norma RILSA

Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, elaborado por la firma Cal & Mayor y Asociados S.C.

**Tabla 6.**

*Volumen de tránsito total que circula por la Carrera 3.*

<b>CARRERA 3</b>				
<b>ACCESO SUR</b>				
MOV 2	MOV 6		MOV 9(2)	TOTAL
0	10		166	176
<b>ACCESO OESTE</b>				
MOV 3	MOV 7		MOV 9(3)	TOTAL
160	0		35	195
<b>ACCESO ESTE</b>				
MOV 4	MOV 8		MOV 9(4)	TOTAL
134	211		0	345
<b>TOTAL</b>				<b>716</b>

Fuente: Autores del proyecto.



**Tabla 7.**  
*Volumen de transito total que circula por la Carrera 5.*

<b>CARRERA 5</b>			
<b>ACCESO NORTE</b>			
MOV 1	MOV 5	MOV 9(1)	TOTAL
10	231	26	267
<b>ACCESO SUR</b>			
MOV 2	MOV 6	MOV 9(2)	TOTAL
12	14	12	38
<b>ACCESO OESTE</b>			
MOV 3	MOV 7	MOV 9(3)	TOTAL
415	32	11	458
<b>ACCESO ESTE</b>			
MOV 4	MOV 8	MOV 9(4)	TOTAL
417	14	241	672
<b>TOTAL</b>			<b>1435</b>

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 8.**  
*Volumen de transito total que circula por la Carrera 8.*

<b>CARRERA 8</b>			
<b>ACCESO NORTE</b>			
MOV 1	MOV 5	MOV 9(1)	TOTAL
13	192	18	223
<b>ACCESO SUR</b>			
MOV 2	MOV 6	MOV 9(2)	TOTAL
10	12	8	30
<b>ACCESO OESTE</b>			
MOV 3	MOV 7	MOV 9(3)	TOTAL
407	30	14	451
<b>ACCESO ESTE</b>			
MOV 4	MOV 8	MOV 9(4)	TOTAL
399	4	174	577
<b>TOTAL</b>			<b>1281</b>

Fuente: Autores del proyecto

**Tabla 9.**  
*Volumen de transito total que circula por la Carrera 10B.*

<b>CARRERA 10B</b>				
<b>ACCESO NORTE</b>				
MOV 1	MOV 5		MOV 9(1)	TOTAL
103	175		394	672
<b>ACCESO SUR</b>				
MOV 2	MOV 6		MOV 9(2)	TOTAL
95	158		149	402
<b>ACCESO OESTE</b>				
MOV 3	MOV 7		MOV 9(3)	TOTAL
865	212		125	1202
<b>ACCESO ESTE</b>				
MOV 4	MOV 8		MOV 9(4)	TOTAL
690	179		229	1098
<b>TOTAL</b>				<b>3374</b>

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 10.**  
*Volumen de transito total que circula por la Carrera 15.*

<b>CARRERA 15</b>				
<b>ACCESO NORTE</b>				
MOV 1	MOV 5		MOV 9(1)	TOTAL
442	89		706	1237
<b>ACCESO SUR</b>				
MOV 2	MOV 6		MOV 9(2)	TOTAL
355	70		100	525
<b>ACCESO OESTE</b>				
MOV 3	MOV 7		MOV 9(3)	TOTAL
153	660		105	918
<b>ACCESO ESTE</b>				
MOV 4	MOV 8		MOV 9(4)	TOTAL
143	54		95	292
<b>TOTAL</b>				<b>2972</b>

Fuente: Autores del proyecto

Las composiciones vehiculares definen la distribución de los diversos tipos de vehículos que circulan por la zona de estudio y permite elaborar una idea de cómo luce la congestión en el lugar ya que son necesarios para la modelación el software PT Vissim. Se seleccionó el día de

mayor flujo en la HMD el cual fue el día viernes, el cual se puede ilustrar en las tablas y se ilustra en las figuras siguientes.

Por organización del presente proyecto, solo presentara una composición vehicular por intersección, las demás composiciones vehiculares se podrán observar en el [Apéndice C](#).

**Tabla 11.**

*Composición vehicular de la Carrera 3 para el Acceso el Este.*

VEHICULOS CRA 3 ACCESO ESTE			
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	%	
MOTOS	301	0.87	87%
AUTOS	15	0.04	4%
COLECTIVOS	0	0.00	0%
C2P	4	0.01	1%
C2G	2	0.01	1%
C 3-4	0	0.00	0%
C5	3	0.01	1%
TAXI	2	0.01	1%
AMBULANCIAS	0	0.00	0%
BICICLETAS	18	0.05	5%
<b>TOTAL</b>	<b>345</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Autores del proyecto

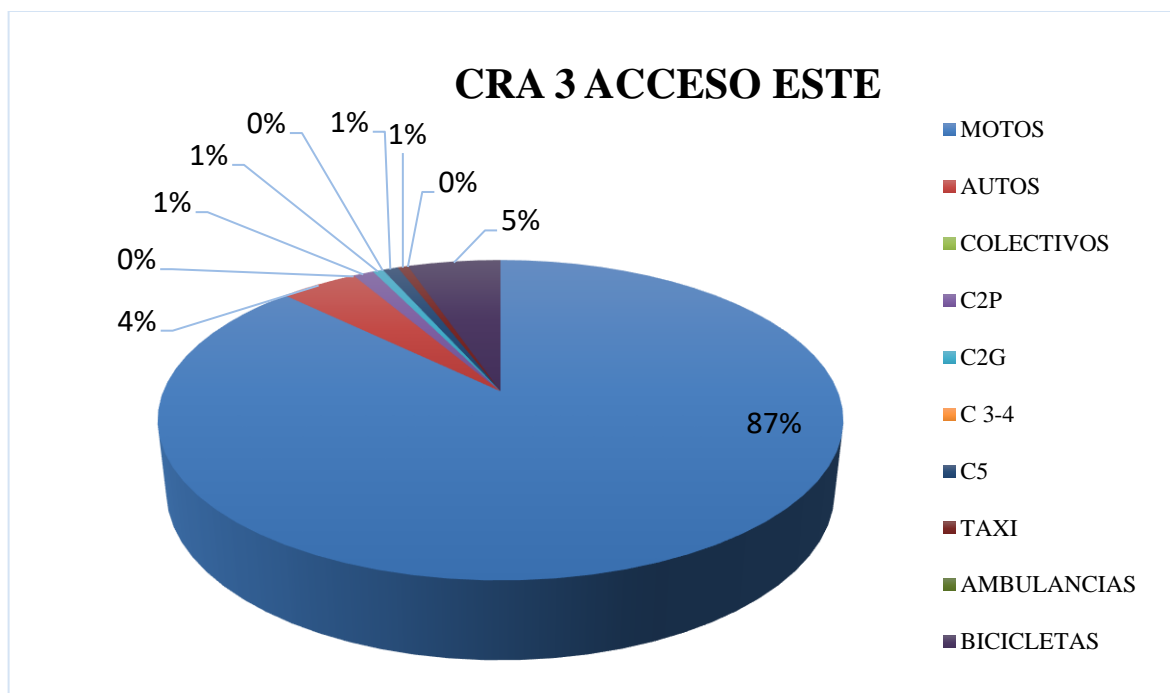


Figura 18. Composición vehicular de la Carrera 3 para el Acceso el Este.  
Fuente: Autores del proyecto

Como se puede contemplar es la composición vehicular de la carrera 3, donde se tomó el acceso de mayor volumen (los otros accesos se observar en el apéndice), el cual para esta intercepción es el acceso Este. Dando como resultado que las motocicletas como mínimo duplican la cantidad de autos obteniendo una cantidad de 301 vehículos, con un porcentaje de 87%, esto debido a que es el medio de transporte más utilizado en sector, precedido de los autos y los taxis respectivamente, como se ilustra en la tabla 12 y figura 18.

**Tabla 12.***Composición vehicular de la Carrera 5 para el Acceso Este.*

VEHICULOS CRA 5 ACCESO ESTE			
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	%	
MOTOS	597	0.888	89%
AUTOS	25	0.037	4%
COLECTIVOS	1	0.001	0%
C2P	0	0.000	0%
C2G	2	0.003	0%
C 3-4	0	0.000	0%
C5	1	0.001	0%
TAXI	3	0.004	0%
AMBULANCIAS	0	0.000	0%
BICICLETAS	43	0.064	6%
<b>TOTAL</b>	<b>672</b>		<b>100%</b>

Fuente: Autores del proyecto

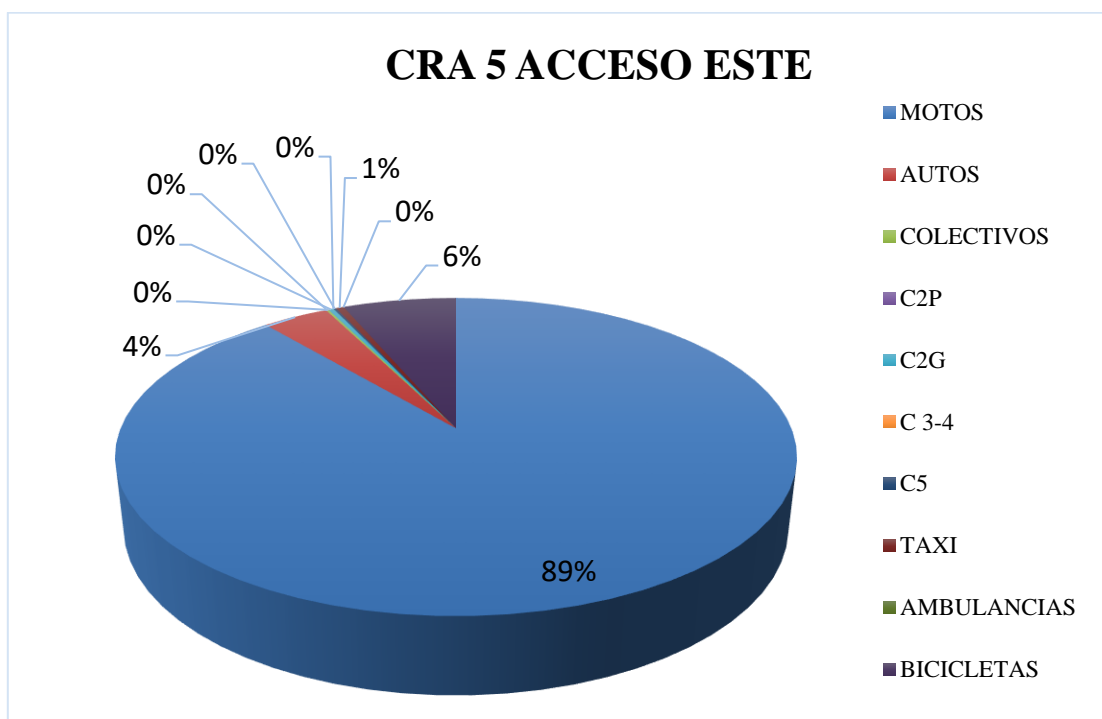


Figura 19. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 5 en el acceso Este

Fuente: Autores del proyecto.

Como se puede contemplar es la composición vehicular de la carrera 5, donde se tomó el acceso de mayor volumen (los otros accesos se observan en el apéndice), el cual para esta intercepción es el acceso Este. Dando como resultado que las motocicletas como mínimo duplican la cantidad de autos obteniendo una cantidad de 597 vehículos, con un porcentaje de 89%, esto debido a que es el medio de transporte más utilizado en sector, precedido de los autos y los taxis respectivamente, como se ilustra en la tabla 13 y figura 19.

**Tabla 13.**  
*Composición vehicular de la Carrera 8 para el Acceso Este.*

VEHICULOS CRA 8 ACCESO ESTE			
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	%	
MOTOS	511	0.886	89%
AUTOS	28	0.049	5%
COLECTIVOS	1	0.002	0%
C2P	3	0.005	1%
C2G	4	0.007	1%
C 3-4	1	0.002	0%
C5	4	0.007	1%
TAXI	6	0.010	1%
AMBULANCIAS	0	0.000	0%
BICICLETAS	19	0.033	3%
<b>TOTAL</b>	<b>577</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Autores del proyecto

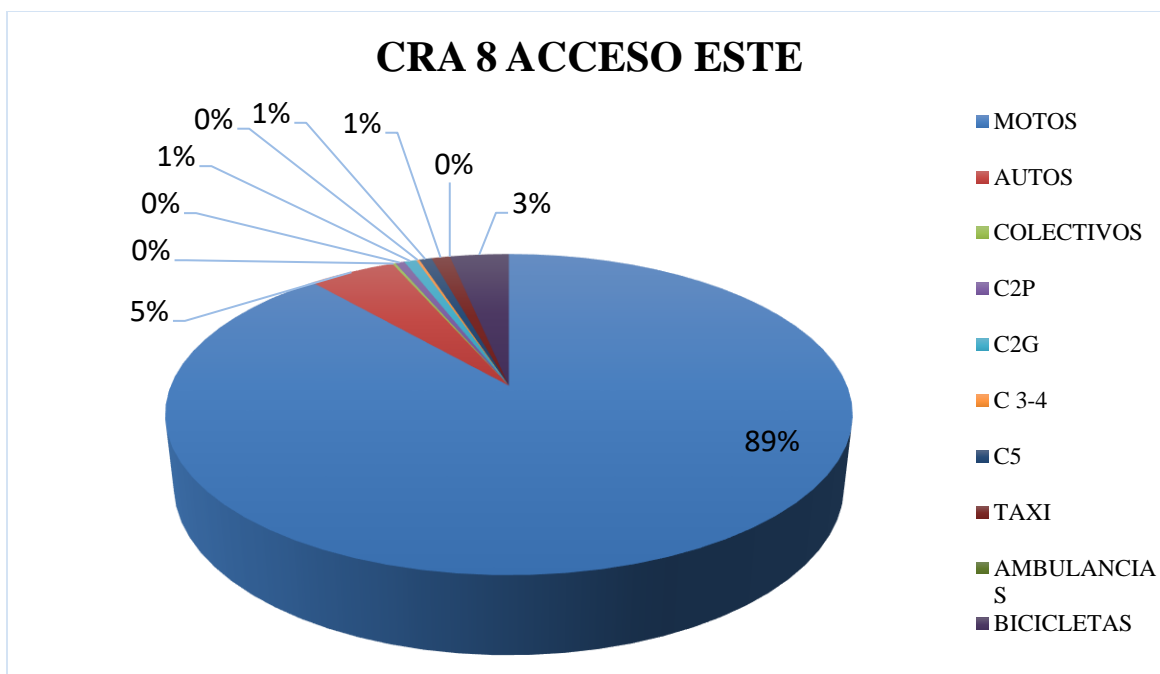


Figura 20. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 8 en el acceso Este  
Fuente: Autores del proyecto

Como se puede contemplar es la composición vehicular de la carrera 8, donde se tomó el acceso de mayor volumen (los otros accesos se observan en el apéndice), el cual para esta intercepción es el acceso Este. Dando como resultado que las motocicletas como mínimo duplican la cantidad de autos obteniendo una cantidad de 511 vehículos, con un porcentaje de 89%, esto debido a que es el medio de transporte más utilizado en sector, precedido de los autos y los taxis respectivamente, como se ilustra en la tabla 14 y figura 20.

**Tabla 14.***Composición vehicular de la Carrera 10B para el Acceso Oeste.*

VEHICULOS CRA 10B ACCESO OESTE			
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	%	
MOTOS	1119	0.931	93%
AUTOS	40	0.033	3%
COLECTIVOS	1	0.001	0%
C2P	12	0.010	1%
C2G	1	0.001	0%
C 3-4	1	0.001	0%
C5	2	0.002	0%
TAXI	7	0.006	1%
AMBULANCIAS	0	0.000	0%
BICICLETAS	19	0.016	2%
<b>TOTAL</b>	<b>1202</b>		<b>100%</b>

Fuente: Autores del proyecto

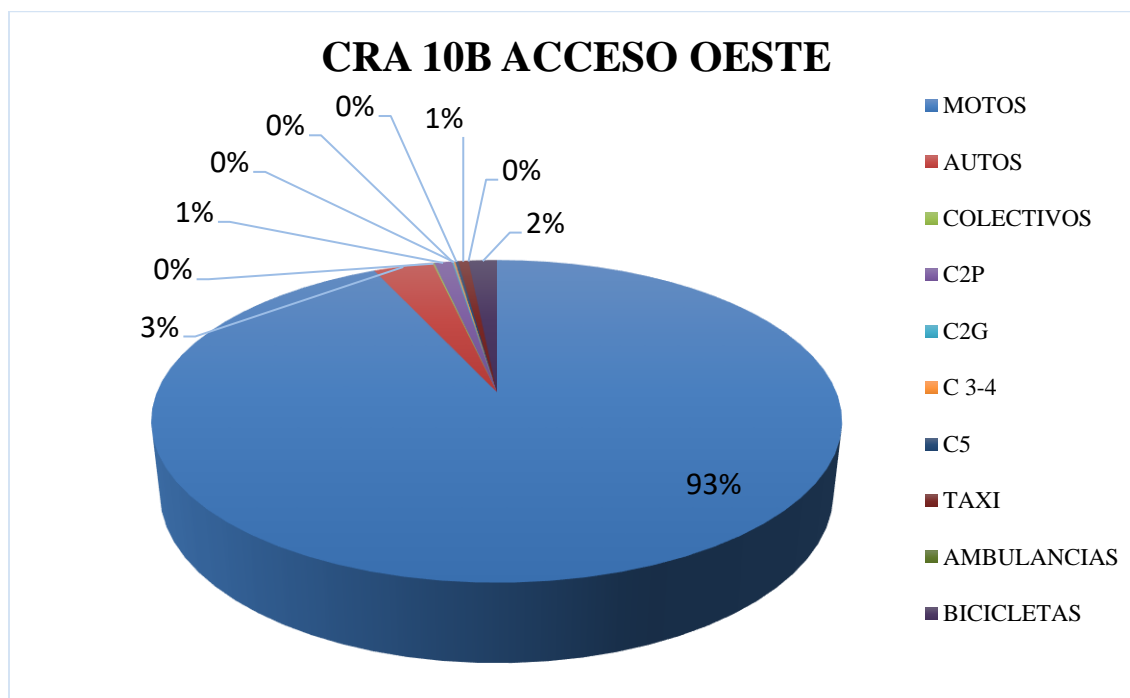


Figura 21. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 10B en el acceso Oeste

Fuente: Autores del proyecto

Como se puede contemplar es la composición vehicular de la carrera 10B, donde se tomó el acceso de mayor volumen (los otros accesos se observar en el apéndice), el cual para esta



intercepción es el acceso Oeste. Dando como resultado que las motocicletas como mínimo duplican la cantidad de autos obteniendo una cantidad de 1119 vehículos, con un porcentaje de 93%, esto debido a que es el medio de transporte más utilizado en sector, precedido de los autos y los taxis respectivamente, como se ilustra en la tabla 15 y figura 21.

**Tabla 15.**

*Composición vehicular de la Carrera 15 para el Acceso Norte.*

VEHICULOS CRA 15 ACCESO NORTE				
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD		%	
MOTOS	1113	0.900	90%	
AUTOS	67	0.054	5%	
COLECTIVOS	2	0.002	0%	
C2P	20	0.016	2%	
C2G	8	0.006	1%	
C 3-4	1	0.001	0%	
C5	1	0.001	0%	
TAXI	5	0.004	0%	
AMBULANCIAS	0	0.000	0%	
BICICLETAS	20	0.016	2%	
<b>TOTAL</b>	1237		100%	

Fuente: Autores del proyecto.

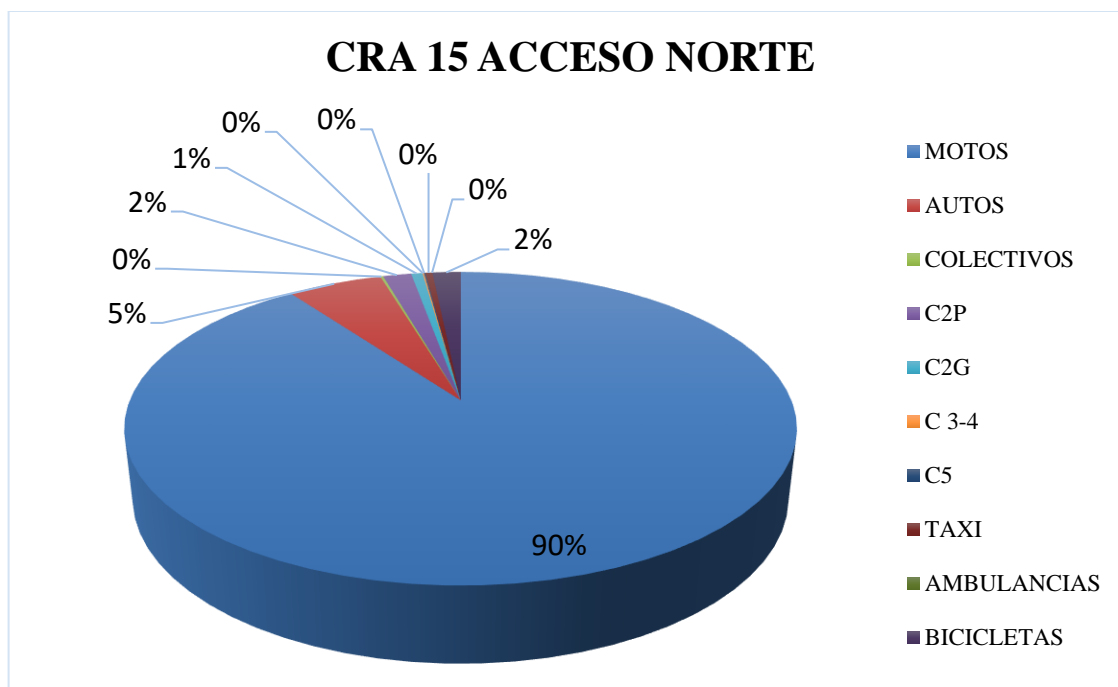


Figura 22. Grafica de la composición vehicular de la Carrera 15 en el acceso Norte  
Fuente: Autores del proyecto.

Como se puede contemplar es la composición vehicular de la carrera 15, donde se tomó el acceso de mayor volumen (los otros accesos se observar en el apéndice), el cual para esta intercepción es el acceso Norte. Dando como resultado que las motocicletas como mínimo duplican la cantidad de autos obteniendo una cantidad de 1113 vehículos, con un porcentaje de 90%, esto debido a que es el medio de transporte más utilizado en sector, precedido de los autos y los taxis respectivamente, como se ilustra en la tabla 15 y figura 21.

Al momento de calibrar el modelo con la situación actual es necesario conocer las velocidades máximas para cada tipo de vehículo que se cargará al software. Dichas velocidades fueron previamente determinadas en un estudio que consiste en medir el tiempo de recorrido de un vehículo que viaja de un punto A hasta un punto B. En el presente estudio se escogieron dos

puntos antes de llegar a cada intersección que estaban separados 20 metros entre sí, después se aplicó la ecuación de básica de física mecánica la cual consiste en dividir la distancia sobre el tiempo para así obtener la velocidad del vehículo con la que llega a la intersección, este procedimiento se realizó 10 veces por cada tipo de vehículo, a continuación se mostrara los datos obtenidos de la cra 15 y las velocidades de acceso con mayor flujo de vehículos, los demás datos y tablas, serán evidenciados en el [Apéndice D](#).

**Tabla 16.**

*Cálculo de velocidad promedio para la cra15 acceso norte.*

<b>CRA15</b>	<b>Vel.Moto</b>	<b>Vel.Carro</b>	<b>Vel.Cicla</b>	<b>Vel.C2P</b>	<b>Vel.C2G</b>	<b>Vel.C3-4</b>	<b>Vel.&gt;C5</b>	<b>Vel.Taxi</b>	<b>Vel.Bus</b>
<b>Norte</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>	<b>Km/h</b>
Medición 1	25	25	15	30	20	25	20	30	30
Medición 2	30	30	10	25	25	30	20	25	25
Medición 3	25	20	15	30	18	25	20	25	25
Medición 4	25	25	12	20	25	25	20	25	25
Medición 5	25	35	10	20	20	30	20	25	20
Medición 6	30	25	12	25	15	30	25	20	25
Medición 7	25	25	12	30	20	20	20	25	20
Medición 8	25	25	12	25	25	25	20	30	25
Medición 9	30	25	12	25	20	25	25	25	35
Medición 10	25	25	12	25	20	20	15	20	20
<b>Vel.</b>	<b>26.5</b>	<b>26</b>	<b>12.2</b>	<b>25.5</b>	<b>20.8</b>	<b>25.5</b>	<b>20.5</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>Prom</b>									

**Nota.** En la tabla se muestran 10 mediciones de velocidad por cada tipo de vehículo para el acceso norte de la carrera 15. Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 17.**

*Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 3 acceso Este.*

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD MAX (KM/H)
AUTOMOVIL	25
MOTOCICLETA	30
BICICLETA	12
TAXI	25
>= C5	20
C2P	20
C2G	20

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 18.**

*Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 5 acceso Este.*

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD MAX (KM/H)
AUTOMOVIL	25
MOTOCICLETA	30
BICICLETA	12
BUS	25
TAXI	30
>= C5	20
C2G	20

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 19.**

*Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 8 acceso Este.*

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD MAX (KM/H)
AUTOMOVIL	25
MOTOCICLETA	30
BICICLETA	12
BUS	25
TAXI	30
>= C5	20
C2P	20
C2G	20
C3-4	25

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 20.**

*Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 10B acceso Este.*

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD MAX (KM/H)
AUTOMOVIL	25
MOTOCICLETA	25
BICICLETA	12
TAXI	25
BUS	25
C2P	20
C2G	20
>=C5	20
C3-4	20

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 21.**

*Velocidades máximas definidas para cada tipo de vehículo en la CRA 15 acceso Oeste.*

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD MAX (KM/H)
AUTOMOVIL	20
MOTOCICLETA	20
BICICLETA	12
TAXI	20
C2P	20
C2G	20
C3-4	20

Fuente: Autores del proyecto.

Como podemos observar es poca la variación de velocidades que presenta cada tipo de vehículo en cada intersección, las cuales no sobrepasan los 30km/h y esto se debe al mal estado en el que se encuentra este corredor vial.

Continuando con el desarrollo de nuestro segundo objetivo fue necesario aplicar una encuesta dirigida a las personas que viven y trabajan cerca de la vía, ya que ellas conocen mejor la problemática que se presenta día a día en esta calle, para de esa manera conocer el impacto

positivo o negativo que tendrá nuestra propuesta en este importante sector vial para el municipio de Aguachica.

Gracias a la colaboración de la alcaldía municipal de Aguachica, la cual nos brindó el tamaño de la población de este sector pudimos aplicar la ecuación de “muestra” y así conocer el número exacto de personas que fueron encuestadas.

Muestra

N = tamaño de la población

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{e^2 + (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

e = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

N = 18000

P = 0.50

e = 0.08

Q = 0.50

Z = 1.96 (95%)

$$n = \frac{(18000)(1.96)^2(0.5)(0.5)}{0.08^2 + (18000 - 1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)} = 150$$

MUESTRA = 150

La encuesta aplicada constó de 9 preguntas de múltiples respuestas y de fácil entendimiento (ver [Apéndice E](#)). Fue además procesada mediante la herramienta Excel que nos

permitió hacer un análisis cuantitativo a través de tablas y gráficas para una mayor comprensión de los resultados obtenidos y de la que se hizo la siguiente interpretación:

En la primera pregunta se quiso tener una visión general sobre la movilidad que se presenta en el sector, donde se pudo ver claramente que un poco más de la mitad de los encuestados señalan que la movilidad en el sector es mala, un 15 % menciona que es deficiente, un 20% opina que es regular, un 7% dice que es buena y solo un 5% afirma que es excelente, como podemos ver los encuestados tuvieron respuestas diferentes, eso se debe al sector donde fueron encuestados, ya que hay lugares pavimentados como hay otros que no, eso influye de manera significativa en la respuesta de cada persona encuestada.

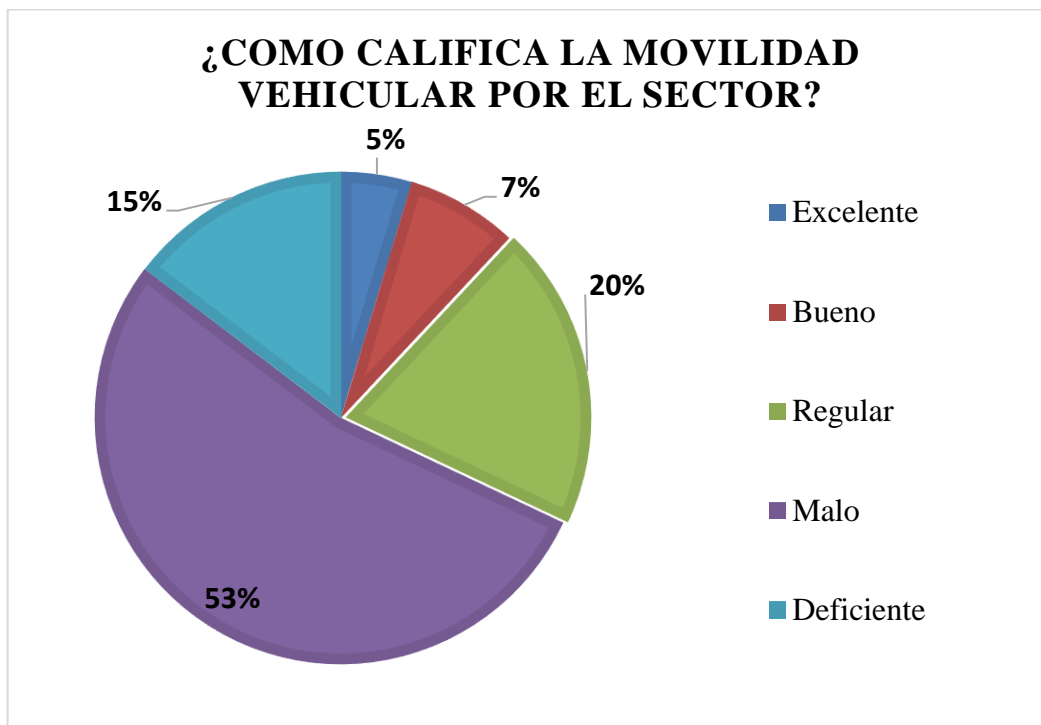


Figura 23. Pregunta N° 1 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

En la segunda pregunta quisimos saber el punto de vista las personas respecto al estado actual de la vía, donde se puede observar que un 68% dice que la vía se encuentra en un mal estado y requiere un mantenimiento, solo un 2% señala que la vía se encuentra en buen estado, esto también se ve afectado por lo mencionado en la anterior pregunta, de que no existe un tramo vial con las mismas características físicas en toda su trayectoria, por lo que cada encuestado percibe un entorno diferente dependiendo de su ubicación en el corredor vial.

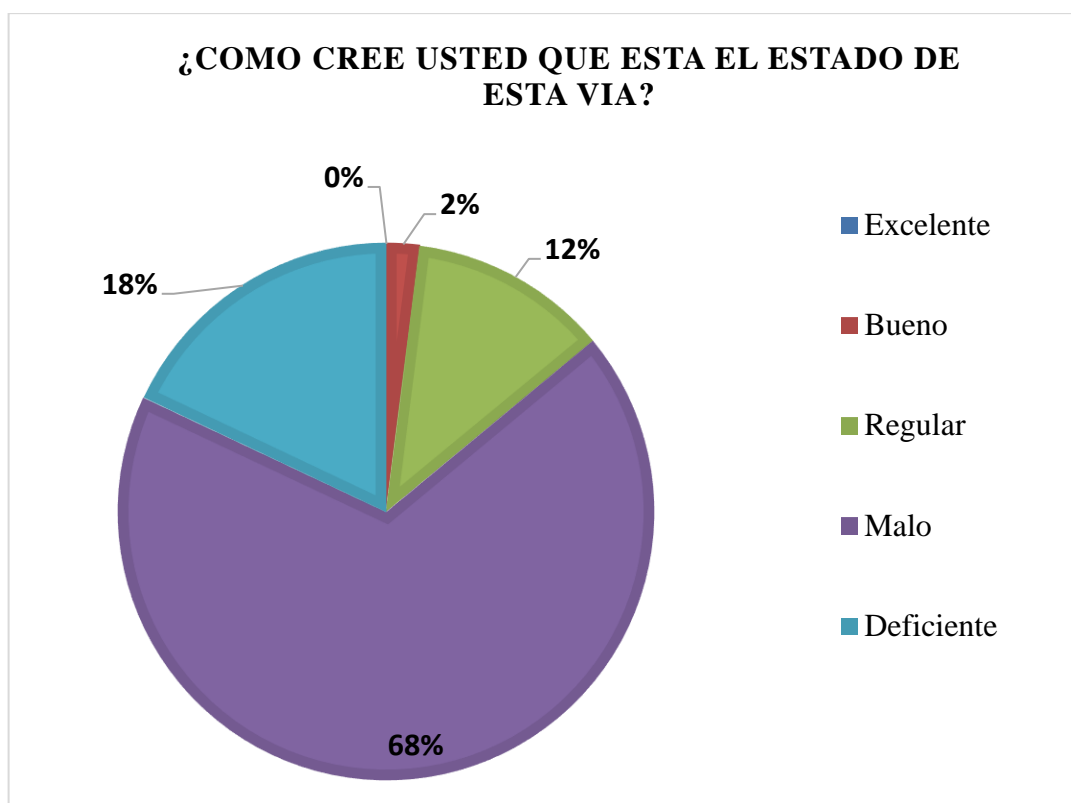


Figura 24. Pregunta N°2 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

Posteriormente se quiso conocer cuál era el medio de transporte de las personas que viven o trabajan cerca al sector vial, donde se logró calcular que un 62% utilizan mototaxi, un 30% tiene vehículo propio y solo un 8% utiliza bicicleta como medio transporte, esto se debe al estado



socioeconómico del sector, muchos de los encuestados no tienen los recursos económicos para comprar y mantener un vehículo de transporte por eso recurren al mototaxi, el cual es el vehículo más utilizado por las personas en este tramo vial como en la ciudad, ya sea por la facilidad de encontrar un mototaxi, por lo económico que resulta el pasaje y la carencia de transporte público en el municipio.

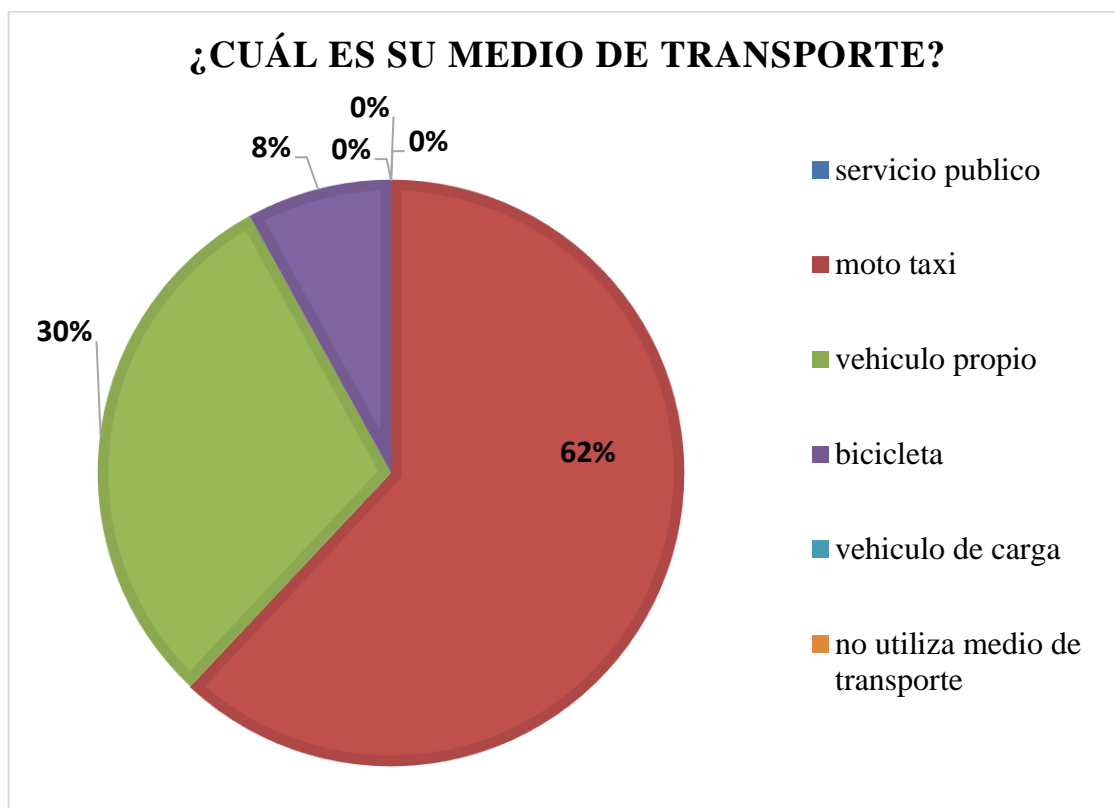


Figura 25. Pregunta N°3 de la encuesta aplicada.

Fuente: Autores del proyecto.

En la cuarta pregunta quisimos saber si los encuestados han sido víctimas o testigos de algún accidente presentado en la vía, para nosotros fue de mucha importancia este aspecto ya que la mayoría de los accidentes no son reportados al tránsito porque no son de gravedad y no

requiere el traslado a centros asistenciales, pero no por eso debe dejarse a un lado ya que este aspecto representa un factor importante a la realización de una alternativa para el mejoramiento de la movilidad en el sector vial a lo cual va dirigido el presente proyecto y en el cual observamos que el 66% de los encuestados han sido testigos de un accidente y un 13 % dice que ha sido testigo y se ha visto involucrado en uno.

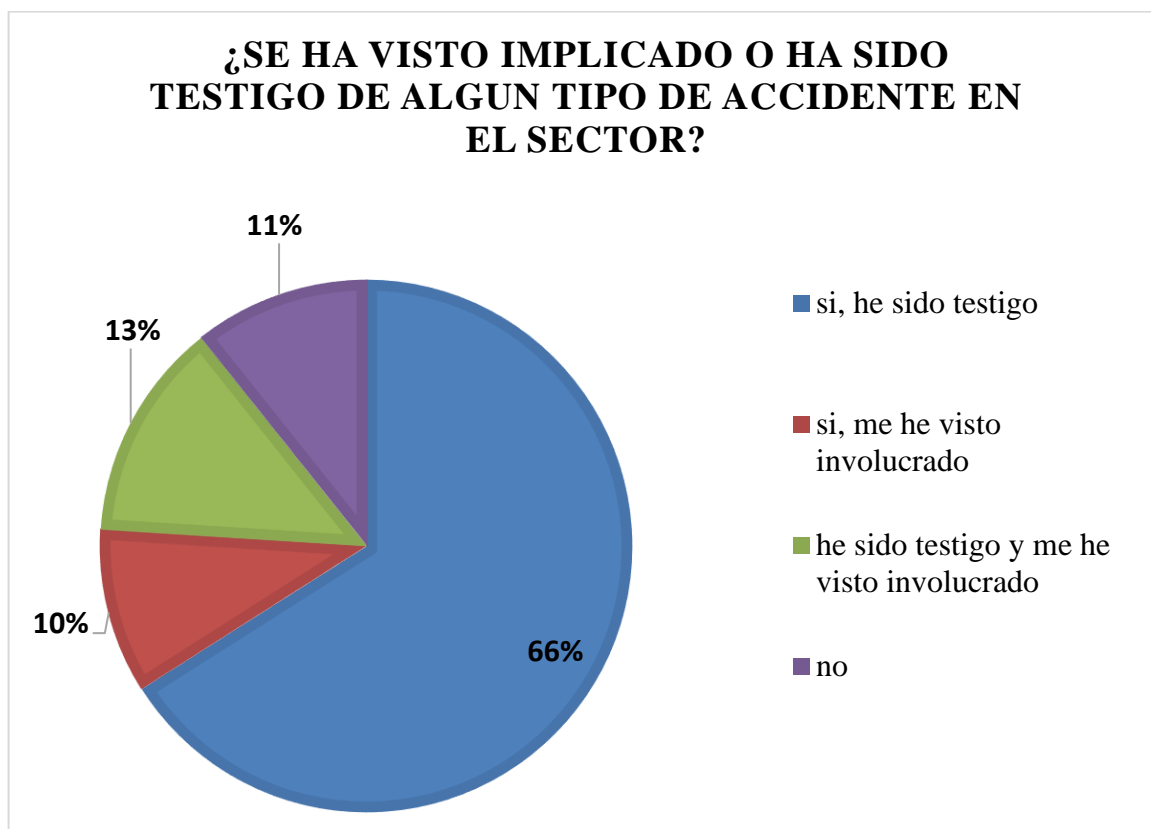


Figura 26. Pregunta N°4 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

En la quinta pregunta se calculó el porcentaje de personas encuestadas que creen que se genera congestión vehicular, donde un 94% (141 personas) opina de manera positiva que, si se genera congestión, y solo un 6% (9 personas) dice que no, a pesar de los diferentes puntos de

ubicación de las personas encuestadas respecto al tramo vial, la mayoría de los encuestados señala que no se genera un libre flujo vehicular, por lo que es necesario una alternativa para el mejoramiento de esta problemática.

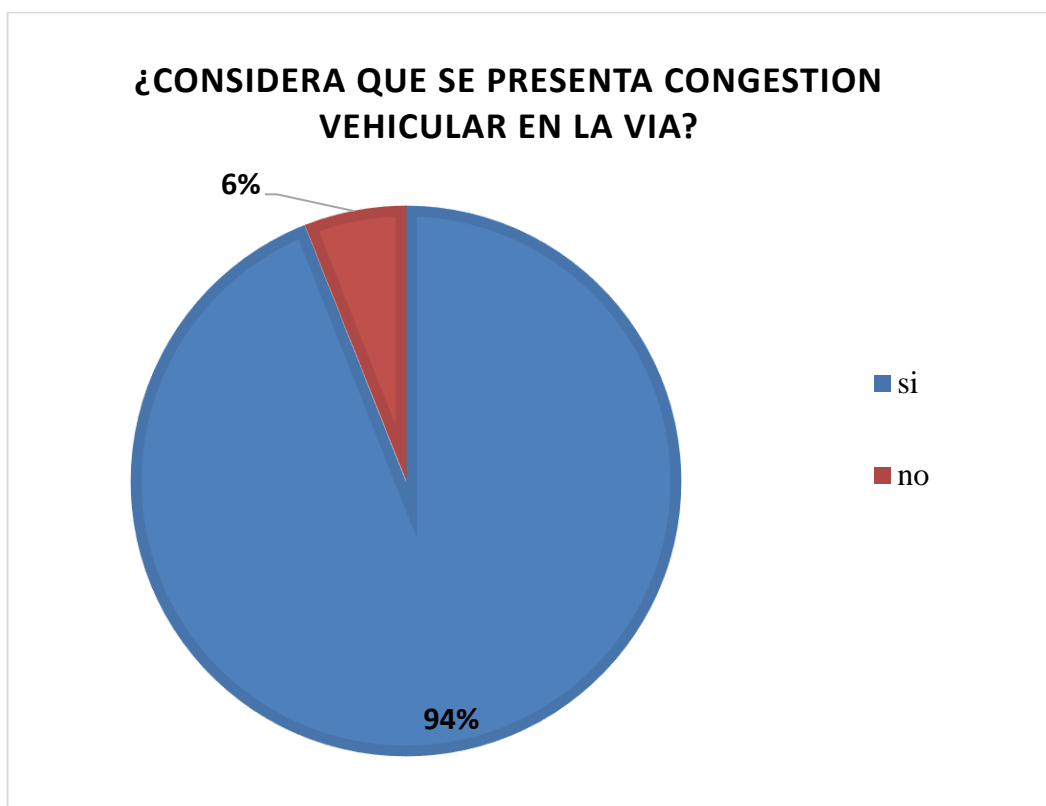


Figura 27. Pregunta N°5 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

La pregunta N°6 se basó más en las personas que tienen vehículo propio, ya que se les preguntaba que, si el mal estado de la malla vial afectaba de manera negativa su vehículo de transporte, donde un 32% de los encuestados afirma que su vehículo se ha visto afectado de manera negativa por el estado actual de la vía y solo un 6% señalo que su vehículo no se ha visto afectado, el resto de encuestados no tienen vehículo propio por lo que el porcentaje de la opción “c)no tengo vehículo propio” es mucho mayor con respecto a los demás, esto se debe a lo

encuestado anteriormente específicamente la pregunta número 3, donde se evidencia que la mayoría de las personas utilizan mototaxi como medio transporte.

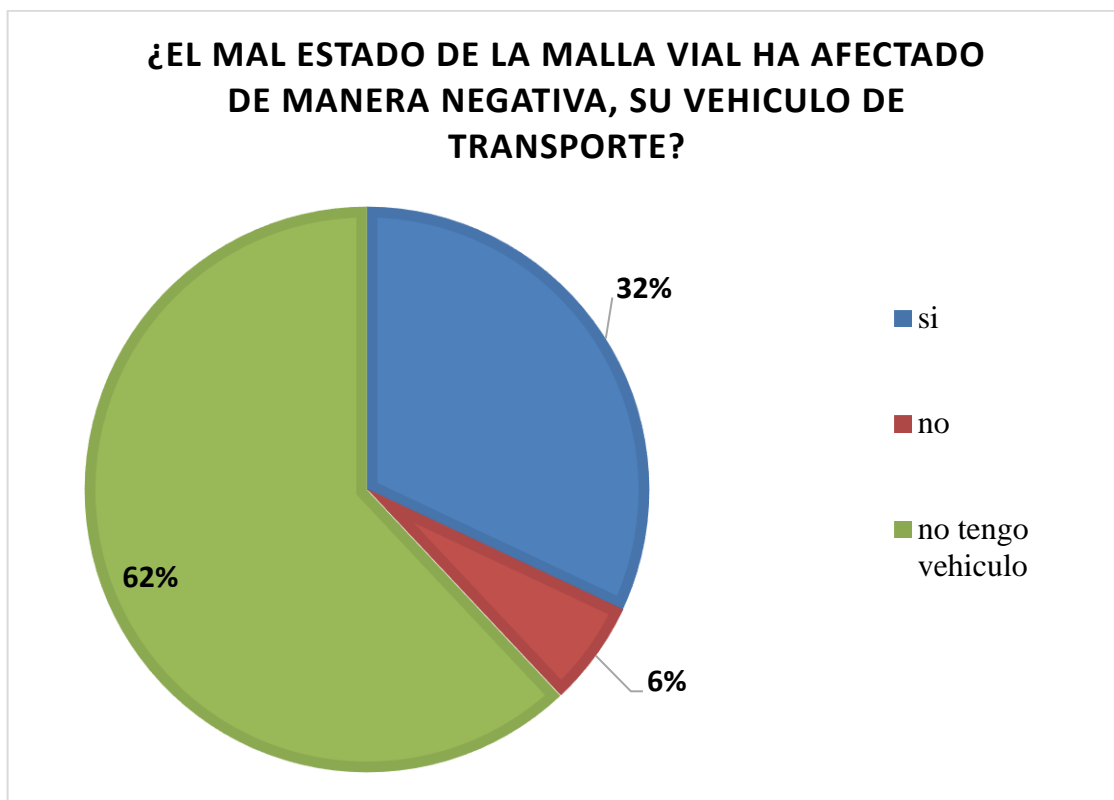


Figura 28. Pregunta N° 6 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

En la pregunta N°7 se quiso conocer de qué manera consideran que les afecta la congestión vehicular y el mal estado de la vía, dando como resultado un alto porcentaje para la opción “d) todas las anteriores” que incluye, contaminación auditiva, visual y ambiental, de igual manera los demás encuestados señalaron que se presentaba al menos un tipo contaminación, lo que es claramente un punto de primordial solución ya que todos los que utilizan o viven cerca de este corredor vial tienen una afectación negativa en su salud.

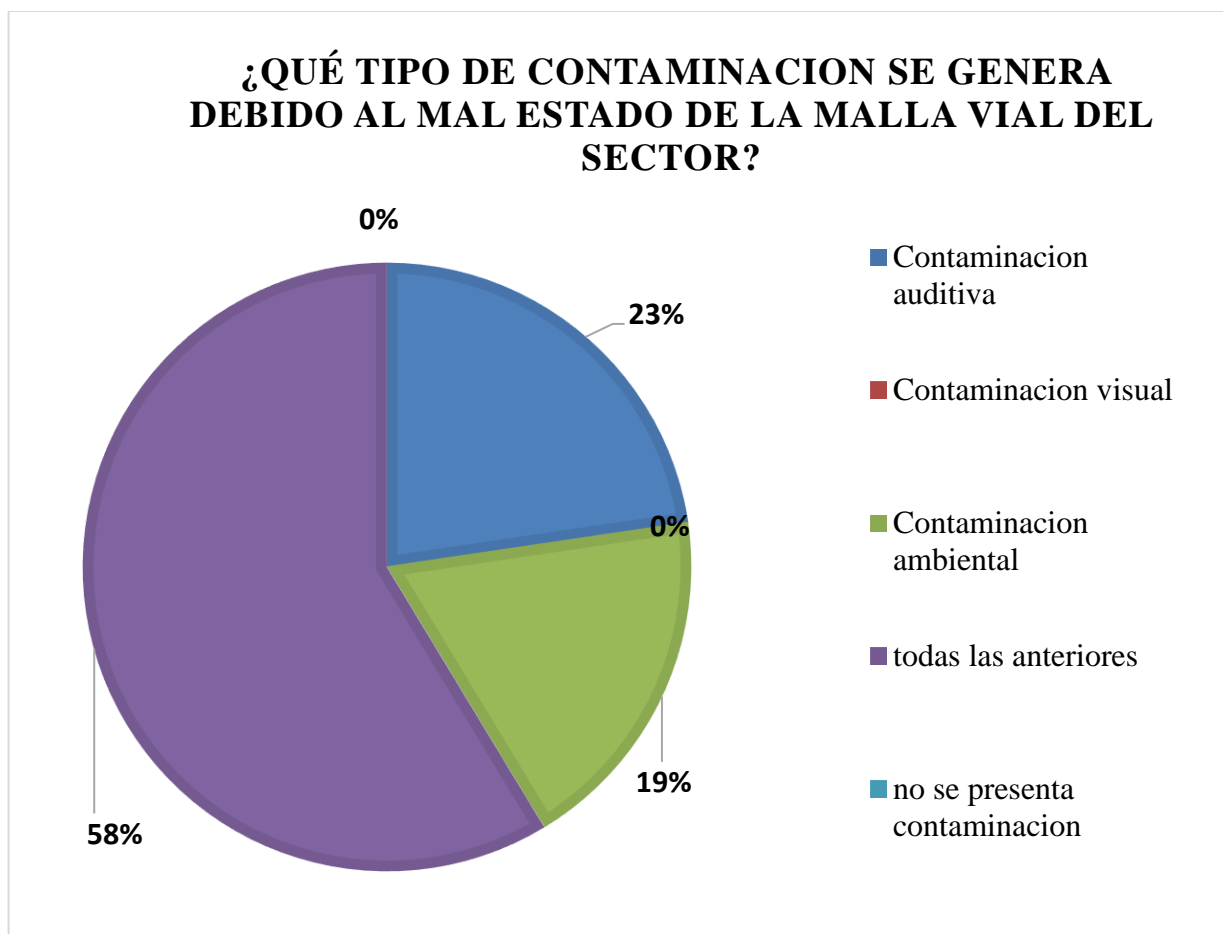


Figura 29. Pregunta N°7 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

En la octava pregunta, calculamos el porcentaje de personas encuestadas que consideran que la vía no cuenta con los elementos mínimos para una movilidad segura y fluida, como lo son: la señalización, la iluminación, aceras, etc. De lo cual podemos observar que solo dos personas dijeron que la vía sí cuenta con esos elementos mientras que el resto que serían 148 personas afirmaron que el tramo vial no contaba con estos elementos lo que evidencia la inseguridad al transitar por este corredor vial y más cuando en las horas de la noche se refiere ya que no cuenta con la iluminación necesaria lo que provoca que se genere un aumento en la delincuencia que presenta en el sector.



Figura 30. Pregunta N°8 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

Por último, les preguntamos a las personas que si consideraban importante que se hiciera un estudio para mejorar la movilidad del sector, donde se obtuvo un resultado muy favorable para el presente proyecto el cual se trata de una alternativa para mejorar la movilidad del corredor vial. Con un 98% de encuestados afirmando que si era importante este estudio se puede concluir que además de ser importante es necesario.



Figura 31. Pregunta N°9 de la encuesta aplicada.  
Fuente: Autores del proyecto.

### **5.3. Realizar los respectivos levantamientos topográficos y estudios de CBR.**

Para este objetivo se procedió a determinar las características del tramo en estudio, por medio de levantamientos topográficos en diferentes puntos con estación total, por lo cual fue realizado por los autores del proyecto, empleando una estación total marca TOPCON que tiene una precisión 2"/1" con aumentos de 30x y resolución en pantalla de 1", tiene un alcance sin prisma de 300 m y con prisma de 5000 m.

Se plasmaron los puntos más representativos en nuestro caso se tomaron 870 puntos, los cuales representan bordes de vía, eje de vía, paramentos, así como pozos y árboles de la avenida.

Para iniciar el levantamiento topográfico se eligió como punto de partida la Carrera 21 con Calle 17, se tomó un abscisado arbitrario de PR (I) 0+000 y este permitía tomar los puntos de la vía (bordes de vía, eje de vía, pozos y arboles) hasta finalizar en la Carrera 0 con Calle 17.



Fotografía 7. Levantamiento topográfico con cadenero  
Fuente: Autores del proyecto



Fotografía 6. Levantamiento topográfico





Fotografía 8. Elaboración del levantamiento topográfico  
Fuente: Autores del proyecto

Tal proceso estuvo dividido en tres sesiones los días 15, 16 y 17 de marzo; estableciéndose solamente en horas de la mañana, porque se proyectaba menos tránsito y mejor visibilidad, con el que fue posible obtener el plano y los detalles más importantes del tramo en la herramienta AutoCAD como vemos en la Figura 30; y en relación a este, todos los datos relevantes para la modelación en el Software PTV Vissim y posteriormente el diseño de la avenida, para observar la cartera de campo debemos dirigirnos al [Apéndice F](#).

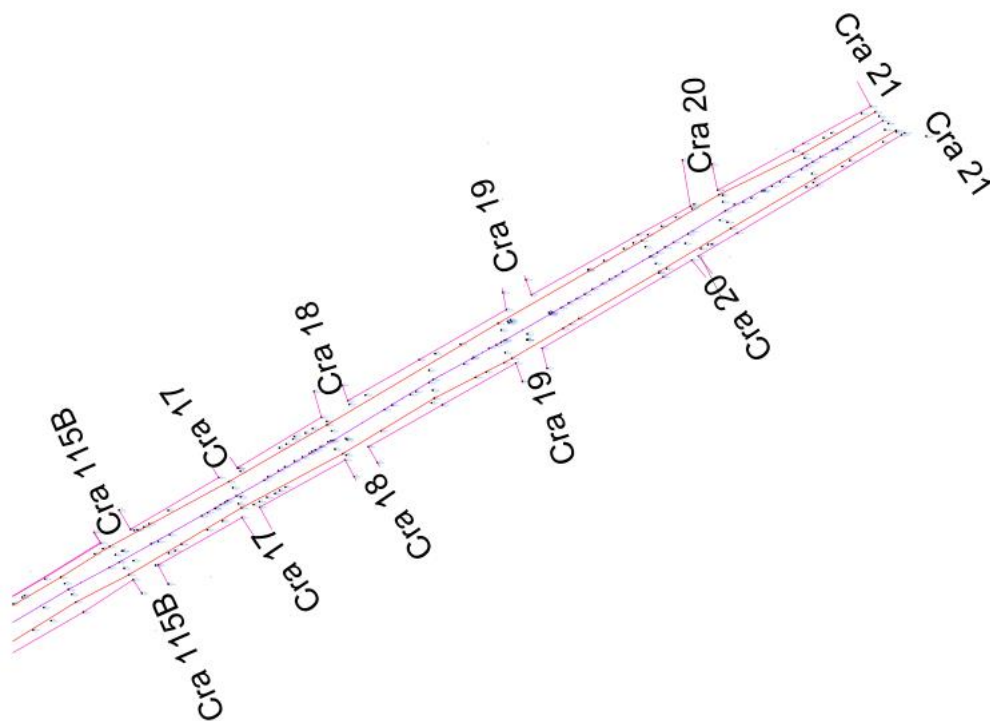


Figura 32. PR (I) 0 + 000 (Carrera 21) – PR (F) 0 + 444 (Carrera 15B)  
Fuente: Autores del proyecto.

**Observaciones:** la avenida estudiada se observa que está compuesta por un tramo recto con una considerable longitud, el cual, no se encuentra pavimentada por lo cual no cuenta con ningún tipo señalización además no tiene ningún tipo de iluminación, lo cual produce robos en ese sector de la vía.

**Tabla 22.**

*Características geométricas de tramos mostrados en la figura 8*

LONGITUD DEL TRAMO (m)	TIPO DE CALZADA	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	TIPO DE TERRENO
444	Doble	14	3.5	Plano

**NOTA:** Las características geométricas tales como el ancho de calzada, el ancho de carril y la inclinación transversal son resultados promedio de los datos obtenidos del estudio topográfico, ya que a lo largo del tramo en estudio se recopilieron datos variables de dichas características. Fuente: Autores del proyecto

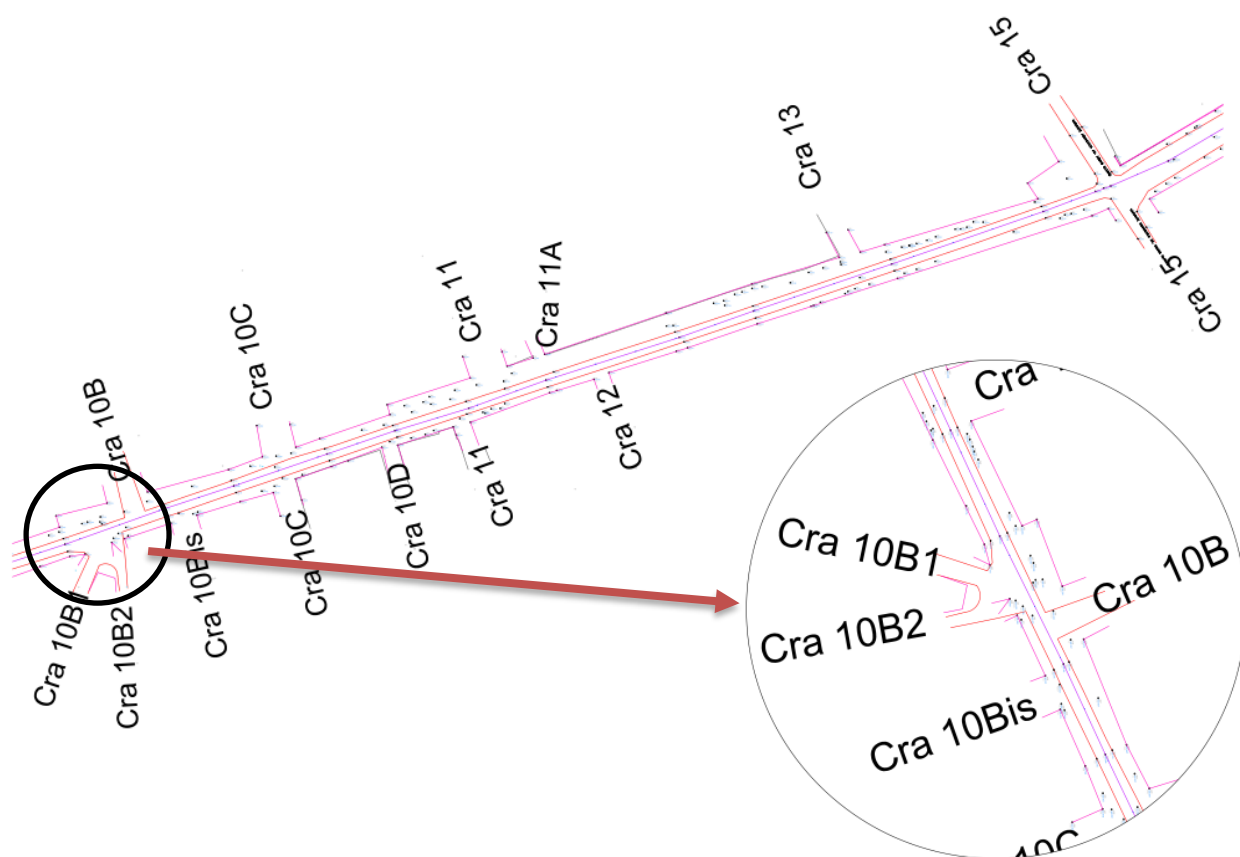


Figura 33. PR (I) 0 + 444 (Carrera 15B) – PR (F) 1 + 080 (Carrera 10B)

Fuente: Autores del proyecto

**Observaciones:** el tramo estudiado se encuentra pavimentada sin embargo el asfalto está muy deteriorado y presenta muchos baches a lo largo del tramo, lo que ha ocasionado accidentes. Asimismo, la vía es angosta para el flujo que transita por ese tramo y no cuenta con andenes para

los peatones el cual exponen sus vidas, además no cuenta con ningún tipo de señalización y no cuenta con ningún tipo de iluminación lo que produce robos en ese sector de la vía.

**Tabla 23.**  
*Características geométricas de tramos mostrados en la figura 9.*

LONGITUD DEL TRAMO (m)	TIPO DE CALZADA	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	TIPO DE TERRENO
636	Simple	6	3	Plano

Fuente: Autores del proyecto

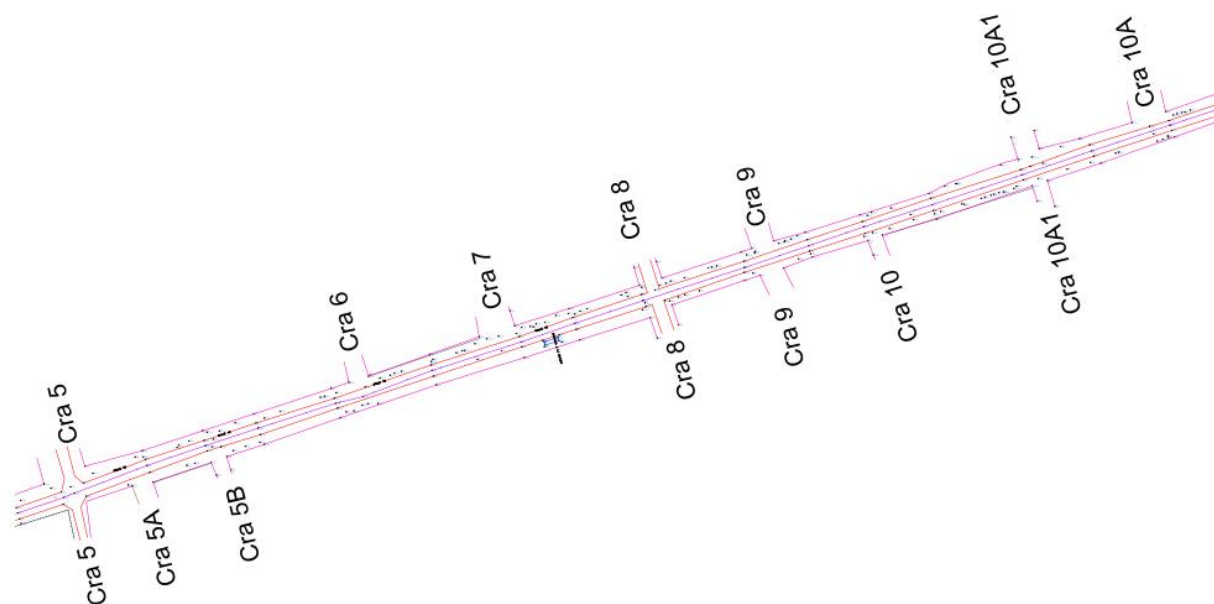


Figura 34. PR (I) 1 + 080 (Carrera 10B) – PR (F) 1 + 738 (Carrera 5)  
Fuente: Autores del proyecto

**Observaciones:** el tramo estudiado se encuentra pavimentada del mismo modo que el tramo anterior presentando la misma situación en la vía, donde se observa diferentes factores que evitan un flujo activo de las cuales resaltan, el deterioro del pavimento y la falta de señales de tránsito.

**Tabla 24.**  
*Características geométricas de tramos mostrados en la figura 10.*

LONGITUD DEL TRAMO (m)	TIPO DE CALZADA	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	TIPO DE TERRENO
658	Simple	6	3	Plano

Fuente: Autores del proyecto

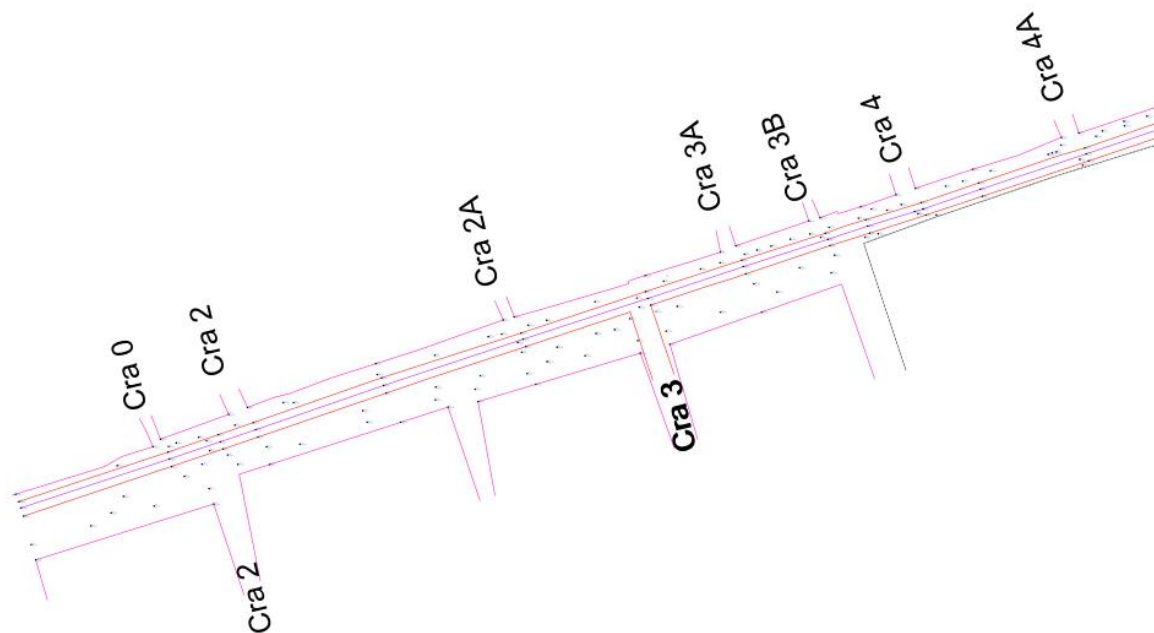


Figura 35. PR (I) 1 + 738 (Carrera 5) – PR (F) 2 + 263 (Carrera 0)  
Fuente: Autores del proyecto.

**Observaciones:** el tramo estudiado, no se encuentra pavimentada por lo cual no cuenta con ningún tipo de señalización.

**Tabla 25.**

*Características geométricas de tramos mostrados en la figura 11.*

LONGITUD DEL TRAMO (m)	TIPO DE CALZADA	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	TIPO DE TERRENO
525	Simple	7	3.5	Plano

Fuente: Autores del proyecto.

Continuando con el desarrollo de la propuesta para el plan de mejoramiento en la movilidad del sector se procedió a determinar la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada a través del ensayo del CBR, el cual se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Se contrató con la empresa INSS (INGEOSUELOS DEL SUR S.A. SMINGENIERIA), el cual se estuvo acompañando en todo el proceso, para verificar que los procesos realizados se hallan ejecutados de la mejor manera, como se puede apreciar en las fotografías 9 -10. Como primera instancia se procedió a realizar los apiques día 24 de mayo del 2019, el cual por no contar con los recursos financieros suficientes solo se realizaron 2 apiques en todo el tramo de la avenida, en el que, el primero se hizo en la CRA 3 y el segundo se hizo en la CRA 11



Fotografía 10. Apique 1  
Fuente: Autores del proyecto.



Fotografía 9. Apique 2  
Fuente: Autores del proyecto.

Se realiza el ensayo de CBR inalterado basado en las normas de ensayos INVIAS, INV E-148-13, (ver anexo). Este ensayo se realiza sobre suelos de subrasante para Evaluar la resistencia del material utilizado, correlacionar la humedad en el terreno y la humedad optima de compactación y así obtener estos valores de una muestra de material que no ha sido contaminada y en su estado natural. A continuación, se muestra la caracterización en el cuadro resumen.

**Tabla 26.**

*Cuadro de resumen*

APIQUE	profundidad	descripción	Clasificación		humedad	limites			Granulometría		
			Aashto	USCS		LL %	LP %	IP	Grava	Arena	No. 200
1	0.7	Arena limosa con grava SM	A-2-4	SM	10	N.L.	N.P.	N.P.	27.85	43.72	28.43
2	0.8	Grava mal graduada con limo y arena GP GM	A-1-a	GP GM	9.5	N.L.	N.P.	N.P.	53.32	36.34	10.34



Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a la norma INVIAS I.N.V. E- 148 – 07, el ensayo de PDC o penetrómetro dinámico de cono es fundamental para evaluar relación de soporte del suelo en el laboratorio (cbr de laboratorio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad. El cual se llevó acabo, dando como resultado para nuestro caso, un CBR mínimo de PDC (CBR %) = **26.47** (ver anexo). Este se logró obtener por el estudio de suelos y se consiguió en el apique 2, trabajo realizado en campo de la avenida puerto mosquito.



Fotografía 12. Ensayo de CBR  
Fuente: Autores del proyecto.



Fotografía 11. Ensayo de CBR  
Fuente: Autores del proyecto.

**5.4. Plantear las medidas de señalización horizontal y vertical necesarias, con la ayuda del micro simulación del software PTV Vissim para los puntos críticos.**



Para el desarrollo de este objetivo se utilizó la ayuda del software antes mencionado, (PTV Vissim) en el cual nos centraremos en evaluar las longitudes de cola máximas y promedio que se producen en las 5 intersecciones más críticas del corredor vial en estudio, ya que si se reducen estos valores significaría que la circulación vehicular va a mejorar y los usuarios van respetar las señales de tránsito establecidas, lo que conllevaría a una disminución en los índices de accidentalidad. Como primera instancia modelamos la situación actual de la vía, (el procedimiento para la modelación en el software PTV Vissim se encuentra en el [Apéndice G](#) y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 27**

*Longitud de colas máximas de la situación actual.*

INTERSECCIÓN	SITUACIÓN ACTUAL			
	Sentido de la vía principal		Sentido de la Carrera	
	W	E	N	S
<b>Cra 3 con calle 17</b>	12,062	21,666	-----	11,102
<b>Cra 5 con calle 17</b>	17,186	0	24,053	20,536
<b>Cra 8 con calle 17</b>	14,067	12,474	5,135	21,164
<b>Cra 10B con calle 17</b>	31,945	54,607	30,742	31,594
<b>Cra 15 con calle 17</b>	75,878	28,291	41,790	19,043

**Nota:** la tabla muestra las longitudes de cola máximas (en metros) presentadas en cada sentido de la intersección. Fuente: Autores del proyecto.

También es importante destacar que las longitudes de cola máximas antes mencionadas no son constantes en la hora de máxima demanda, por eso es importante analizar las longitudes de cola promedio, la cual nos muestra que longitud de cola es la que más se presenta en cada sentido de la intersección.

**Tabla 28**

*Longitud de colas promedio de la situación actual.*

INTERSECCIÓN	SITUACIÓN ACTUAL			
	Sentido de la vía principal		Sentido de la Carrera	
	W	E	N	S
<b>Cra 3 con calle 17</b>	0,006	0,154	-----	0,167
<b>Cra 5 con calle 17</b>	0,166	0	0,053	0,008
<b>Cra 8 con calle 17</b>	0,059	0,008	0,069	0,806
<b>Cra 10B con calle 17</b>	15,553	15,450	24,488	22,152
<b>Cra 15 con calle 17</b>	59,220	2,079	2,021	2,938

**Nota:** la tabla muestra las longitudes de cola promedio (en metros) presentadas en cada sentido de la intersección. Fuente: Autores del proyecto.

Como podemos observar las intersecciones más críticas son las carreras 10B y 15, donde se presentan longitudes de colas máximas y promedio más elevadas, por esta razón se implementará un plan de señalización el cual se describirá a continuación y además de eso se realizarán unos ajustes en los sentidos viales en la carrera 10B específicamente en el sentido sur.

Según el instituto de nacional de vías (2015) la circulación vehicular debe ser guiada y regulada que garanticen su seguridad, fluidez, orden y comodidad, por consiguiente, es necesario implementar señales de tránsito que indiquen a los usuarios la forma correcta y segura de circulación con el objetivo de evitar riesgos y facilitar la circulación.

Es importante mencionar que estas señales no se deben implementar en tramos cortos pues ocasionarían contaminación visual y así mismo perderían su efectividad. Toda señal de tránsito debe cumplir los siguientes requisitos:

- **Debe ser entendible.**
- **Deber ser indispensable.**
- **Debe ser verosímil.**

Para esta propuesta se utilizaran señales verticales y horizontales, ya que en este sector no se evidencia quien es el usuario que tiene prioridad en la vía, tampoco indica la velocidad máxima con la que debe transitar el conductor, además de esto se establecerán señales preventivas e informativas ya que en este corredor vial se encuentran: un ancianato, una iglesia y un patinódromo, por lo que se hace necesario informar a los usuarios que reduzcan la velocidad para así poder evitar accidentes de tránsito.

Teniendo en cuenta el manual de señalización vial, las señales reglamentarias que se tendrán en cuenta para esta investigación son las siguientes:



Figura 36. Señal vertical SR-01  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

Esta señal se empleará para notificar al conductor que debe detener completamente el vehículo y sólo reanudar la marcha cuando pueda hacerlo en condiciones que eviten totalmente la posibilidad de accidente, esta se implementará para darle prioridad a la vía principal y se genere un orden en el flujo vehicular, estará ubicada en cada intersección, además estará complementada con una señalización horizontal, la cual consiste en una demarcación de una línea de pare, la que irá acompañada de una franja para el cruce de peatones.



Figura 37. Señal vertical SR-01  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

Esta señal se empleará para notificar al conductor la prohibición para estacionar su vehículo en determinado tramo de la vía. Es importante considerar los tramos de vía en los que se encuentran los sitios antes mencionados (ancianato, iglesia, patinódromo) ya que en estos lugares es muy frecuente el alto flujo de peatones en los que se encuentran personas de las diferentes edades (niños, jóvenes, adultos y ancianos), por lo que un vehículo estacionado obstaculiza la visión del peatón lo que podría generar un accidente, además de que genera una obstrucción al libre flujo vehicular provocando congestionamientos, esta señal estará acompañada de una demarcación de prohibido parquear, estas señales serán implementadas en los tramos de vía comprendidos entre las carreras 6-8,9-10B,13-15.

**Sr-30**



Figura 38. Señal vertical SR-30  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

La señal mostrada indica la velocidad máxima a la que puede circular los vehículos a partir del lugar donde este instalada, su aplicación será sobre las carreras 3,5,8,9,10B y 15 debido a que

en estas intersecciones se encuentran los sitios antes mencionados por lo tanto se hace necesario que los usuarios disminuyan la velocidad con el fin de evitar accidentes de tránsito, además la carrera 15 como una entrada hacia el municipio de Aguachica implica que los vehículos vengan a una gran velocidad por eso es de vital importancia informarles que reduzcan su velocidad.



Figura 39. Señal vertical SR-06  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

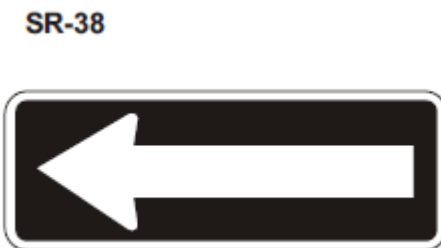


Figura 40. Señal vertical SR-38  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

SR-04



Figura 41. Señal vertical SR-04

Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

Estas señales reglamentarias serán utilizadas para reorientar el flujo vehicular específicamente en la carrera 10B ya que, al contar con dos entradas en el sentido sur, las cuales son con doble sentido, genera un gran punto crítico en esta intersección, lo que ocasiona una gran congestión vehicular y a su vez una gran cantidad de accidentes, en esta intersección también se implementara la señal horizontal, la cual es una flecha que indica el sentido de cada carril y los cruces que puede o no hacer en esa intersección.

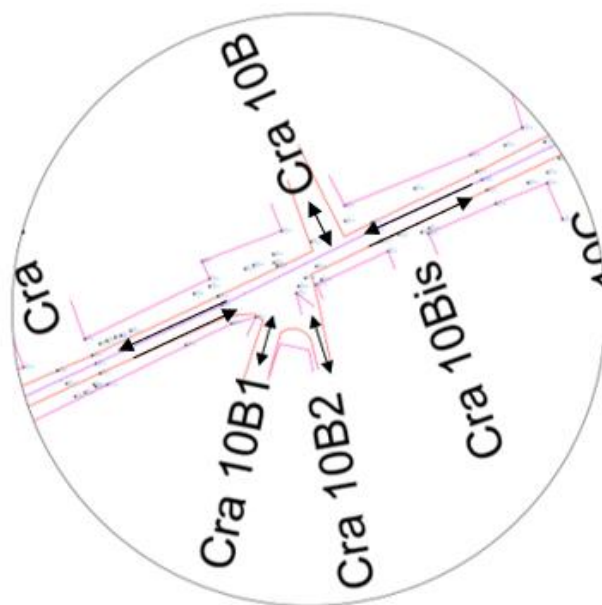


Figura 42. Distribución de flujo vehicular actual.  
Fuente: Autores del proyecto.

Por esta razón se planteó implementar solo un sentido por cada acceso, esto es posible gracias a que el sector cuenta con el espacio posible para realizar este cambio al flujo vehicular, la siguiente figura representa de una manera muy simple de como quedarán los sentidos en cada acceso de esta intersección.

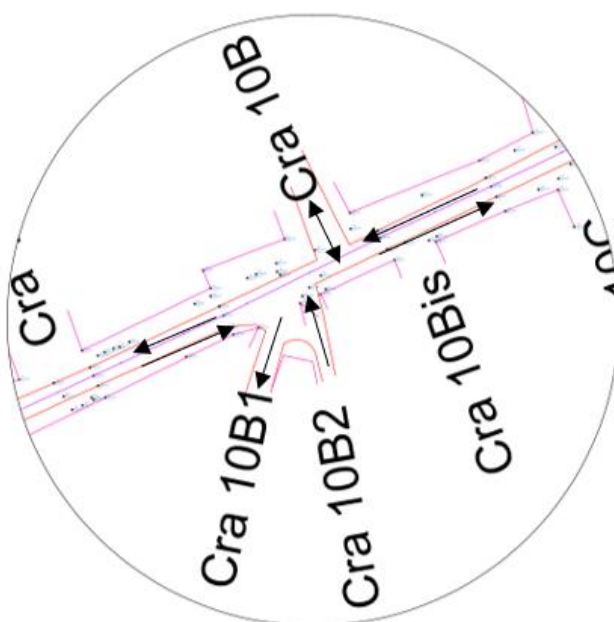


Figura 43. Distribución de flujo vehicular futuro.  
Fuente: Autores del proyecto.

Por otra parte, es indispensable instalar señales preventivas e informativas en esta propuesta debido a que es necesario advertir a los usuarios este corredor vial la existencia de diversos sitios de mucha importancia como los antes mencionados que se encuentran presentes en el tramo, para de que de este modo los conductores tomen precaución y reduzcan la velocidad para evitar accidentes de tránsito.





Figura 44. Señal vertical SP-11.  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)



Figura 45. Señal Vertical SP-29  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

Las anteriores señales de tránsito serán ubicadas en la carrera 15, ya que esta carrera funciona como una entrada secundaria al municipio de Aguachica, aunque no cuente con un alto flujo vehicular, los usuarios que entran a la ciudad por esta vía, se movilizan a una gran

velocidad por lo que es necesario prevenirlos de la futura intersección y próximo PARE que deberán realizar, para evitar posibles accidentes de tránsito.



Figura 46. Señal vertical SP-46.  
Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a lugares frecuentados por peatones que caminan sobre la calzada o la cruzan a nivel, en un sitio determinado. En zonas urbanas la señal se usará únicamente cuando la seguridad de los peatones lo justifique como son las intersecciones críticas que se producen en las carreras 3, 5, 8,10B y 15.

SI-20



Figura 47. Señal vertical SI-20.

Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

Esta señal será ubicada entre la carrera 7 y 8, ya que en ese tramo vial se encuentra ubicada la PARROQUIA MARIA AUXILIADORA, esto informará a los conductores que deberán reducir la velocidad por lo que en estos lugares es muy frecuente el flujo de peatones.

SP-48



Figura 48. Señal vertical SP-48

Fuente: (Instituto nacional de vías, 2015)

Esta señal se empleará para advertir al conductor la proximidad a una zona destinada a campos de juego adyacentes a la vía. La cual estará complementada con la señal SR-30 - Velocidad máxima y SR-28 - que prohíbe el estacionamiento de vehículos frente a la acera, ya que éstos impiden la visibilidad de los niños que ingresan o salen de la zona.

Ya conociendo los cambios que se efectuaran en el corredor vial, se procedió a modelarlos en el software PTV Vissim, para así poder observar si el plan de señalización presentado generaría una mejora en la circulación vehicular o no, Como primera instancia observaremos las longitudes de cola máximas que se presentarían en cada intersección.

**Tabla 29**

*Longitud de colas máximas de la situación futura.*

INTERSECCIÓN	SITUACIÓN FUTURA			
	Sentido de la vía principal		Sentido de la Carrera	
	W	E	N	S
<b>Cra 3 con calle 17</b>	0	12,650	-----	22,743
<b>Cra 5 con calle 17</b>	0	0	6,115	25,356
<b>Cra 8 con calle 17</b>	12,458	4,387	19,207	22,743
<b>Cra 10B con calle 17</b>	11,732	47,136	28,846	33,093
<b>Cra 15 con calle 17</b>	16,448	4,272	35,803	34,044

**Nota:** la tabla muestra las longitudes de cola máximas (en metros) presentadas en cada sentido de la intersección. Fuente: Autores del proyecto.

Como podemos observar, se presenta una reducción muy considerable en los sentidos W-E y E-W, que serían los sentidos de la calle principal, y unos pequeños incrementos en los sentidos N-S y S-N de las intersecciones evaluadas.

Estas longitudes de cola no serían constantes como antes se mencionó, son valores que se podrían presentar en cierto lapso de tiempo de la hora de máxima demanda, por eso es importante conocer las longitudes de cola promedio, las cuales nos dan el valor de longitud de cola que más se presentaría en la situación futura, las cuales podemos observar en la siguiente tabla.

**Tabla 30**

*Longitud de colas promedio de la situación futura.*

INTERSECCIÓN	SITUACIÓN FUTURA			
	Sentido de la vía principal		Sentido de la Carrera	
	W	E	N	S
<b>Cra 3 con calle 17</b>	0	0,031	-----	0,352
<b>Cra 5 con calle 17</b>	0	0	0,038	0,082
<b>Cra 8 con calle 17</b>	0,016	0,002	0,673	0,311
<b>Cra 10B con calle 17</b>	0,001	13,796	4,801	2,155
<b>Cra 15 con calle 17</b>	0,158	0,001	11,675	3,835

**Nota:** la tabla muestra las longitudes de cola promedio (en metros) presentadas en cada sentido de la intersección. Fuente: Autores del proyecto.

Ahora realizaremos una comparación de las longitudes de cola máxima de la situación actual con la situación futura para poder facilitar la interpretación de los datos obtenidos del software PTV Vissim.

**Tabla 31**

*Comparación de longitudes de cola máxima entre la situación actual y futura, sentido W-E*

INTERSECCIÓN	SITUACIÓN ACTUAL		SITUACION FUTURA	
	Sentido de la vía principal		Sentido de la vía principal	
	W	E	W	E
<b>Cra 3 con calle 17</b>	12,062	21,666	0	12,650
<b>Cra 5 con calle 17</b>	17,186	0	0	0
<b>Cra 8 con calle 17</b>	14,067	12,474	12,458	4,387
<b>Cra 10B con calle 17</b>	31,945	54,607	11,732	47,136
<b>Cra 15 con calle 17</b>	75,878	28,291	16,448	4,272

**Nota:** la tabla muestra la comparación de longitudes de cola máximas (en metros)

presentadas en las intersecciones de los sentidos W y E. Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 32**

*Comparación de longitudes de cola máxima entre la situación actual y futura, sentido N-S*

INTERSECCIÓN	SITUACIÓN ACTUAL		SITUACION FUTURA	
	Sentido de la carrera		Sentido de la carrera	
	N	S	N	S
<b>Cra 3 con calle 17</b>	----	11,102	----	22,743
<b>Cra 5 con calle 17</b>	24,053	20,536	6,115	25,356
<b>Cra 8 con calle 17</b>	5,135	21,164	19,207	22,743
<b>Cra 10B con calle</b>	30,742	31,594	28,846	33,093
<b>17</b>				
<b>Cra 15 con calle 17</b>	41,790	19,043	35,803	34,044

**Nota:** la tabla muestra la comparación de longitudes de cola máximas (en metros)

presentadas en las intersecciones de los sentidos N y S. Fuente: Autores del proyecto.

Como se puede observar se presentó una reducción en las longitudes de cola máximas en los sentidos W y E, los cuales representan los sentidos de la vía principal y se generó un aumento en los sentidos N y S, los cuales representan los sentidos de las carreras que interceptan a la calle en estudio, estos incrementos son justificables con respecto a la reducción en las longitudes de cola en los sentidos W y E.

Por lo que se puede deducir que la implementación de señales de tránsito más la reorientación de algunos sentidos en el flujo vehicular de la carrera 10B generara una mejor circulación del tránsito. Es importante resaltar que para obtener resultados eficientes de la propuesta planteada es indispensable que los usuarios (conductores-peatones- pasajeros y comerciantes) tengan educación vial, es decir adopten y respeten los cambios realizados sobre el tramo en estudio.

Ahora se mostrará el plan de señalización, el cual pudimos realizar gracias a los resultados obtenidos en el software PTV Vissim y el manual de señalización vial del 2015.

**Tabla 33**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 20-cra 19.*

<b>ABSCISA</b>	<b>CÓDIGO SEÑAL</b>	<b>CALLE/CARRERA</b>	<b>MARGEN</b>	<b>ORIENTACIÓN</b>
<b>0+080</b>	SR-01	CRA 20	DERECHA	N-S
<b>0+100</b>	SR-01	CRA 20	DERECHA	S-N
<b>0+180</b>	SR-01	CRA 19	DERECHA	N-S

0+180	SR-01	CRA 19	DERECHA	S-N
-------	-------	--------	---------	-----

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 20 y carrera 19. Fuente: Autores del proyecto.

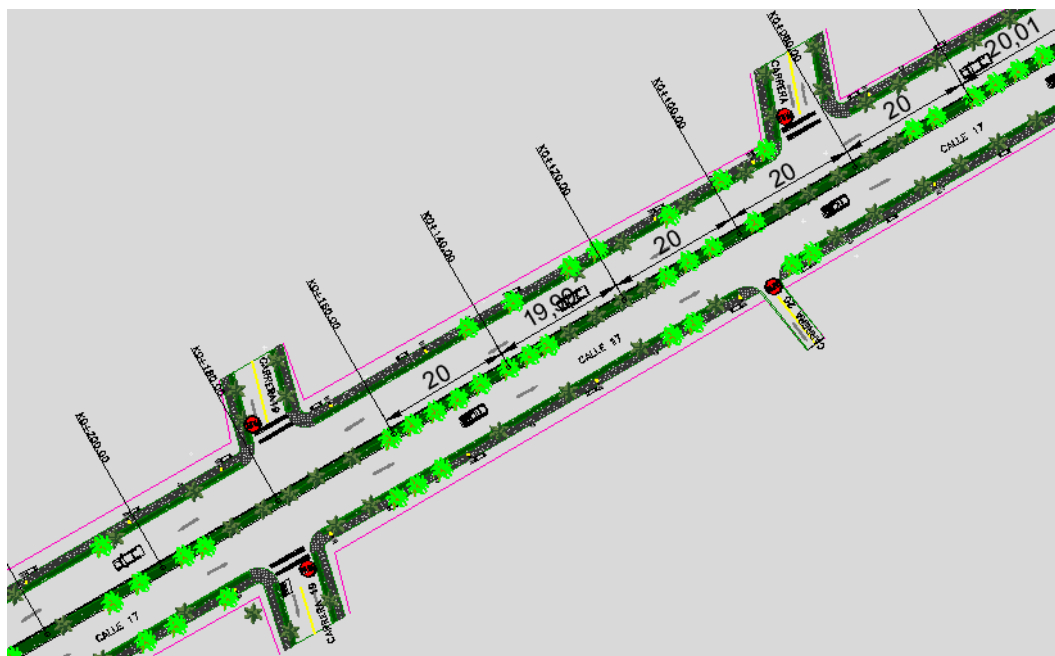


Figura 49. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 20- cra 19. Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 34**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 18-cra 15B.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
0+270	SR-01	CRA 18	DERECHA	N-S
0+270	SR-01	CRA 18	DERECHA	S-N
0+320	SR-01	CRA 17	DERECHA	N-S
0+320	SR-01	CRA 17	DERECHA	S-N
0+380	SR-01	CRA 15B	DERECHA	N-S
0+380	SR-01	CRA 15B	DERECHA	S-N

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 18 y carrera 15B. Fuente: Autores del proyecto.





Figura 50. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 18- cra 15B.  
Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 35**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 15B-cra 13.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
0+460	SP-46	CALLE 17	DERECHA	E-W
0+460	SR-30	CALLE 17	DERECHA	E-W
0+470	SR-01	CRA 15	DERECHA	S-N
0+470	SP-46	CRA 15	DERECHA	S-N
0+470	SR-30	CRA 15	DERECHA	S-N
0+470	SP-29	CRA 15	DERECHA	S-N
0+470	SP-11	CRA 15	DERECHA	S-N
0+480	SR-01	CRA 15	DERECHA	N-S
0+480	SR-30	CRA 15	DERECHA	N-S
0+480	SP-46	CRA 15	DERECHA	N-S
0+500	SR-30	CALLE 17	IZQUIERDA	E-W
0+500	SP-46	CALLE 17	IZQUIERDA	E-W
0+520	SR-28	CALLE 17	IZQUIERDA	E-W

<b>0+560</b>	SR-28	CALLE 17	IZQUIERDA	E-W
<b>0+600</b>	SR-01	CRA 13	DERECHA	N-S

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 15B y carrera 13. Fuente: Autores del proyecto.



Figura 51. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 15B- cra 13. Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 36**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 12-cra 10C.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
<b>0+740</b>	SR-01	CRA 12	DERECHA	S-N
<b>0+760</b>	SR-01	CRA 11A	DERECHA	N-S
<b>0+780</b>	SR-01	CRA 11	DERECHA	N-S
<b>0+800</b>	SR-01	CRA 11	DERECHA	S-N
<b>0+840</b>	SR-01	CRA 10D	DERECHA	S-N
<b>0+890</b>	SR-01	CRA 10C	DERECHA	N-S
<b>0+890</b>	SR-01	CRA 10C	DERECHA	S-N

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 12 y carrera 10C. Fuente: Autores del proyecto.



Figura 52. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 12- cra 10C.  
Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 37**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 10Bis-cra 10A-1.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
0+940	SR-01	CRA 10BIS	DERECHA	S-N
0+950	SP-46	CALLE 17	DERECHA	E-W
0+950	SR-30	CALLE 17	DERECHA	E-W
0+960	SR-06	CALLE 17	DERECHA	E-W
0+970	SR-01	CRA 10B	DERECHA	N-S
0+980	SR-01	CRA 10B2	DERECHA	S-N
0+980	SR-04	CRA 10B2	DERECHA	S-N
0+980	SR-38	CRA10B2	IZQUIERDA	S-N
0+990	SR-38	CRA 10B1	DERECHA	S-N
1+000	SP-46	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+000	SR-30	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+040	SR-28	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+050	SR-01	CRA 10A	DERECHA	N-S
1+080	SR-28	CALLE 17	DERECHA	E-W
1+080	SR-28	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+120	SR-01	CRA 10A-1	DERECHA	N-S

1+120

SR-01

CRA 10A-1

DERECHA

S-N

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 10Bis y carrera 10A-1. Fuente: Autores del proyecto.



Figura 53. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 10Bis - cra 10A-1. Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 38**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 10A-1- cra 9.*

<b>ABSCISA</b>	<b>CÓDIGO SEÑAL</b>	<b>CALLE/CARRERA</b>	<b>MARGEN</b>	<b>ORIENTACIÓN</b>
<b>1+140</b>	SP-48	CALLE 17	DERECHA	E-W
<b>1+140</b>	SR-30	CALLE 17	DERECHA	E-W
<b>1+150</b>	SR-28	CALLE 17	DERECHA	W-E
<b>1+170</b>	SR-28	CALLE 17	DERECHA	E-W
<b>1+190</b>	SR-28	CALLE 17	DERECHA	W-E
<b>1+220</b>	SR-28	CALLE 17	DERECHA	E-W
<b>1+220</b>	SR-01	CRA 10	DERECHA	S-N
<b>1+240</b>	SR-28	CALLE 17	IZQUIERDA	W-E
<b>1+270</b>	SP-46	CALLE 17	DERECHA	E-W
<b>1+270</b>	SR-30	CALLE 17	DERECHA	E-W
<b>1+270</b>	SP-48	CALLE 17	DERECHA	W-E
<b>1+270</b>	SR-30	CALLE 17	DERECHA	W-E
<b>1+280</b>	SR-01	CRA 9	DERECHA	N-S
<b>1+280</b>	SR-01	CRA 9	DERECHA	S-N

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 10A-1 y la carrera 9. Fuente: Autores del proyecto.

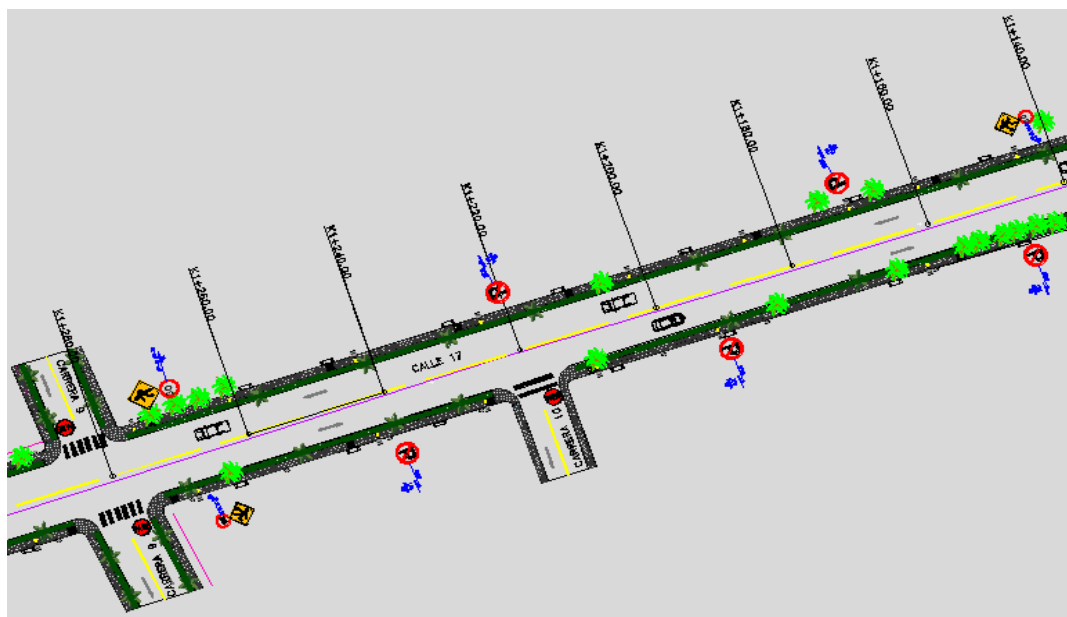


Figura 54. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 10A-1- cra 9.  
Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 39**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 8- cra 6.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
1+350	SR-01	CRA 8	DERECHA	N-S
1+350	SR-01	CRA 8	DERECHA	S-N
1+370	SR-28	CALLE 17	DERECHA	E-W
1+370	SP-46	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+370	SR-30	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+390	SR-28	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+410	SR-01	EN-IGL	DERECHA	S-N
1+420	SR-28	CALLE 17	DERECHA	E-W
1+420	SI-20	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+430	SR-28	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+440	SR-01	CRA 7	DERECHA	N-S
1+450	SR-28	CALLE 17	DERECHA	E-W
1+470	SR-28	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+490	SR-28	CALLE 17	DERECHA	E-W
1+520	SR-01	CRA 6	DERECHA	N-S

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 8 y la carrera 6. Fuente: Autores del proyecto.

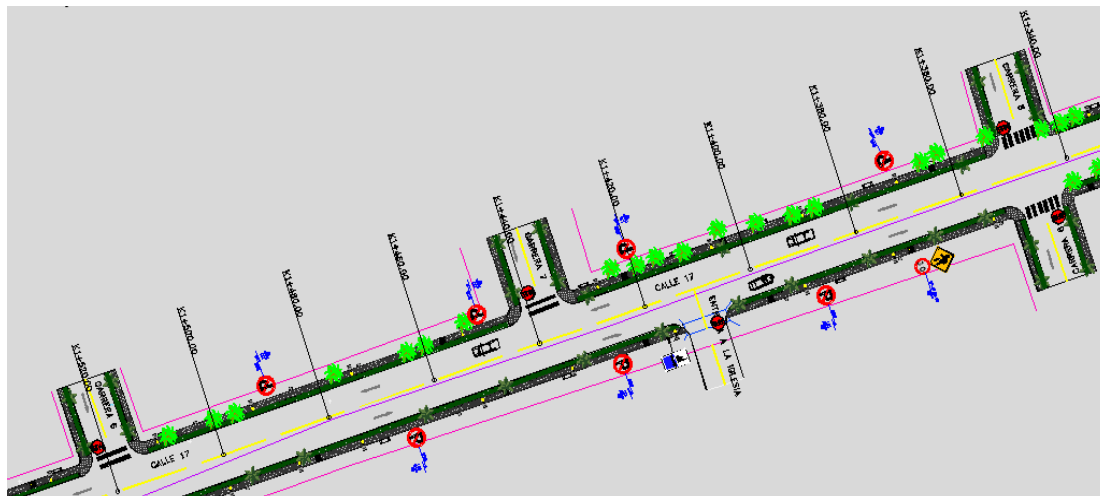


Figura 55. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 8- cra 6. Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 40**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 5B- cra 4A.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
1+670	SR-01	CRA 5B	DERECHA	S-N
1+650	SR-01	CRA 5A	DERECHA	S-N
1+690	SR-01	CRA 5	DERECHA	S-N
1+700	SR-01	CRA 5	DERECHA	N-S
1+720	SP-46	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+720	SR-30	CALLE 17	DERECHA	W-E
1+770	SR-01	CRA 4A	DERECHA	N-S

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 5B y la carrera 4A. Fuente: Autores del proyecto.

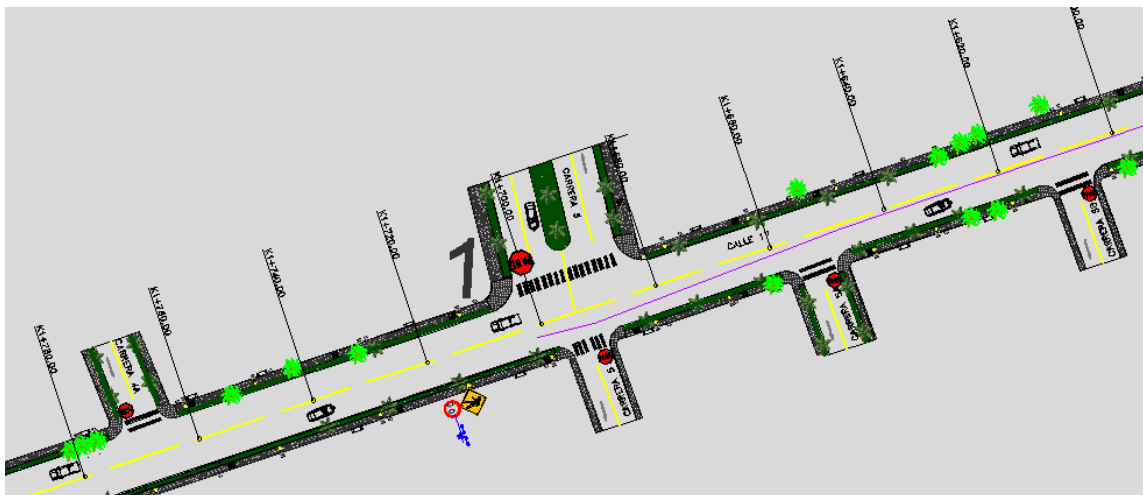


Figura 56. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 5B- cra 4A.  
Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 41**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 4- cra 2A.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
1+850	SR-01	CRA 4	DERECHA	N-S
1+900	SR-01	CRA 3B	DERECHA	N-S
1+940	SR-01	CRA 3A	DERECHA	N-S
1+990	SR-01	CRA 3	DERECHA	S-N
2+010	SP-46	CALLE 17	DERECHA	W-E
2+010	SR-30	CALLE 17	DERECHA	W-E
2+050	SR-01	CRA 2A	DERECHA	N-S

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 4 y la carrera 2A. Fuente: Autores del proyecto.





Figura 57. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 4- cra 2A.  
Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 42**

*Localización de las señales verticales en el tramo comprendido entre la cra 2- cra 0.*

ABSCISA	CÓDIGO SEÑAL	CALLE/CARRERA	MARGEN	ORIENTACIÓN
2+180	SR-01	CRA 2	DERECHA	N-S
2+200	SR-01	CRA 2	DERECHA	S-N
2+220	SR-01	CRA 0	DERECHA	N-S

**Nota.** La tabla muestra la ubicación de cada señal vertical con su código único, utilizada en el tramo comprendido entre la carrera 4 y la carrera 2A. Fuente: Autores del proyecto.

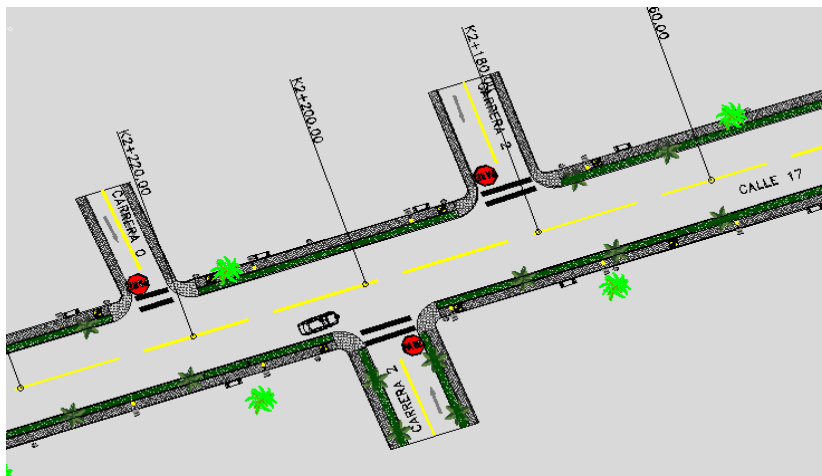


Figura 58. Diseño de señalización en el tramo comprendido entre cra 4- cra 2A.  
Fuente: Autores del proyecto.

### **5.5. Realizar los correspondientes diseños geométricos y de pavimento para el corredor vial.**

El presente diseño es basado en lo señalado en las metodologías DE LA AASHTO 93 Y LA PCA 84, y desarrollado con el apoyo de un programa para cada método.

#### **5.5.1. Diseño por medio de la metodología de la AASHTO 93.**

Es uno de métodos más utilizados a nivel internacional para el diseño de pavimentos de concreto hidráulico. El diseño del pavimento rígido mediante la AASHTO involucra diversos factores, todos estos necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar así que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio.

### **Variables de diseño.**

Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es importante conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

### **Variables de diseño de Pavimentos Rígidos:**

- **Espesor**
- **Servicialidad**
- **Tráfico**
- **Transferencia de Carga**
- **Propiedades del Concreto**
- **Resistencia de la Subrasante**
- **Drenaje**
- **Confiabilidad**
- **Espesor**

El espesor del pavimento de concreto es la variable que pretendemos determinar al realizar un diseño, el resultado del espesor se ve afectado por todas las demás variables que intervienen en los cálculos.

Es importante especificar lo que se diseña, ya que a partir de espesores regulares una pequeña variación en el espesor puede significar una variación importante en la vida útil. (Rígidis, 2015).

- **Servicialidad**

Servicialidad Inicial ( $P_o$ ): Es la condición que tiene un pavimento inmediatamente después de la construcción del mismo. Los valores recomendados por AASHTO para este parámetro son: (CHAPARRO, 2015)

- Para pavimento de Concreto = 4.5 ok

- Para pavimento de Asfalto = 4.2

Servicialidad final ( $P_t$ ): Se selecciona el índice de basándose en el más bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación, un refuerzo o una reconstrucción.

La AASHTO sugiere el valor de 2.5 o incluso superior para carreteras de mayor tránsito y de 2 para tráficos menos importantes. Se escoge el de 2.5 sugerido. (CHAPARRO, 2015).

- **Tráfico**

Es una de las variables más significativas del diseño de pavimentos. Se debe contar con la información más precisa posible del tráfico para el diseño, el número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final. El tráfico se debe de convertir a ESAL's por medio de la multiplicación de varios factores, tal como lo define la guía AASHTO en el apéndice D. (Rígidis, 2015).

Del tramo donde se presentó mayor volumen de tránsito el cual fue el día 9 de abril entre la Cra 0 – 10. En el diseño del pavimento es necesario la composición vehicular el cual se midió en términos de porcentajes sobre el volumen total. La tipología de los vehículos de carga empleada para este análisis, corresponde a la establecida por el Ministerio de Transporte, donde clasifica los vehículos pesados según el número de ejes, como se muestra a continuación:

- Autos (Vehículos livianos): son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas, camperos, etc.
- Buses: flota de buses, busetas o colectivos intermunicipales o de uso privado.
- Camiones C2P: camiones pequeños de dos ejes

- Camiones C2G: camiones grandes de dos ejes.
- Camiones C3-C4: camiones de tres y cuatro ejes.
- Camiones C5: camiones de cinco ejes.

Por lo anterior, se hace claro que el análisis de motocicletas y bicicletas no se realiza puesto que éstos no presentan un impacto sobre el diseño de pavimentos el cual se proyectó los siguientes datos.

**Tabla 43.**

*Conteo de vehículos para determinar factor daño*

TIPO DE VEHÍCULO	PORCENTAJE	NUMERO DE VEHÍCULOS DIARIOS
AUTOS	52.79%	728.00
BUSES	3.99%	55.00
C2P	15.37%	212.00
C2G	8.77%	121.00
C 3-4	12.98%	179.00
C5	6.09%	84.00
TOTAL	100%	1379.00

Fuente: Autores del proyecto.

**Cálculo de Factor de equivalencia por tipo de vehículo Proyectado.**

Según el tipo de vehículo la carga equivalente según el tipo de eje, basados en la carga por eje considerada según INVIAS adoptamos los valores para el peso por eje de cada vehículo.

CONFIGURACIÓN DE LA CARGA POR EJE EN TONELADAS (KN)					
Tipo de vehículo	Carga total toneladas (KN)	Eje simple direccional (SD)	Eje simple doble (SD)	Eje tándem (TAN)	Eje tridem (TRID)
Bus, B	10.0 (98.1)	4.0 (39.5)	6.0 (58.9)	-	-
Camión C2P	8.0 (78.5)	2.8 (27.5)	5.2 (51.0)	-	-
Camión C2G	14.0 (137.3)	4.9 (48.1)	9.1 (89.3)	-	-
Camión C3-C4	28.0 (274.7)	8.4 (82.4)	-	19.6 (192.3)	-
Camión C5	48.0 (470.9)	6.0 (58.9)	-	20.0 (196.2) / 22.0 (215.8)	-
Camión C6	52.0 (510.1)	7.8 (76.5)	-	18.2 (178.5)	26.0 (255.1)

Figura 59. Carga de equivalencia

Fuente: ASHTO 1993

Por medio del método de la 4 potencia calculamos el factor de equivalencia

$$Fe = \left[ \frac{Pi}{Pe} \right]^n$$

Donde

- Fe = Factor de equivalencia por eje
- Pi = Carga por eje considerada
- Pe = Carga por eje de referencia
- n = Coeficiente empírico (4)




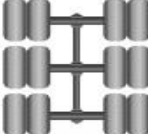
Tipo de eje	Detalle del eje	Expresiones para el cálculo del factor de equivalencia
Simple de Rueda Simple		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje (T)}}{6.6(T)} \right]^4$
Simple de Rueda Doble		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje (T)}}{8.2(T)} \right]^4$
Tándem		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje (T)}}{15.0(T)} \right]^4$
Trídem		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje (T)}}{23.0(T)} \right]^4$

Figura 60. Expresiones de factor de equivalencia

Fuente: (Londoño, 2004)

En la siguiente tabla se encuentra el cálculo para encontrar el factor de equivalencia

Para el cálculo de Factor de equivalencia según los tipos de vehículos Proyectados, de la sumatoria de los Factores equivalentes por tipo de vehículo se obtiene el valor del factor de daño FD (IDU, Instituto de Desarrollo Urbano, 2013)

**Tabla 44.**

*Cálculo de factores daño por vehículo según método AASHTO*

TIPO	CARGA (Ton)	FACTOR DAÑO				Calculo FD
		FE EJE DELANTERO	FE EJE TRASERO	FE EJE DELANTERO	FE EJE TRASERO	
		<b>BUS</b>	10	4	6	
<b>C2-P</b>	8	2.8	5.2	0.032393389	0.161717852	<b>0.19411124</b>
<b>C2-G</b>	14	4.9	9.1	0.303814556	1.516736576	<b>1.82055113</b>
<b>C3 - C4</b>	28	8.4	19.6	2.62386449	2.915138876	<b>5.53900337</b>
<b>C5</b>	48	6	22	0.683013455	4.627279012	<b>5.31029247</b>

Fuente: Autores del proyecto.

Para el cálculo de la proyección del tránsito se emplea la ecuación AASHTO y para la cual se tendrán en cuenta los datos que se muestran en la tabla.



**Tabla 45.***Datos de entrada*

<b>TRANSITO DIARIO</b>	1379
<b>FACTOR SENTIDO</b>	0.5
<b>TASA DE CRECIMIENTO %</b>	0.03
<b>FACTOR CARRIL</b>	0.8
<b>PERIODO DE DISEÑO (Años)</b>	20

**NOTA:** Esta proyección se realiza según la tasa de crecimiento del tránsito (r) que de acuerdo al Manual de diseño de pavimentos rígidos del INVIAS para estos tipos de volúmenes se manejan tasas del **3%** debido a que es una vía nueva y no cuenta con estudios de proyección, el porcentaje de vehículos comerciales, el factor de distribución sentido, el factor de distribución por carril y el periodo de diseño. Fuente: Autores del proyecto

Para la estimación del **tránsito equivalente proyectado**, contamos con un TPDS, como se indica en la tabla anterior, estos valores se obtienen mediante el aforo vehicular que se realizó para este proyecto a continuación, se observan los resultados aplicando la fórmula de tránsito en ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el periodo de diseño.

Para la estimación del tránsito se emplea la ecuación:

$$N = (Nd \times 365 \times Fd \times Fc) * \left( \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right)$$

Dónde:

N: Tránsito en ejes equivalentes de 8.2 toneladas

Nd: Tránsito equivalente acumulado.

Fd: Factor sentido.

Fca: Factor carril

r: Taza de crecimiento del tránsito.

n: periodo de diseño en años.

**Tabla 46.**

*Cálculo del tránsito equivalente diario y total*

VEHÍCULOS	%	NUMERO DE VEHÍCULOS DIARIOS	FACTOR DAÑO	TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO	NUMERO DE VEHÍCULOS ACUMULADOS
VEHÍCULOS	-	1379			
AUTOS	52.79%	728	0.00	0	
BUSES	3.99%	55	0.421564684	23.2	215769.1071
C2P	10.7%	212	0.194111241	41.2	831691.8312
C2G	6.1%	121	1.820551132	220.3	474692.0357
C3-C4	9.1%	179	5.539003366	991.5	702230.3669
C5	4.3%	84	5.310292468	446.1	329538.2727
<b>TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO</b>				<b>1722.170498</b>	<b>TOTALES</b>
<b>TRANSITO EQUIVALENTE TOTAL ACUMULADO</b>				<b>6756203.466</b>	<b>2553921.614</b>

Fuente: Autores del proyecto

<b>TRANSITO EQUIVALENTE TOTAL ACUMULADO EN EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TON</b>	<b>6756203.466</b>
---	--------------------

Fuente: Autores del proyecto

- **Transferencia de Carga**

Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura para transmitir las cargas que genera el tránsito a la cual está sometida de una placa a otra a través de sus juntas. Sus valores dependen del tipo de pavimento de

concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas. (AASHTO, 1993).

Se utiliza para considerar la capacidad del pavimento de concreto para transmitir las cargas a través de las discontinuidades.

**Tabla 47.**

*Tabla de coeficiente de transmisión de carga*

Berma :	De Asfalto		De Concreto	
	Si	No	Si	No
Dispositivos de transmisión de cargas :				
Pavimento No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	-	2.3 - 2.9	-

Fuente: AASHTO 1993

### **Valores del coeficiente de transmisión de cargas=2.7**

Se halla dependiendo de si la vía tiene berma, que en este caso serán de concreto; de si se utilizan o no dispositivos de carga que en este caso si se utilizan; y del tipo de pavimento que en este caso es reforzado con juntas y se toma un valor de  $J = 2.7$ . Pues la AASHTO recomienda el valor mayor si el módulo de reacción de la sub rasante es bajo.

- **Propiedades del Concreto.**

Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil:

- Resistencia a la tensión por flexión ( $S'c$ ) ó Módulo de Ruptura (MR)
- Módulo de Elasticidad del Concreto ( $E_c$ )

**Módulo de Ruptura (MR):** Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. Este parámetro permite controlar el agrietamiento por fatiga originado por las cargas repetitivas. Los valores del módulo de rotura varían entre 2.8 MPa (400 psi) y 4.8 MPa (700 psi), llegando incluso a valores de 8.2 MPa (1200 psi), en concretos con alta resistencia inicial. (AASHTO, 1993).

$$\text{Módulo de Ruptura (MR)} = 4\text{Mpa (580.151 PSI)}$$

**Módulo de Elasticidad del Concreto ( $E_c$ ):** Es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado, ya que este determina la rigidez y capacidad que tiene la losa de concreto de distribuir las cargas recibidas La predicción del mismo se puede efectuar a partir de la resistencia a compresión o flexotracción, a través de correlaciones

establecidas. (AASHTO93, s.f.). Para concreto de peso normal, el Instituto del Concreto Americano sugirió:

$$E_c = 57000(f'c)^{0.5} \implies E_c = 57000 * (3046)^{0.5} \implies 3145759 \text{ PSI}$$

Donde

$E_c$ = Modulo de Elasticidad del Concreto en PSI.

$F'c$ = Módulo Compresión del concreto en PSI.

- **Resistencia de la Subrasante**

Es el parámetro que determina las condiciones del suelo y las condiciones de soporte del mismo para colocar las capas adicionales de la estructura del pavimento. Adicionalmente de este parámetro depende que el espesor del pavimento sea menor o no. Generalmente este valor está determinado por ensayos de CBR realizados a la subrasante o pruebas de placa que determinan el valor de la presión que se debe ejercer para producir una deformación, sin embargo, este último resulta muy costoso por lo que al utilizar los valores de CBR se cuenta con correlaciones K-CBR. (AASHTO93, s.f.)

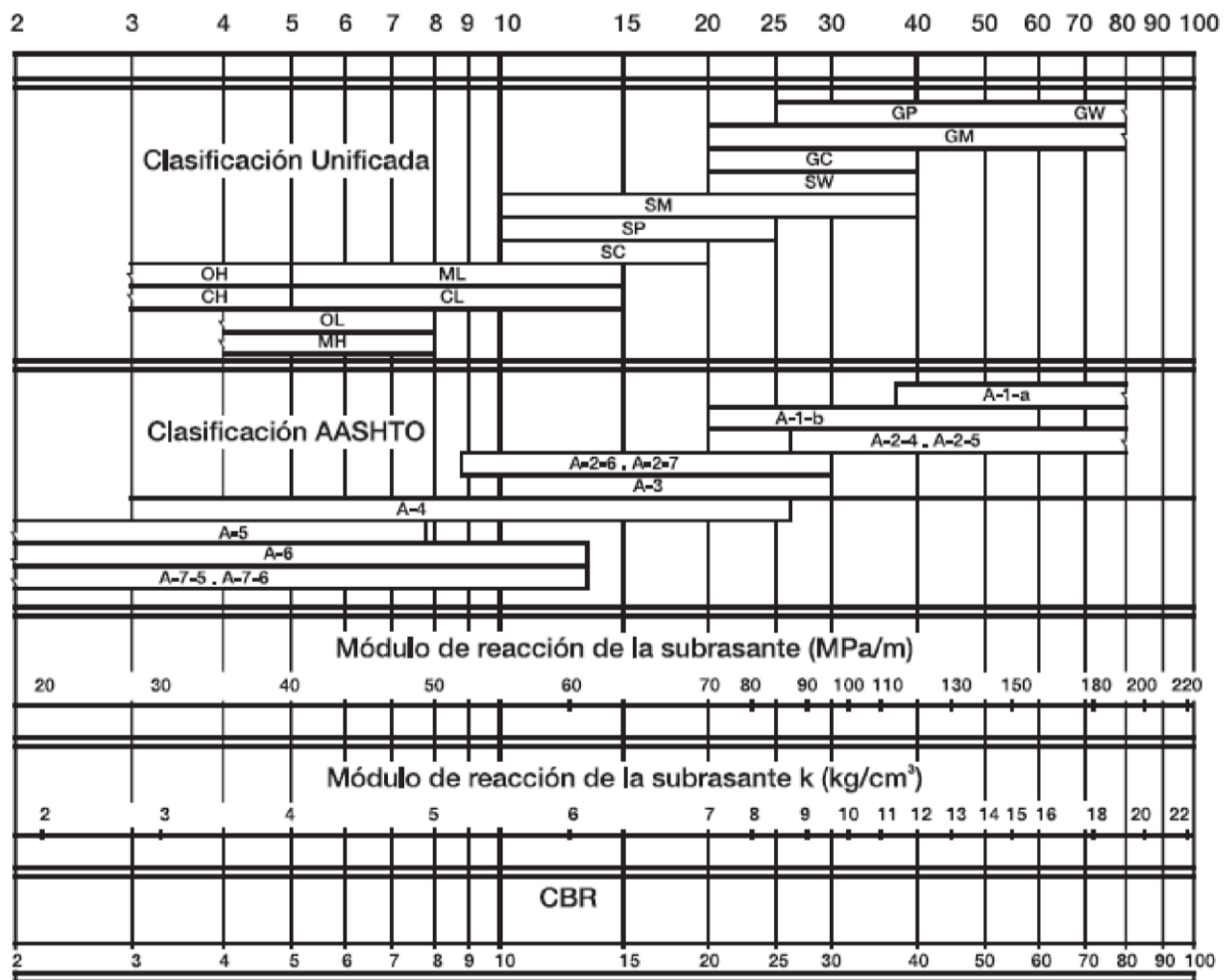


Figura 61. Determinación del K de soporte en función del CBR  
 Fuente: AASHTO 1993

Módulo de reacción de la subrasante K	Mpa/m	PCI
	<b>87</b>	<b>317.55</b>

- El coeficiente de drenaje

Depende de 2 factores: La calidad el drenaje y el porcentaje de tiempo a lo largo del año durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad aproximándose a la saturación. Lo cual se analiza con las siguientes tablas.

**Tabla 48.**

*Capacidad de drenaje*

<b>Calidad de drenaje</b>	<b>Tiempo que tarda el agua en ser evacuada</b>
Excelente	2 horas
<i>Bueno</i>	<i>1 día</i>
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no se evacua

Fuente: AASHTO 1993

La calidad de drenaje que viene determinada por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada del pavimento se tomara de 1 día para una calidad buena de drenaje estimada considerando la topografía de la zona.

**Tabla 49.***Coefficientes de drenaje (mi) recomendados*

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más de 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.1
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1
Mediano	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.9
Malo	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.8
Muy malo	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.7

Fuente: AASHTO 1993

### Valores de coeficiente de drenaje $C_d = 1,1\%$

Se toma un porcentaje de tiempo de exposición a niveles de humedad próximos a la saturación del 50%. Teniendo en cuenta que el periodo de lluvias de la región es de abril hasta noviembre excepto en junio y julio lo cual es aproximadamente 6 meses.

- **El concepto de confiabilidad R.**

Tiene como propósito de cuantificar la variación en las características propias de los materiales, variación en los procesos constructivos y de supervisión que algunas veces generan comportamientos distintos en pavimentos construidos de manera similar.



Este criterio puede considerarse un factor de seguridad, que permite incrementar el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, a través de modelos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas.

**Tabla 50.**

*Niveles de confiabilidad por tipo de vía*

<b>Tipo de carretera</b>	<b>Niveles de confiabilidad</b>	
	<b>Urbana</b>	<b>Interurbana</b>
Autopistas y carreteras importantes	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 1993

#### **Nivel de confiabilidad a adoptar según tipo de carretera, se toma el 60%**

El rango típico sugerido por AASHTO para la desviación estándar ( $s_o$ ) está comprendido entre  $0.30 < s_o < 0.40$ . Para construcciones de pavimentos de concreto nuevos se puede asumir  $s_o = 0.35$ , si las proyecciones de tránsito futuras son precisas; y  $s_o = 0.40$  si la precisión es baja.

#### **Desviación estándar $S_o = 0.35$**

Definidos los parámetros y sus respectivos valores numéricos, se realizará el diseño de la estructura de pavimento rígido por el método AASHTO-93 a través de la herramienta

computacional AASHTO-93 con el fin de obtener el espesor de la losa de concreto dependiendo de las diferentes variables las cuales influyen directamente en el diseño.

**Tabla 51.**

*Datos de entrada para el modelo AASTHO*

TRANSITO EQUIVALENTE TOTAL ACUMULADO	6756203.466
ANCHO DE LOSA mts	3
LONGITUD DE LOSA	3,6
RELACIÓN LARGO/ANCHO	1.2
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	20
CONFIABILIDAD	60
DESVIACIÓN ESTÁNDAR $S_o$	0.35
INDO. SERVICIO INICIAL PSI inicial	4.5
INDO. SERVICIO FINAL Psi final	2.5
MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE K (PCI)	317.55
CAPA DE SUBBASE GRANULAR DE (CMS)	20
MODULO DE ROTURA CONCRETO PSI	580.15
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (PSI)	3145759
COEFICIENTE DE DRENAJE $C_d$	1.1
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CARGAS J	2.7

Fuente: Autores del proyecto

Una vez definidos los valores solicitados por el programa procedemos a introducir los parámetros en las respectivas unidades que exige el programa y obtendremos el espesor del pavimento rígido en pulgadas.

Figura 62. Espesor de la losa de concreto con el software  
Fuente: AASHTO 1993

Se obtiene como resultado que el espesor de la losa de concreto es de 2.4 pulgadas o 6.10 cms, debido al bajo espesor que se obtiene por medio de este método se adopta un espesor de losa mínimo de 15 cms para vías locales.

### 5.5.2. Diseño por medio de la metodología de la PCA 84.

El método de diseño de la PCA considera dos criterios de falla: el criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas y el criterio del esfuerzo de fatiga para evaluar el procedimiento de diseño, la fatiga del pavimento de concreto.

El criterio de erosión reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo, erosión del terreno de soporte y diferencias de elevaciones en las juntas. El criterio del esfuerzo de fatiga reconoce que el pavimento pueda fallar, presentando agrietamiento derivado de excesivas repeticiones de carga (SABOGAL).

### **Metodología de diseño.**

Se encuentran las variables necesarias para determinar el espesor del pavimento óptimo y confiable, por medio del software PCAcalcula. Las cuales son las siguientes:

- **Período de diseño**

Para pavimentos rígidos el periodo de diseño que se usa comúnmente es de **20 años** que puede variar primordialmente por justificaciones económicas.

- **Módulo de rotura del concreto**

La resistencia a la flexión del concreto a los 28 días que se utilizará será de **4 MPa**.

- **Módulo de reacción de la subrasante**

Este se calcula mediante correlación con el CBR (será de **26.47%** de acuerdo a las recomendaciones del estudio de suelos realizadas por INSS).

- **Subbase**

La subbase granular a manejar será sin tratar. Se conformará y compactará de manera de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la sub base granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (**150 mm**). (ARTÍCULO320–13, s.f.)

- **Tránsito de diseño**

De acuerdo a los parámetros anteriores se realizó el proceso de cálculo descrito a continuación para obtener el tránsito discriminado por carga de eje de las configuraciones de cada vehículo. Número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño.

**Tabla 52.***TPDs y composición vehicular típica INVIAS*

	<b>Autos</b>	<b>Buses</b>	<b>C-2P</b>	<b>C-2G</b>	<b>C3 - C4</b>	<b>C5</b>	<b>Total</b>
<b>TPDs</b>	728	55	212	121	179	84	1379
<b>Composición</b>	52.79%	3.99%	15.37%	8.77%	12.98%	6.09%	100%

	<b>Autos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
<b>Composición vehicular</b>	52.79%	3.99%	43.22%

<b>Composición de Camiones</b>	
<b>C-2P</b>	35.6%
<b>C-2G</b>	20.3%
<b>C3 - C4</b>	30.0%
<b>C5</b>	11.8%

Fuente: Autores del proyecto

Este se determina teniendo en cuenta la composición de los vehículos comerciales, la distribución direccional de los vehículos:  $F_d=0.5$ , asumiendo que los camiones y buses se distribuyen equitativamente en el carril de diseño y el factor de distribución por carril:  $F_{ca}=0.8$ , considerando que hay un carril por sentido (ver Tabla 67).

**Tabla 53.***Número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño*

Tipo de vehículos	TPDo	Porcentaje vehículos	Numero de ejes comerciales por día por carril
Bus		3.99%	22
C-2P		15.37%	85
C-2G	1379	8.77%	48
C3 - C4		12.98%	72
C5		6.09%	34
		Total	260

Fuente: Autores del proyecto

- ✓ **Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el período de diseño**

Esta proyección se realiza según la tasa de crecimiento del tránsito (r) que de acuerdo al Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS para estos tipos de volúmenes se manejan tasas del **3%**, el porcentaje de vehículos comerciales, el factor de distribución direccional, el factor de distribución por carril y el periodo de diseño; mediante la siguiente ecuación.

$$NVC = 365 * TPDo * \%Vc * Fd * Fca * Fp = 229342 \text{ Vehículos comerciales/carril de diseño/período de diseño}$$

Donde:

NVC: Número de vehículos comerciales el carril de diseño durante el periodo de diseño.

TPDo: Tránsito promedio diario (1379 veh).

%Vc: Porcentaje de vehículos comerciales (47.21%).

Fd: Factor de distribución por sentido (0.5).

Fca: Factor de distribución por carril (0.8).

Fp: Factor de proyección (27.27). Obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$Fp = \frac{(1 + r)^n - 1}{\ln(1 + r)}$$

Donde:

n: Periodo de diseño (20 años).

r: Tasa de crecimiento anual del tránsito (3%).

$$NVC = 365 \times TPDo \times \%Vc \times Fd \times Fca \times Fp$$

NVC	2592041.71
-----	------------

- ✓ **Distribución de los vehículos comerciales por día/carril de diseño y por cada 1000 vehículos comerciales.**

Se determina la cantidad de cada tipo de vehículo para una muestra de 1000 vehículos comerciales como se observa en la Tabla 68.



**Tabla 54.**

*Distribución de los vehículos comerciales por día y carril de diseño, por cada 1,000 vehículos comerciales*

Tipo de vehículos	Numero de ejes comerciales por día por carril	Numero de ejes comerciales por día por carril p/c 1000vc
Bus	22	85
C-2P	85	327
C-2G	48	185
C3 - C4	72	277
C5	34	131
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>1005</b>

Fuente: Autores del proyecto

- ✓ **Distribución del número de ejes por cada 1,000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje**

Se determina el número de ejes esperados en el carril de diseño en el periodo de diseño y se distribuyen los ejes por cada 1000 vehículos comerciales como lo muestra la tabla 69.

CONFIGURACIÓN DE LA CARGA POR EJE EN TONELADAS (KN)					
Tipo de vehiculo	Carga total toneladas (KN)	Eje simple direccional (SD)	Eje simple doble (SD)	Eje tandem (TAN)	Eje tridem (TRID)
Bus, B	10.0 (98.1)	4.0 (39.5)	6.0 (58.9)	-	-
Camión C2P	8.0 (78.5)	2.8 (27.5)	5.2 (51.0)	-	-
Camión C2G	14.0 (137.3)	4.9 (48.1)	9.1 (89.3)	-	-
Camión C3-C4	28.0 (274.7)	8.4 (82.4)	-	19.6 (192.3)	-
Camión C5	48.0 (470.9)	6.0 (58.9)	-	20.0 (196.2) / 22.0 (215.8)	-
Camión C6	52.0 (510.1)	7.8 (76.5)	-	18.2 (178.5)	26.0 (255.1)

Figura 63. Carga de equivalencia  
Fuente: AASHTO 1993

**Tabla 55.**

*Número esperado de ejes en el carril de diseño para el período de diseño*

Cargas		Ejes p/c 1000 vc	Numero de ejes en carril de diseño/período de diseño
Ton	KN		
<b>Ejes simples</b>			
9.1	89.3	185	479528
8.4	82.4	277	717996
6	58.9	85	220324
5.2	51	327	847598
4.9	48.1	185	479528
4	39.5	85	220324
2.8	27.5	327	847598
6	58.9	131	339557
<b>Ejes tándem</b>			
19.6	192.3	277	717996
22	215.8	131	339557

Fuente: Autores del proyecto

Se emplean las aviables en el software PCA para determinar el espesor de la losa teniendo en cuenta los porcentaje de erosión y fatiga las cuales debes cumplir con lo requerido para tener un espesor óptimo y confiable, exigido por la norma INIVIAS.

The screenshot shows the PCACALCULO software interface with the following data:

**Datos generales:**  
 Proyecto: LA CALLE 17 ENTRE CARRERAS 0 Y 21 .....  
 Descripción: DISEÑO DE PAVIMENTO  
 Período de diseño: 20 años  
 Espesor de la losa: 190 mm  
 Módulo de rotura: 4 MPa  
 Dovelas:  Sí  No  
 Bermas:  Sí  No

**Módulo de reacción de la subrasante (K):**  
 Ingreso directo  
 Correlación con CBR  
 K = [ ] MPa/m  
 CBR = 26.47

**Tránsito:**  
 Factor de seguridad: 1.0  
 Tipo de Ejes: Ejes Simples  
**Ejes Simples kN**

Carga	Repeticiones
89	479528
82	717996
59	220324
51	847598
48	479528
40	220324
28	847598
59	339557
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

**Barras de anclaje:**  
 Diámetro de barra: 5/8" in  
 Acero (fy): 420 MPa  
 Ancho de carril: 3.05 m

**Análisis:**  
**Calcular**  
 Espesor de losa: 190 mm  
 Módulo de rotura: 4 MPa  
 K del conjunto: 96 MPa/m  
 Período de diseño: 20 años  
**Porcentaje de fatiga: 1.92**  
**Porcentaje de erosión: 65.81**  
**Recomendación para barras de anclaje:**  
 Longitud: 100 cm  
 Separación entre barras: 120 cm  
**Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):**  
 Longitud: 35 cm  
 Separación entre barras: 30 cm  
 Diámetro de barras: 2.54 cm  
 Análisis de sensibilidad  
 Guardar Abrir  
 TXT Salir

Sistema de unidades:  SI  Inglés

Figura 64. Espesor de la losa de concreto con el software  
 Fuente: PCACALCULO

### Porcentaje de fatiga y porcentaje de erosión:

Si los porcentajes son menores del 100%, el espesor supuesto de losa es el adecuado. Si alguna de las cantidades es mayor del 100% se debe aumentar el espesor de la losa y volver a realizar los cálculos. (SANDOVAL, 2015):

En el caso de que los porcentajes de fatiga y erosión sean muy bajos se puede disminuir el espesor de la losa y volver a realizar los cálculos. Para la propuesta se obtiene:

- Sumatoria del porcentaje de fatiga =  $1.92\% < 100\%$  Ok
- Sumatoria del porcentaje de daño =  $65.81\% < 100\%$  Ok

Entonces, un espesor de la losa de 19 mm, pero por construcción se considera de 200 mm es el adecuado para los rangos considerados de tránsito y de resistencia de la capa de apoyo, ya que cumple con los criterios de fatiga y de daño (erosión).

### **Análisis de las alternativas.**

Mediante la metodología AASTHO obtenemos un diseño de estructura conformada por una capa de subbase granular de 20 centímetros y un espesor de losa de 15 centímetros (asumidos) y un módulo de rotura de concreto de 4.0 MPa.

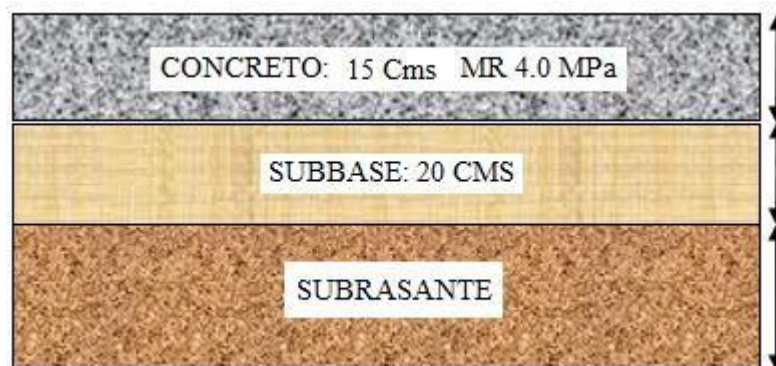


Figura 65. Estructura pavimento con un espesor de 15 cm y MR 4.0  
Fuente: Autores del proyecto

La metodología PCA obtenemos un diseño de estructura conformada por una capa de subbase granular de 15 centímetros y un espesor de losa de 20 centímetros con módulo de rotura de 4.0 Mpa. El cual cumple con los consumos por erosión y esfuerzo, los resultados obtenidos por medio de este método arrojan una estructura dos posibles diseños de estructura:



Figura 66. Estructura pavimento con un espesor de 20 cm y MR 4.0  
Fuente: Autores del proyecto

Realizando una comparación y siguiendo la normatividad del IDU la cual nos indica que para vías locales no podemos emplear un pavimento rígido que tenga un módulo de rotura del

concreto menor a 4.0 MPa, se obtiene que el diseño óptimo para este tramo de vía el calculado por método PCA y que cuenta con una estructura de 15 centímetros de espesor de capa de subbase granular, espesor de losa de 19 el cual se aproxima a 20 centímetros y un concreto con módulo de rotura de 4.0 Mpa.

### **5.5.3. Dimensiones de la losa de concreto.**

El criterio para definir la longitud de losas rectangulares utilizado es mediante la relación de esbeltez con la siguiente expresión (SANDOVAL, 2015):

$$RE = \frac{Largo}{Ancho} \text{ Donde } RE \text{ debe ser } < a \text{ } 1.25$$

La longitud de losa que cumple con este criterio es 3.8m. Por lo que las dimensiones de la losa son las siguientes:

Espesor: 0.20 metros.

Largo: 3.8 metros.

Ancho: 3.05 metros.

## Sistemas de transferencia de carga

### 5.5.4. Pasadores de carga

Para una losa de 0.20 m de espesor, según las recomendaciones presentadas en 70, se seleccionan las siguientes características para los pasadores:

**Tabla 56.**

*Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.*

ESPESOR DE LA LOSA, (mm)	DIÁMETRO DEL PASADOR		LONGITUD TOTAL, (mm)	SEPARACIÓN ENTRE CENTROS, (mm)
	mm	pulgadas		
0 - 100	13	½	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	¾	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 ¼	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 ½	500	300

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – ICPC. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 2008. p. 96.

Diámetro del pasador,  $\phi = 25$  mm (1”).

Longitud del pasador = 0.35 m.

Separación entre centros = 0.30 m.

### 5.5.5. Barras de anclaje

Para una losa de 0.20 m de espesor, según las recomendaciones presentadas en la 71, se seleccionan las siguientes características para las barras de anclaje:

**Tabla 57.**

*Recomendación para las barras de anclaje.*

ESPESOR DE LA LOSA, cm	BARRAS DE $\phi$ 9.5 mm (3/8")			BARRAS DE $\phi$ 12.7 mm (1/2")			BARRAS DE $\phi$ 15.9 mm (5/8")					
	Longitud, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m		
		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m
Acero de $f_y = 187.5$ MPa (40,000 lb/pulg <sup>2</sup> )												
15.0	450	0.80	0.75	0.65	600	1.20	1.20	1.20	700	1.20	1.20	1.20
17.5		0.70	0.60	0.55		1.20	1.10	1.00		1.20	1.20	1.20
20.0		0.60	0.55	0.50		1.05	1.00	0.90		1.20	1.20	1.20
22.5		0.55	0.50	0.45		0.95	0.85	0.80		1.20	1.20	1.20
25.0		0.45	0.45	0.40		0.85	0.80	0.70		1.20	1.20	1.10
Acero de $f_y = 280$ MPa (60,000 lb/pulg <sup>2</sup> )												
15.0	650	1.20	1.10	1.00	850	1.20	1.20	1.20	1000	1.20	1.20	1.20
17.5		1.05	0.95	0.85		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
20.0		0.90	0.80	0.75		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
22.5		0.80	0.75	0.65		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
25.0		0.70	0.65	0.60		1.20	1.15	1.10		1.20	1.20	1.20

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – ICPC. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 2008. p. 95.

Diámetro de la barra,  $\phi = 12.7$  mm (1/2").

Ancho del carril = 3.05 m.

Acero de  $f_y = 280$  MPa (60,000 lb/pulg<sup>2</sup>).

Longitud de la barra = 0.85 m.

Separación entre centros = 1.20 m.



## Modelo estructural de la losa de concreto y detalles constructivos

A continuación, se muestra el modelo estructural de la losa diseñada por el método de la PCA y los detalles constructivos.

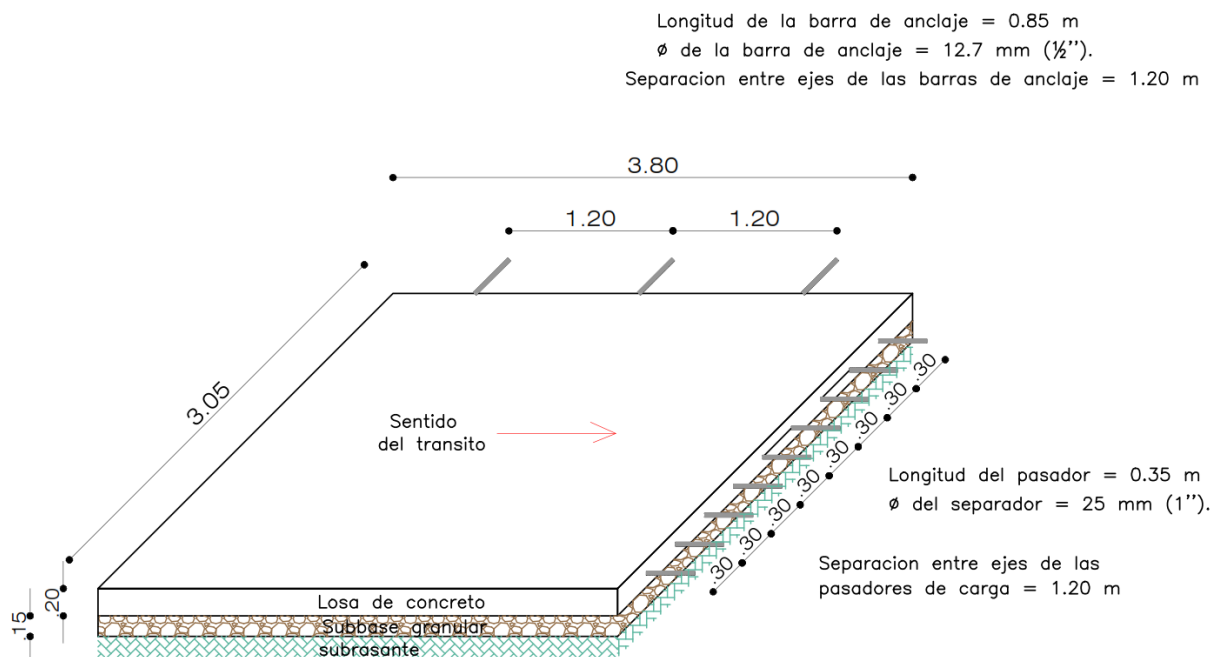


Figura 67. Modelo estructural de la losa de concreto diseñada por el método de la PCA  
 Fuente: Autores del proyecto

### 5.5.6. Clases de juntas.

#### Juntas longitudinales

Son las que separan los carriles adyacentes. Su objetivo principal es controlar las fisuras que se presentan en los pavimentos con anchos superiores a los 5.0 m. Pueden ser con o sin barras de anclaje o machiembradas. Se cortan si el vaciado es a todo el ancho de la calzada, y se usan barras de anclaje para mantener unidas las losas (SANDOVAL, 2015).

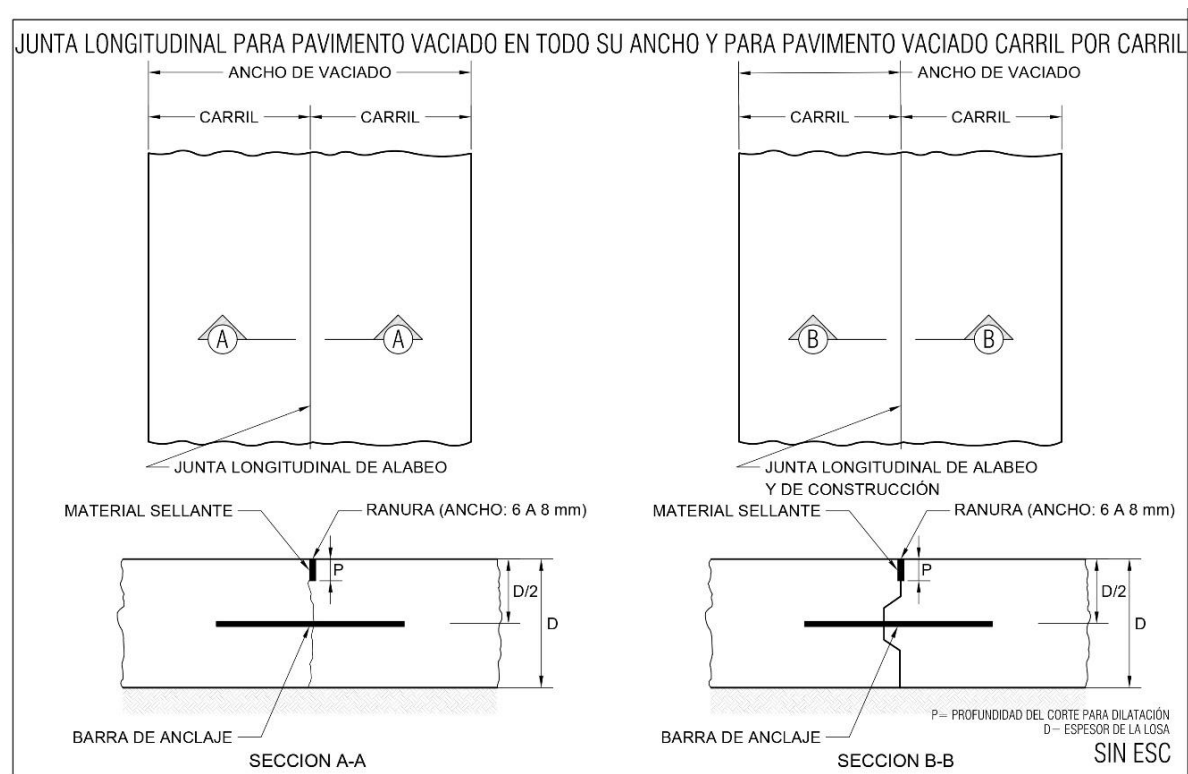


Figura 68. Junta longitudinal para pavimento vaciado en todo su ancho y vaciado carril por carril  
Fuente: CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015.

### Juntas de expansión:

Se recomiendan solamente contra construcciones fijas y en intersecciones asimétricas. En la transferencia de carga se usan varillas lisas lubricadas en una de sus mitades (SANDOVAL, 2015)

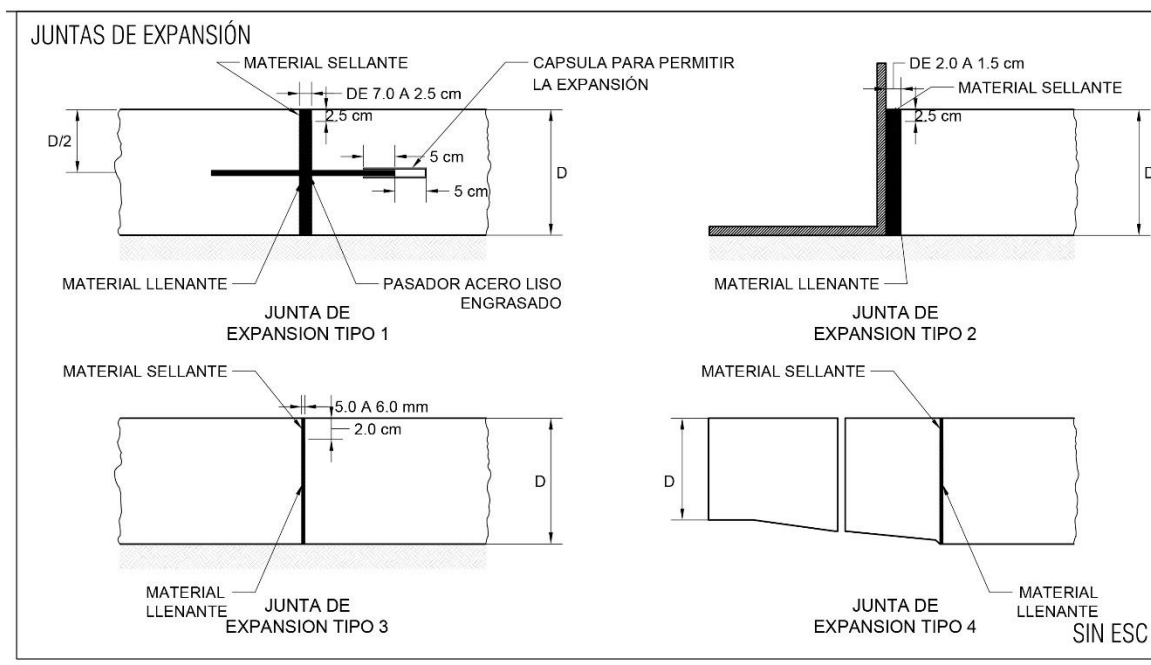


Figura 69. Juntas de expansión

Fuente: CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015.

### Juntas de construcción:

Se proyectan para que coincidan con las de contracción. La transferencia de carga se hace con pasadores de acero liso (SANDOVAL, 2015).

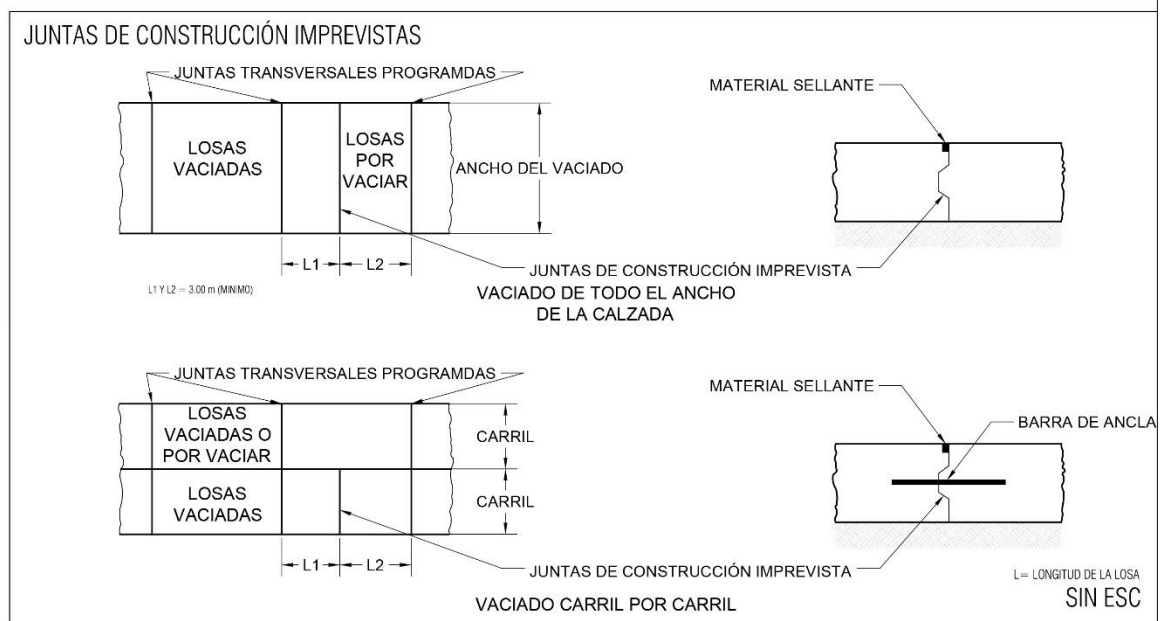


Figura 70. Juntas de construcción imprevista

Fuente: CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015.



Figura 71. Clases de juntas en pavimentos de concreto

Fuente: CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015.

### Construcción de juntas

Los pasadores de carga deben ser lisos y engrasados en la mitad de su longitud, para que no se restrinja el movimiento de las placas adyacentes. En cuanto a su posición, será en la mitad

del espesor de las losas, garantizando el paralelismo entre el eje longitudinal de la vía y el plano de base y de las barras, que a su vez serán paralelas entre sí. Para lograr esto se deben usar armazones o canastillas metálicas, bien afianzadas a la base, e inmediatamente antes del vaciado se colocará concreto encima para evitar su desplazamiento (SANDOVAL, 2015).

En el diseño se especifica: Diámetro del pasador, resistencia a la tracción, longitud y distanciamiento entre ellos.

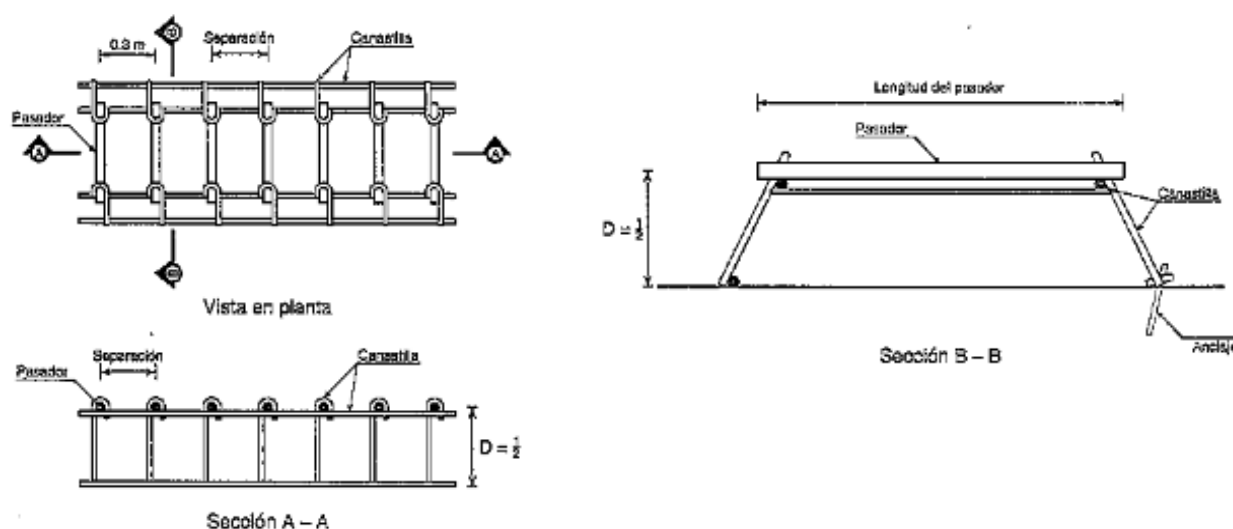


Figura 72. Colocación de los pasadores de carga  
Fuente: CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015.

### Corte y sello de juntas

Tanto en las juntas longitudinales como en las transversales realizadas sobre carriles contiguos, es indispensable que las juntas estén bien alineadas en la prolongación de unas con las otras, incluso si se trata de un pavimento nuevo en contacto con uno antiguo.

Realizar un corte equivalente a  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa con máquina de disco diamantado. El momento del corte lo dan las características del concreto y las condiciones atmosféricas. (SANDOVAL, 2015)

Se realiza un corte inicial con un ancho de 3 mm para inducir la falla controlada. Posteriormente, se realiza un ensanchamiento del corte para alojar el material de sello.

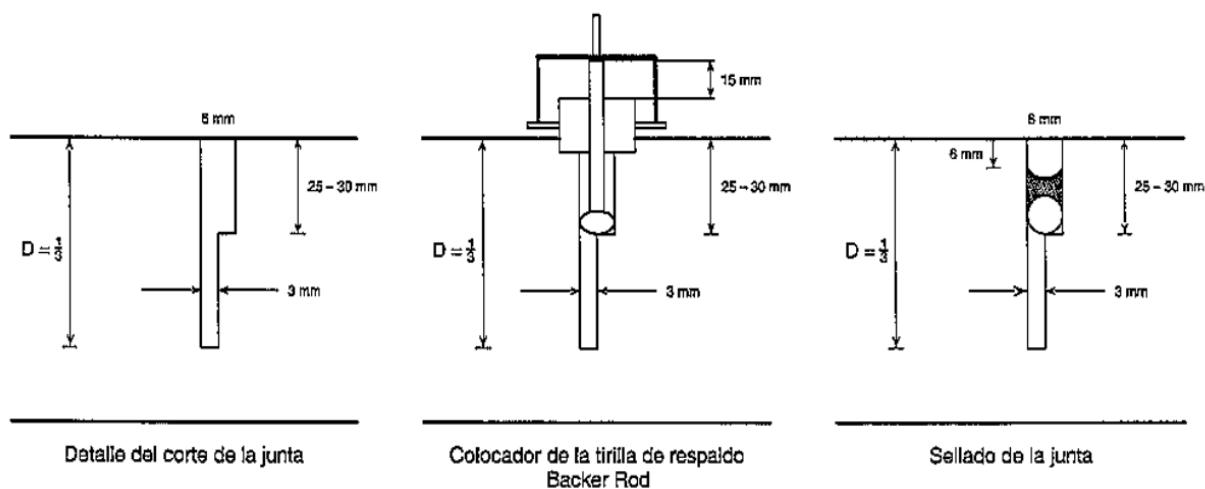


Figura 73. Detalle del corte de la junta

Fuente: CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015.

### 5.5.7. Diseño de andenes.

Andén: Franja longitudinal de la vía urbana destinada exclusivamente a la circulación de peatones, ubicada a los costados de esta.

Para permitir la continuidad entre los andenes y/o senderos peatonales se dispondrán los elementos necesarios que superen los cambios de nivel en los cruces de calzadas, ciclorrutas y otros. En estos casos se utilizarán vados, rampas, senderos escalonados, puentes y túneles (Nacional1077, 2015).

### **Criterio de diseño.**

- **Dimensionamiento**

De acuerdo al DECRETO 798 DE 2010 (MARZO 11) Por medio del cual se reglamenta parcialmente la Ley 1083 de 2006 emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el CAPITULO TERCERO Condiciones mínimas de los perfiles viales al interior del perímetro urbano y en específico en el Artículo 8. Estándares para los andenes. El cual dice que podrán adoptar los siguientes estándares para la planificación, diseño, construcción y/o adaptación de los andenes de las vías del perímetro urbano de los municipios o distritos: a. El andén se compone de la franja de circulación peatonal y de la franja de amoblamiento. b. La dimensión mínima de la franja de circulación peatonal de los andenes será de 1.20 metros. c. La dimensión mínima de la franja de amoblamiento cuando se contemple arborización será de 1.20



metros y sin arborización 0.70 metros. (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL , 2010).

- **Pendiente transversal**

En una sección típica, los andenes deben tener una pendiente transversal de máximo el dos por ciento (2%) hacia la calzada vehicular. En caso de que la cota de acceso a un predio sea inferior a la cota de la calzada, se debe mantener la altura del andén, resolver la pendiente hacia el predio y colocar un sistema de drenaje longitudinal (como el sistema de cañuelas prefabricadas y cárcamos) entre el andén y la línea de demarcación del predio, de manera que se recoja la escorrentía proveniente del andén y sea conducida al sistema de alcantarillado. (CARTILLA DE ANDENES BOGOTÁ D.C., s.f.)

- **Altura del andén**

En el diseño, la altura máxima del andén debe ser definida de acuerdo con el tipo de vía y del tráfico vehicular, como se detalla en esta tabla y de acuerdo con la norma técnica NTC 4 109 “Ingeniería civil y arquitectura. Bordillos, cunetas y topellantas en concreto”. (CARTILLA DE ANDENES BOGOTÁ D.C., s.f.)

TIPO DE VIA	ALTURA ANDEN (mm)
Vías de servicios, Barrios residenciales, calles sin rutas de transporte público ni presencia de camiones. POCOS PEATONES	150
Vías arterias y Avenidas. Centros de ciudad, Calles con rutas de transporte público, circulación de velocidad alta. MUCHOS PEATONES	200
Terminales de Transporte y patios de carga en industrias y comercio, con poco volumen de tráfico	250
Terminales de Transporte y patios de carga en puertos, industrias y comercio, con gran volumen de tráfico	300

Figura 74. Clasificación de altura de andenes

Fuente: Cartilla de andenes

Para el proyecto se tomó como tipo de vía: arterias y avenidas, muchos peatones. Debido que mediante las observaciones en campo se notó gran cantidad de peatones transitando por la vía ya que no cuenta con andenes. El cual tendrá en cuenta un andén de 0.2 metro de alto.

- **Estructuras típicas**

A continuación, se ilustra la estructura típica de una superficie de pavimento articulado en losetas adoquines. La estructura de soporte está definida por el tipo de suelo y los criterios de diseño, de acuerdo con la clasificación establecida en las fichas de estudios y diseños. Ya que el suelo presenta un CBR de 26.5% además es de procedencia de arena limosa con grava SM, de acuerdo con la clasificación de la Aashto se considera un suelo bueno, gracias a esto el proceso a seguir es rectificar y compactar hasta obtener la densidad específica por el diseño.

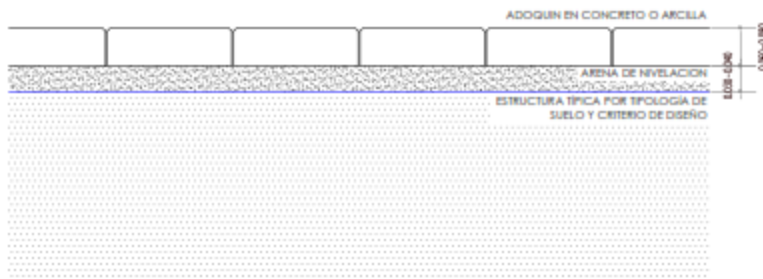


Figura 75. Andén establecido por la cartilla de andenes para estructuras típicas  
Fuente: Cartilla de andenes

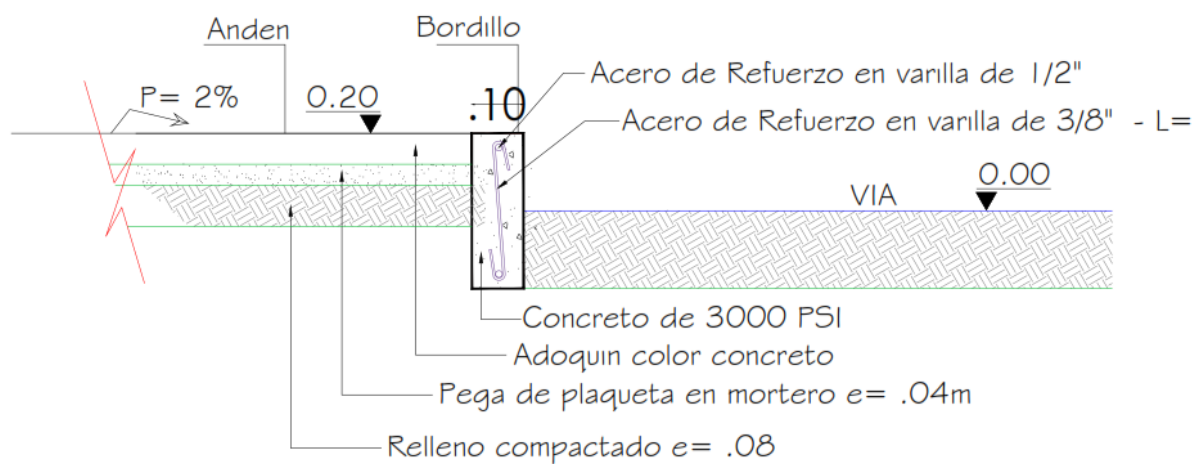


Figura 76. Andén propuesto  
Fuente: Autores del proyecto.

### 5.5.8. Estudio de diseño geométrico.

Una vez definido las condiciones existentes en planta y perfil del proyecto, se realizó del diseño geométrico propiamente dicho, cumpliendo con las normas adoptadas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS 2008.

El Diseño Geométrico en planta buscó conservar en lo posible la continuidad y configuración actual de los alineamientos de las vías objeto de este estudio, propendiendo el mayor aprovechamiento del corredor existente, respetando las especificaciones mínimas de diseño y donde esto no se pudo cumplir, en razón a que se requerían modificaciones o rectificaciones de importancia, se procedió a replantear la geometría. Definiendo una señalización preventiva que indique las condiciones máximas de circulación vehicular (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2008).

Dada la condición geométrica del proyecto, el diseño de la rasante se definió de acuerdo con la estructura del pavimento establecida por el área de geotecnia y pavimentos.

La transición del alineamiento vertical se hizo mediante curvas verticales, las cuales se diseñaron siguiendo los lineamientos del Manual de Diseño geométrico de Carreteras 2008, como elemento principal cumpliendo con el parámetro K.

Para los diseños geométricos de manera especial se contó con la información primaria proveniente del levantamiento topográfico realizado, base para la elaboración del diseño geométrico. El diseño se dejó plasmados en planos planta - perfil, de secciones transversales y de detalles para un adecuado proceso constructivo de las obras.

Como resultado final de los estudios y diseños geométricos se entregan, planos planta - perfil, secciones transversales, y de detalles necesarios para el proceso constructivo, así como los volúmenes de corte y terraplén que generan los diseños definitivos.

### **Especificaciones de diseño.**

- **Tipo de terreno.**

La zona del proyecto se desarrolla en un relieve con pequeñas inclinaciones, con algunos tramos con sitios que presentan pendientes suaves.

### **Clasificación de las vías según su funcionalidad.**

Teniendo en cuenta su funcionalidad, es decir, necesidad operacional, esta vía se encuentra dentro del nivel de vía urbanística, ya que esta vía conecta a los diferentes barrios del municipio y la vía puerto mosquito.

### **Clasificación de la vía según su tipo de terreno.**

Esta clasificación está determinada por la topografía predominante de la zona. Para este caso, el tipo de terreno es plano, con exigencias mínimas de movimiento de tierras durante su construcción.

- **Velocidad de Diseño**

Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño (VTR) se debe atender a los siguientes criterios:

1) La longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño dada debe ser de tres (3) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento diez kilómetros por hora (60 y 110 km/h).

2) La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes no puede ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2008).).

El parámetro velocidad de diseño, se tomó con base en el análisis de los radios de curvatura existentes en la vía, llegándose a la conclusión que cumple con los criterios de velocidad, el cual se tomó de 40 KPH brindando seguridad, operación y comodidad para las vías.

- **Distancia de visibilidad de parada (Dp)**

Se considera como distancia de visibilidad de parada como la distancia necesaria para que el conductor del vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño, pueda detenerse antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria.

**Tabla 58.**

*Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel*

<b>VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve</b>	<b>DISTANCIA PERCEPCIÓN- REACCIÓN</b>	<b>DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL</b>	<b>DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA</b>	
			<b>CALCULADA</b>	<b>REDONDEADA</b>
<b>(km/h)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>
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 GEOMETRICO DE CARRETERAS

El manual de diseño del INVIAS en la tabla recomienda para una velocidad de 40 Km/h una distancia mínima de parada redondeada de 50 m para tramos con pendientes entre -3% y +3%.

- **Peralte máximo y radio mínimo.**

El peralte es la inclinación transversal en relación con la horizontal que se da con la calzada hacia el interior de la curva para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por el alineamiento de la curva. El radio mínimo de la curva es el valor límite de este para determinada velocidad de diseño calculada según el máximo coeficiente de fricción y el mayor peralte. (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2008)

Para la determinación del peralte máximo y radio mínimo se adoptan las recomendaciones del manual del INVIAS tabla para una velocidad de 40km/h un peralte recomendado de 3% sin exceder el valor de 6% de máximo peralte.



**Tabla 59.**

*Radios (R C) según Velocidad Específica (VCH) y Peraltes (e) para  $e_{máx} = 6\%$ .*

e (%)	V <sub>CH</sub> = 20 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 30 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 40 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 50 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 60 km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	156
6.0	15	21	43	79	123

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS

- **Curvas verticales**

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2008).

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las mismas:

- Comodidad: curvas cóncavas. Combina fuerza centrífuga con el peso del vehículo.
- Operación: visibilidad completa para evitar la impresión de un cambio súbito de pendiente.

- Drenaje: Advierte sobre la necesidad de modificar las pendientes de los desagües. Curvas cóncavas y convexas.
- Seguridad: longitud de la curva debe ser tal que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2008).

**Tabla 60.**

*Valores de  $K_{\min}$  para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales*

VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_{cv}$ (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE $K_{\min}$				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 <sup>(1)</sup>
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 <sup>(1)</sup>
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS

Según el Manual de diseño geométrico de carreteras en la siguiente tabla, para una velocidad de 40 km/h, la relación K la distancia horizontal necesaria para tener un cambio de pendiente de 2% al 3% es de:

- Curvas Convexas:  $K=4$
- Curvas Cóncavas:  $K=9$

Anexo se encuentran los cálculos de las cotas de la rasante.

- **Pendiente transversal en entre tangencias horizontales**

Las entre tangencias tienen como propósito evacuar las aguas superficiales con una inclinación transversal llamada bombeo. (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2008)

En la tabla del Manual de diseño geométrico de carreteras recomienda un bombeo del 2% para una superficie de concreto hidráulico o asfáltico.

**Tabla 61.**

*Bombeo de la calzada*

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS

Para el presente proyecto se trabajará con un bombeo normal del 2% hacia los dos lados de la vía para todos los tramos a intervenir, con el fin de darle un buen manejo a las aguas lluvias según el estudio hidrológico.

### **5.5.9. Diseño en planta.**

El diseño en planta de la vía se realizó teniendo en cuenta la información del tránsito vehicular del sector en estudio. En este diseño se buscó en lo fundamental aprovechar la banca de la carretera existente, el diseño de manera general se realizó para una velocidad de 40 KPH.

El diseño en planta se realizó mediante el procedimiento de localización directa, de tal manera que una vez que se iba localizando el eje del proyecto se diseñaban y deflectaban las curvas y se abscisaba el eje del proyecto.

### **5.5.10. Diseño en perfil.**

El diseño en perfil de la vía se realizó teniendo en cuenta la información del tránsito vehicular del sector en estudio y las condiciones particulares del terreno. En este diseño se buscó fundamentalmente aprovechar el alineamiento existente, elevando la rasante según lo propuesto por el diseño de pavimentos.

El diseño vertical se realizó para una velocidad de 40 KPH estableciéndose que en lo fundamental el alineamiento vertical es muy plano, donde la pendiente mínima es de 0.60% cumpliendo la norma, la cual establece que debe ser mayor de 0.5% y que la máxima inclinación

del perfil es del 1.93%, por lo que no existen restricciones para el desarrollo de la velocidad de diseño en este alineamiento, para este diseño se utilizó la ayuda del software AutoCAD Civil3D, y el procedimiento se encuentra en el [Apéndice H](#).

#### **5.5.11. Secciones transversales.**

Las secciones transversales del proyecto son el resultado del diseño de la estructura del pavimento y las zonas con terraplén y/o corte.

#### **5.5.12. Cálculo de volúmenes de corte y terraplén.**

Los volúmenes de corte y terraplén estimados para el proyecto son el resultado de la valoración del diseño geométrico en comparación con las condiciones actuales del terreno. Estos volúmenes fueron estimados mediante la corrida de la sección transversal tipo de diseño, a partir del perfil de la rasante comparado con el perfil del terreno. De esta manera se estimaron los volúmenes de relleno y corte que requiere el proyecto, los cuales se pueden observar en el [Apéndice I](#).

#### **5.5.13. Planos del proyecto.**

- **Localización**

La localización del proyecto en el ámbito nacional y regional se muestra en un plano adjunto al presente informe en el [Apéndice J](#).

- **Secciones transversales típicas**

Las secciones transversales típicas se adjuntan en planos adjuntos al presente proyecto en el [Apéndice J](#).

- **Diseño de planta-perfil**

Los planos de planta-perfil del proyecto se entregan adjunto al presente proyecto en el [Apéndice J](#).

- **Secciones transversales**

Las secciones transversales se adjuntan al presente informe, en el [Apéndice K](#).

#### **5.5.14. Presupuesto.**

El presente proyecto tiene como valor total de 17.742.4.82,589 millones, el cual cuenta con una proyección de 20 años, para mejorar el tránsito vehicular y peatonal en la avenida Puerto mosquito localizada en la calle 17 entre carrera 0 y 21 del municipio Aguachica – Cesar ([Ver Apéndice L](#)).

Tabla 62.

## PREUPUESTO DEL PROYECTO

PROPUESTA PARA MEJORAR EL TRANSITO VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AVENIDA PUERTO MOSQUITO LOCALIZADA EN LA CALLE 17 ENTRE CARRERAS 0 Y 21 DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA - CESAR							
Presupuesto General de Obra							
Cap/Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Valor parcial	Valor total	
<b>1 PRELIMINARES</b>							
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	37710.876	\$ 3,597.00	\$ 135,646,022.00		
1.2	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS EN CONCRETO	M3	103.35	\$ 32,775.00	\$ 3,387,296.00		
1.3	CORTE DE ARBOL PORTE MEDIO SACADO DE RAIZ, HASTA .80 MT DE DIAMETRO, INCL. RETIRO AL BOTADERO OFICIAL, RELLENO DE HUECO Y PERMISO DE CORPOCESAR	UND	55.00	\$ 492,406.00	\$ 27,082,330.00		
1.4	RETIRO DE SOBANTES	M3	5.17	\$ 20,541.00	\$ 106,146.00		
<b>2 EXCAVACION MANUAL, MECANICA Y RETIRO DE SOBANTES</b>							
2.1	EXCAVACION NIVELACION DE TERRENO	M2	37710.88	\$ 554.00	\$ 20,891,825.00		
2.2	RELLENOS DE EXCAVACION-COMPACTADO	M3	78.41	\$ 17,247.00	\$ 1,352,337.00		
<b>3 PAVIMENTO</b>							
3.1	CONCRETO CLASE E (4000 PSI) PARA CALZADA DE 0,20 MT-INCL. PASADORES DE ACERO LISO 1 1/4" CADA .45MT-LONG .30MT Y BARRAS DE UNIÓN CORRUGADO 1/2" CADA 1.20MT-LONG .85MT-ACELALERADO A 7 DIAS.	M2	26006.00	\$ 199,671.00	\$ 5,192,644,026.00		
3.2	BORDILLOS DE .10X.30, CONCRETO 3.000 PSI-PARA ADOQUINES	ML	15462.36	\$ 37,596.00	\$ 581,322,962.00		
3.3	ADOQUIN COLOR CONCRETO PEATONAL ESP. 6 CM JUNTA PERDIDA, CON ARENA DE BASE ESP. 0.05	M2	3721.01	\$ 142,717.00	\$ 531,051,384.00		
3.4	CONCRETO CLASE D (3000PSI)PARA ANDENES EXP. 10CM, INC REPLANTEO	M2	5665.44	\$ 70,080.00	\$ 397,034,035.00		
3.3	CONSTRUCCION DE JARDINEL	M2	4493.20	\$ 46,862.00	\$ 210,560,338.00		
<b>4 OBRAS GENERALES</b>							
4.1	SUMINSTRO Y SIEMBRA ARBOLES NATIVOS-2.50 MT ALTURA-DIAMETRO .10CM DE TALLO.	UND	400.00	\$ 142,717.00	\$ 57,086,800.00		
4.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE CANECAS PARA BASURA M-120 TIPO IDU	UND	144.00	\$ 482,578.00	\$ 69,491,232.00		
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION DE BANCAS EN CONCRETO SIN ESPALDAR - TIPO IDU M 31-INCL. EMPOTRAMIENTO	UND	123.00	\$ 482,578.00	\$ 59,357,094.00		
<b>5 SEÑALIZACION</b>							
5.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE SEÑALES DE TRANSITO DE .75 x .75 EN LAMINA GALVANIZADA CAL. 18, FONDO REFLECTIVO Y LOS SIMBOLOS DE ACUERDO AL COLOR DE LA SEÑAL INDICADA, PARAL VERTICAL EN ANGULO DE HIERRO DE 2X1/4"	UND	95.00	\$ 198,632.00	\$ 18,870,040.00		
5.2	LINEA DEMARCAACION CONTINUA PINTURA TRAFICO TIPO 1 A=.07, INCL. MANO DE OBRA.	ML	2318.00	\$ 2,701.00	\$ 6,260,918.00		
5.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑALIZACIÓN PISO	M2	709.08	\$ 22,577.00	\$ 16,008,899.00		
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>							
						\$ 13,633,172,056.00	
# REF!							
					Administración	15.00%	\$2,044,975,808.00
					Imprevistos	5.00%	\$681,658,603.00
					Utilidad	10.00%	\$1,363,317,206.00
					SUBTOTAL AIU	30.00%	\$4,089,951,617.00
<b>COSTO TOTAL OBRA</b>							
						\$ 17,723,123,673.00	
Interventoría							
						0%	\$ 19,358,916.00
<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>							
						\$ 17,742,482,589.00	

Fuente: Autores del proyecto



## CAPITULO 6. Conclusiones

Por medio de los resultados obtenidos en la micro simulación de la situación actual, realizada en el software PTV Vissim con la información obtenida en campo referente a la topografía y los aforos vehiculares, se pudo demostrar en tiempo real la congestión vehicular y áreas de conflicto que se presentan en este corredor vial, lo que nos impulsó a generar una propuesta ingenieril que diera una posible solución a esta problemática.

La cual consistía en un diseño geométrico vial y la colocación de señales de tránsito en cada una de las intersecciones, indicando así quien tiene la prioridad en la vía, además se propuso la reorientación del flujo vehicular específicamente en la carrera 10B sentido sur, la cual contaba con dos entradas con doble sentido, lo que generaba un gran punto crítico en cuanto a movilidad se refería, por eso decidimos establecer un solo sentido para cada entrada y de esa manera reducir las áreas de conflicto y por consiguiente tener una mejor fluidez vehicular en esa intersección, los resultados obtenidos tras la micro simulación fueron muy favorables ya que se redujeron las longitudes de cola máximas, factor importante en la congestión vehicular, convirtiéndose así en una propuesta sostenible para el municipio de Aguachica-Cesar.

Mediante ensayos de laboratorio realizados se determinó que la subrasante tiene un valor de CBR de 26.47 %, por lo cual no es necesario realizar un mejoramiento con rajón para aumentar el CBR existente.

El diseño óptimo para este tramo de vía cuenta con una estructura de 15 centímetros de espesor de capa de subbase granular, espesor de losa de 20 centímetros y un concreto con módulo de rotura de 4.0 Mpa calculado por el método de la PCA por medio de software.

Los diseños obtenidos por medio de los dos métodos difieren notablemente, mediante la metodología AASTHO obtenemos un espesor de losa 6.10 cms lo cual un espesor muy bajo para una vía, aunque esta sea local, se asume un espesor de 15 cms como espesor mínimo para losas de vías locales, pero se descarta debido a que este proyecto está basado en datos, bases y expresiones reales y no valores asumido.

Por medio de la metodología PCA obtenemos un espesor de 20 cms. La cual es propuesta por los autores del proyecto, para mejorar el tránsito vehicular y peatonal en la avenida Puerto mosquito localizada en la calle 17 entre carrera 0 y 21 del municipio Aguachica – Cesar.

## CAPITULO 7. Recomendaciones

Es indispensable que las autoridades competentes cumplan las funciones de prevenir y educar a los usuarios, para así poder obtener resultados esperados en la ejecución de la propuesta, en efecto al cumplir los cambios y las normas de tránsito previamente establecidas se pueden evitar pérdidas humanas y económicas causadas por accidentes viales.

Tener en consideración las características del software PTV Vissim, ya que la empresa PTVGroup a la cual pertenece es de origen alemán, y pese a cambiar su configuración inicial conforme a las costumbres y comportamientos del entorno simulado, no es posible recrear con exactitud las conductas automovilísticas estudiadas.

Por otra parte, es importante tener ordenada la información de los aforos y disponer de la topografía actual del tramo para así poder obtener resultados eficientes y verídicos.

La metodología PCA permite obtener distintos resultados dependiendo las variables de diseño que se consideren siempre y cuando cumplan con los consumos por erosión y esfuerzo, los parámetros a variar son el espesor de losa y el módulo de rotura ya que estos son los que inciden directamente en el diseño además de que siempre se debe tener en cuenta el factor económico.

El diseño por medio de la metodología AASHTO no cumple con las especificaciones de diseño exigidas en INVIAS e IDU en cuanto al tema de espesores de losa, por eso es recomendable siempre realizar una comparación con el método de la PCA.

El uso de programas como los utilizados en el presente proyecto constituye una herramienta eficaz y necesaria para el desarrollo del diseño de pavimentos, es necesario definir todos los parámetros para obtener resultados verídicos.

## Referencias

93, M. A. (s.f.). Obtenido de

[http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_102\\_181\\_62\\_936.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf)

AASHTO93, M. (s.f.). Obtenido de

[http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_102\\_181\\_62\\_936.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf)

ACADEMIA. (2018). Obtenido de

[http://www.academia.edu/8263843/Flujo\\_Vehicular.\\_El\\_tr%C3%A1nsito\\_vehicular\\_tambi%C3%A9n\\_llamado\\_tr%C3%A1fico\\_vehicular](http://www.academia.edu/8263843/Flujo_Vehicular._El_tr%C3%A1nsito_vehicular_tambi%C3%A9n_llamado_tr%C3%A1fico_vehicular)

*Accidentes de tránsito.* (2012). Obtenido de [http://transito-](http://transito-accidentesdetransito.blogspot.com.co/2012/03/definicion.html)

[accidentesdetransito.blogspot.com.co/2012/03/definicion.html](http://transito-accidentesdetransito.blogspot.com.co/2012/03/definicion.html)

ARTÍCULO320–13. (s.f.). *SUBTBASE GRANULAR*. Obtenido de

<file:///C:/Users/DELL/Downloads/G320.pdf>

Avila, R. C.-C. (2014). Obtenido de

<http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/1372/1/Proyecto%20De%20Grado.pdf>

Bañón, L. (2017). *Tráfico*. Obtenido de

[https://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/01020106.pdf](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01020106.pdf)

Baquero, I. O. (2013). Breve reseña histórica de las vías . 184-186.

Bermudez. (2006).

BUSTIOS, R. R. (2015). *UNIVERSIDAD RICARDO PALMA*. Obtenido de

[http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1040/1/ROBLES\\_R.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1040/1/ROBLES_R.pdf)

CABRERA ERAZO, M. F., & ROCANO TENEZACA, D. (2012). “*PROPUESTA TÉCNICA PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO DENTRO DEL CANTÓN CUENCA DESDE EL PUNTO DE VISTA HUMANO – VEHÍCULO – EQUIPAMIENTO AMBIENTAL*”. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2721/12/UPS-CT002451.pdf>

Camacho, L. P. (2015). *HISTORIA DEL PAVIMENTO*. Obtenido de [https://prezi.com/w4nl9x\\_jo79\\_/historia-del-pavimento/](https://prezi.com/w4nl9x_jo79_/historia-del-pavimento/)

*CARTILLA DE ANDENES BOGOTÁ D.C.* (s.f.). Obtenido de [http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/cartilla\\_andenes\\_modificacion\\_07-06-2018.pdf](http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/cartilla_andenes_modificacion_07-06-2018.pdf)

CESAN, V. (2012). *Análisis de los accidentes de tránsito en la provincia de La Pampa en*. Obtenido de [http://www.repositoriojmr.unla.edu.ar/descarga/Tesis/MaEGyPS/033627\\_Cesan.pdf](http://www.repositoriojmr.unla.edu.ar/descarga/Tesis/MaEGyPS/033627_Cesan.pdf)

CHAPARRO, H. S. (2015). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES METODOLOGÍAS*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13950/ARTICULO%20HANS.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

chicchón, K. G. (2009). *Cálculo del índice de condición aplicado en del pavimento flexible en la Av. Las Palmeras de Piura*. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1351>

*código de tránsito*. (2002). Obtenido de <http://www.colombia.com/actualidad/codigos-leyes/codigo-de-transito/>

*código nacional de tránsito terrestre. título I, Disposiciones Generales. capítulo I. Principios y definiciones*. (s.f.).

*DE LA MANO CON EL PUEBLO Plan de Desarrollo Municipal de Aguachica 2008-2011.* (abril de 2008). Obtenido de

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd%20-%20aguachica%20-%20cesar%20-%202008%20-%202011.pdf>

Escobar, C. (2007). *capacidad y niveles de servicio.* Obtenido de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>

ESCOBAR, F. Á. (2007). *CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL.* Obtenido de

<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1222/1/RED-1.pdf>

GIRALDO SALAZAR, J. D. (2015). *Auditoria de la Seguridad Vial para cuantificar el riesgo en la vía de los.* Obtenido de

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/704/Auditoria%20de%20la%20Seguridad%20Vial%20para%20cuantificar%20el%20riesgo%20en%20la%20via%20de%20los%20usuario.pdf?sequence=1>

*Google Earth.* (s.f.). Obtenido de [https://earth.google.com/web/@8.3059245,-](https://earth.google.com/web/@8.3059245,-73.61166445,164.15757096a,11501.58706401d,35y,0h,45t,0r/data=CkwaShJECiUweDhINWQ4NTYzZGJjMmE5NWI6MHgyZWMyMjhhYTdhZTYxMGNjGb8OnDOinCBAIefG9IQIZ1LAKglBZ3VhY2hpY2EYAiABKAI)

[73.61166445,164.15757096a,11501.58706401d,35y,0h,45t,0r/data=CkwaShJECiUweDhINWQ4NTYzZGJjMmE5NWI6MHgyZWMyMjhhYTdhZTYxMGNjGb8OnDOinCBAIefG9IQIZ1LAKglBZ3VhY2hpY2EYAiABKAI](https://earth.google.com/web/@8.3059245,-73.61166445,164.15757096a,11501.58706401d,35y,0h,45t,0r/data=CkwaShJECiUweDhINWQ4NTYzZGJjMmE5NWI6MHgyZWMyMjhhYTdhZTYxMGNjGb8OnDOinCBAIefG9IQIZ1LAKglBZ3VhY2hpY2EYAiABKAI)

Historia del Pavimento. (2019). *Arkiplus.*

*Instituto nacional de vias.* (2015). Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/272863154/Manual-de-Senalizacion-Vial-2015-pdf>

*Instituto nacional de vías.* (2015). Obtenido de OD\_PROCESO\_15-19-4419588\_124001001\_17585250.pdf

*La Republica.* (julio de 2018). Obtenido de <http://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>

*Ley 015-2011.* (2011). Obtenido de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41203>

*Ley 1503-2011.* (2011). Obtenido de LEY%201503%20DE%202011.pdf

*manual de carretera .* (2014). Obtenido de

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3580.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf)

*Manual de carreteras.* (2017). Obtenido de

[www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx](http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx)

*MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS.* (2008). Obtenido de

<http://artemisa.unicauca.edu.co/~carboled/Libros/Manual%20de%20Diseno%20Geometrico%20de%20Carreteras.pdf>

Menendez, J. R. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresa.* Obtenido de

<https://www.ilo.org/public/spanish/employment/recon/eiip/download/mcrmantec.pdf>

Meyer., D. B. (12 de septiembre de 2006). Obtenido de

<https://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigacion-descriptiva.php>

*MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL .* (2010).

*Mintransporte.* (2017). Obtenido de

<https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?lServicio=FAQ&lFuncion=viewPreguntas&id=18>



Nacional1077, D. (2015). *Art. 2.2.3.4.1.1. /Accesibilidad al Espacio Público.*

Navarro, S. (2013). Obtenido de <https://es.slideshare.net/sjnavarro/volmenes-de-transito>

*Observatorio Nacional de Seguridad Vial.* (julio de 2017). Obtenido de

<https://ansv.gov.co/observatorio/public/documentos/02.Panorama%20General%20Colombia%20Ene%20a%20Sep%202017p.pdf>

*Organizacion Mundial de la salud.* (2017). Obtenido de

<http://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>

PEREZ GUTIERREZ, E. A., & LASTRE RAMOS, J. M. (2014). *EVALUACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD VIAL EN LA.* Obtenido de

<http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/1220/1/TESIS%20FINAL.pdf>

*Periodico El Pais Vallenato.* (julio de 2017). Obtenido de

<http://www.elpaisvallenato.com/2018/02/01/221-personas-murieron-en-accidente-de-transito-en-cesar-durante-el-2017/>

*Periodico El Tiempo.* (julio de 2016). Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/cesar-se-ubica-como-uno-de-los-departamentos-con-mayor-accidentalidad-146370>

*PLAN DE DESARROLLO "POR UN NUEVO AGUACHICA, INCLUYENTE Y EN PAZ" (2016 - 2019).* (2016). Aguachica.

(2016-2019). *Plan de Desarrollo, Alcaldía de Aguachica.* Aguachica. Obtenido de

<file:///C:/Users/colfray-rectoria/Downloads/Plan%20de%20Desarrollo,%20Por%20un%20nuevo%20Aguachica%20incluyente%20y%20en%20paz.pdf>

*PLAN VIAL DEPARTAMENTAL DEL CESAR 2012-2021*. (2012). Obtenido de

[http://cesar.gov.co/d/filesmain/ofiplaneacion/planes/plan\\_vial.pdf](http://cesar.gov.co/d/filesmain/ofiplaneacion/planes/plan_vial.pdf)

*PTV GROUP*. (2017). Obtenido de <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/>

Rígidos, D. y. (2015). Obtenido de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A6%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20R%C3%ADgidos.pdf?sequence=6>

Sanchez, M. (2012). *Teoría del flujo vehicular*. Obtenido de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A4.pdf>

SANDOVAL, C. H. (2015). Obtenido de

<file:///C:/Users/DELL/Downloads/HIGUERADISE%C3%91PAVIMTLIBRO2.pdf>

*SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA*. (2015). Obtenido de

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual\\_iluminacion/Manual\\_de\\_Iluminacion\\_Vial\\_2015.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_iluminacion/Manual_de_Iluminacion_Vial_2015.pdf)

*Sura*. (2012). Obtenido de <https://www.sura.com/blogs/autos/senales-transito-abc.aspx>

URIBE, C. A. (2015). *ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO*

*BAJO*. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2975/4/ANALISIS%20DE%20LOS%20CRITERIOS%20DE%20DISE%C3%91O%20DE%20PAVIMENTO%20RIGIDO%20BAJO%20LA%20OPTICA%20ESPECIAL%20DE%20SAN%20ANDRES%20ISL.pdf>

V., G. J. (2005). *La infraestructura del transporte*. Obtenido de

[http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/DTSER-64.pdf](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-64.pdf)

VARELA, L. R. (2002). *PAVEMENT CONDITION*. Obtenido de

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

## Apéndices

Apéndice A. [Caracterización del corredor vial.](#)

Apéndice B. [Formatos y datos de aforos vehiculares.](#)

Apéndice C. [Composiciones vehiculares.](#)

Apéndice D. [Tablas de cálculo de velocidades.](#)

Apéndice E. [Formato de encuesta.](#)

Apéndice F. [Cartera de campo de la topografía.](#)

Apéndice G. [Procedimiento para modelación en el software PTV Vissim.](#)

Apéndice H. [Procedimiento para diseño de perfil y secciones transversales en el software AutoCAD Civil3D.](#)

Apéndice I. [Tabla de volúmenes de corte y relleno.](#)

Apéndice J. [Planos de diseños planta-perfil-localización-sección típica.](#)

Apéndice K. [Secciones transversales y diseños correspondientes.](#)

Apéndice L. [Presupuesto.](#)