

**ANALISIS DE LA CONGESTION VEHICULAR GENERADA EN LOS
INTERCAMBIADORES A DESNIVEL “PAPI QUIERO PIÑA”, “PROVENZA” Y
“EL PALENQUE”**

JESSICA ALEJANDRA PATIÑO ASCENCIO

DIANA MARCELA BURBANO CÁRDENAS

DIRECTOR:

RICARDO PICO VARGAS

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

2015

**ANALISIS DE LA CONGESTION VEHICULAR GENERADA EN LOS
INTERCAMBIADORES A DESNIVEL “PAPI QUIERO PIÑA”, “PROVENZA” Y
“EL PALENQUE”**

**JESSICA ALEJANDRA PATIÑO ASCENCIO
DIANA MARCELA BURBANO CÁRDENAS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
2015**

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por permitirme culminar la carrera de forma exitosa, a mis padres quienes siempre han sido el apoyo principal en mi vida y me brindaron las bases sólidas para siempre obrar de la manera correcta.

Al Ing. Ricardo Pico por el acompañamiento durante el proceso de la elaboración del presente informe.

A cada uno de los docentes que guiaron y aportaron a mi formación profesional durante el proceso de aprendizaje.

Jessica Alejandra Patiño Ascencio

Agradezco principalmente a Dios y a mi padre, por ser el motor que a diario me impulso para formarme como profesional. Al igual que mi compañera el sentimiento de gratitud hacia el Ing. Ricardo Pico y demás docentes es grande, por guiarnos y enseñarnos las bases para desempeñarnos de la mejor forma como Ingenieras Cíviles.

Diana Marcela Burbano Cárdenas

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO	9
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE.....	10
1. INTRODUCCION.....	11
2. OBJETIVOS	12
3. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	13
4. JUSTIFICACION.....	14
6. MARCO TEORICO.....	15
6.1 CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES A DESNIVEL	15
6.1.1 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.....	15
6.1.1.1 CARRILES DE ACELERACIÓN:	15
6.1.1.2 CARRILES DE DESACELERACIÓN:	17
6.1.2 VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL SEGMENTO CENTRAL DEL RAMAL DE ENLACE (V_{RE})	18
6.1.3 SECCIÓN ENTRECruzAMIENTO	19
6.1.4 NÚMERO DE CARRILES QUE SE REQUIERE COMO MÍNIMO EN LA SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO.....	20
6.1.5 ISLETAS	21
6.1.6 RAMAL DE ENTRADA O SALIDA	22
6.2 TRÁNSITO	23
6.2.1 VOLUMEN DE TRÁNSITO:.....	23
6.2.2 CAPACIDAD VIAL:	23
6.2.3 NIVELES DE SERVICIO	23
6.2.4 DENSIDAD O CONCENTRACIÓN:	24
7. ANÁLISIS DEL ENTORNO.....	25
7.1 Descripción Intercambiador “Provenza”	25
7.2 Descripción intercambiador “Papi quiero piña”	31
7.3 Descripción Intercambiador El Palenque	36
9. METODOLOGÍA.....	39
9.1 Estudio de tránsito:	39
9.2 Estudio de velocidades:.....	42
.....	44
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	45

10.1 PAPI QUIERO PIÑA:	45
10.1.1 ANCHO DE CALZADA	46
10.1.2 ISLETAS	48
10.1.3 SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO	49
10.1.4 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES EN LA SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO	52
10.1.5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD A FLUJO LIBRE.....	53
10.1.6 NIVEL DE SERVICIO	58
10.2 PROVENZA.....	61
10.2.1 ANCHO DE CALZADA	62
10.2.2 ISLETAS	63
10.2.3 SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO	64
10.2.4 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES EN LA SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO	66
10.2.5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD A FLUJO LIBRE.....	66
10.2.6 NIVEL DE SERVICIO	71
10.3 PALENQUE	72
10.3.1 ANCHO DE CALZADA	73
10.3.2 ISLETAS	74
10.3.3 SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO	75
10.3.4 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES EN LA SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO	77
10.3.6 NIVEL DE SERVICIO	82
10.3.7 CARRILES DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN.....	83
11. CONCLUSIONES	87
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACION 1. CARRIL DE ACELERACION	16
ILUSTRACIÓN 2. TIPO DE CARRILES DE DESACELERACIÓN	17
ILUSTRACIÓN 3. ISLETA SIN BERMA.....	21
ILUSTRACIÓN 4. ISLETA CON BERMA	21
ILUSTRACIÓN 5. CRITERIOS DISEÑO ANCHO DE RAMAL DE ENLACE.....	22
ILUSTRACIÓN 6. VISTA SATELITAL INTERCAMBIADOR PROVENZA	26
ILUSTRACIÓN 7. VISTA SUR-NORTE	27
ILUSTRACIÓN 8. RAMAL DE ENLACE, PARALELA-PROVENZA.....	27
ILUSTRACIÓN 9. ORIENTE-OCCIDENTE, VEHÍCULOS PROVINIENTES DE PARALELA Y BARRIO ASTURIAS HACIA PROVENZA	28
ILUSTRACIÓN 10. SALIDA INTERCAMBIADOR SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE	28
ILUSTRACIÓN 11. NORTE-SUR, DERECHA: RAMAL DE ENLACE HACIA PROVENZA.....	29
ILUSTRACIÓN 12. NORTE-SUR, INGRESO A INTERCAMBIADOR.....	29
ILUSTRACIÓN 13. SALIDA PROVENZA, IZQUIERDA INTERCAMBIADOR, DERECHA PARALELA	30
ILUSTRACIÓN 14. PROVENZA-ASTURIAS, DERECHA SALIDA INTERCAMBIADOR SENTIDO OESTE-ESTE SOBRE PARALELA.....	30
ILUSTRACIÓN 15. SUR-NORTE	31
ILUSTRACIÓN 16. NORTE-SUR, DERECHA: RAMAL DE ENLACE BARRIO LA PAZ....	32
ILUSTRACIÓN 17. NORTE-SUR, DERECHA: INGRESO INTERCAMBIADOR	32
ILUSTRACIÓN 18. CEMEX, COMANDO POLICÍA	33
ILUSTRACIÓN 19. SUR-NORTE, DERECHA: ACCESO RAMAL DE ENLACE HACIA FLORIDABLANCA	34
ILUSTRACIÓN 20. SUR-NORTE, INGRESO RAMAL DE ENLACE	34
ILUSTRACIÓN 21. SITIOS QUE RODEAN EL INTERCAMBIADOR “PAPI QUIERO PIÑA”	35
ILUSTRACIÓN 22. . VISTA SATELITAL INTERCAMBIADOR “EL PALQUENQUE”	36
ILUSTRACIÓN 23. SENTIDO GIRÓN-BUCARAMANGA, DERECHA: RAMAL DE ENLACE ANILLO VIAL.....	37
ILUSTRACIÓN 24. BARRIO RINCÓN DE GIRÓN-CHIMITÁ, DERECHA: RAMAL DE ENLACE HACIA BUCARAMANGA	37
ILUSTRACIÓN 25. BUCARAMANGA-GIRÓN, DERECHA: RAMAL DE ENLACE VÍA CHIMITÁ	38
ILUSTRACIÓN 26. CHIMITÁ-BARRIO RINCÓN DE GIRÓN, DERECHA: RAMAL DE ENLACE HACIA GIRÓN O AEROPUERTO	38
ILUSTRACIÓN 27. CONTADOR MANUAL.....	39
ILUSTRACIÓN 28. ELABORACIÓN TABLA SUJETAPAPEL	40
ILUSTRACIÓN 29. TRABAJO EN CAMPO	41
ILUSTRACIÓN 30. TRABAJO EN CAMPO	41
ILUSTRACIÓN 31. TRABAJO DE CAMPO	42

ILUSTRACIÓN 32. DECÁMETRO Y CINTA PARA ACOTAR INICIO Y FIN.....	43
ILUSTRACIÓN 33. TOMA DE VELOCIDADES EN CAMPO	44
ILUSTRACIÓN 34. TOMA DE VELOCIDADES EN CAMPO	44
ILUSTRACIÓN 35. VOLUMENES TOTALES (ADE/H).....	45
ILUSTRACIÓN 36. PARTES Y NOMENCLATURA INTERCAMBIADOR PAPI QUIERO PIÑA	46
ILUSTRACIÓN 37. ANCHO DE ACERAS ISLETAS	49
ILUSTRACIÓN 38. INTERPOLACIÓN SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO	50
ILUSTRACIÓN 39. LONGITUDES DE ENTRECRUZAMIENTO.....	52
ILUSTRACIÓN 40. GRÁFICA PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE.....	54
ILUSTRACIÓN 41. GRÁFICA PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE.....	55
ILUSTRACIÓN 42. GRÁFICA PERCENTIL 85 OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE.....	56
ILUSTRACIÓN 43. GRÁFICA PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE.....	57
ILUSTRACIÓN 44. ESQUEMA ESPACIAMIENTO ENTRE AUTOS.....	59
ILUSTRACIÓN 45. VOLUMENES TOTALES (ADE/H).....	61
ILUSTRACIÓN 46. PARTES Y NOMENCLATURA INTERCAMBIADOR PAPI QUIERO PIÑA	62
ILUSTRACIÓN 47. DATOS ISLETA PROVENZA.....	63
ILUSTRACIÓN 48. ANCHO DE ACERA EN LAS ISLETAS	63
ILUSTRACIÓN 49. LONGITUDES DE ENTRECRUZAMIENTO.....	65
ILUSTRACIÓN 50. GRÁFICA PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE.....	67
ILUSTRACIÓN 51. GRÁFICA PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE.....	68
ILUSTRACIÓN 52. GRÁFICA PERCENTIL 85 OESTE-ESTE, BAJO EL PUENTE	69
ILUSTRACIÓN 53. GRÁFICA PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE.....	70
ILUSTRACIÓN 54. VOLUMENES TOTALES (ADE/H).....	72
ILUSTRACIÓN 55. GRÁFICA PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE.....	73
ILUSTRACIÓN 56. ISLETAS SIN BERMA, ANCHO DE ACERA.....	75
ILUSTRACIÓN 57. LONGITUDES DE ENTRECRUZAMIENTO.....	76
ILUSTRACIÓN 58. NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES SECCIÓN ENTRECRUZAMIENTO	77
ILUSTRACIÓN 59. GRÁFICA PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE.....	79
ILUSTRACIÓN 60. GRÁFICA PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE.....	80
ILUSTRACIÓN 61. GRÁFICA PERCENTIL 85 OESTE-ESTE, BAJO EL PUENTE	81
ILUSTRACIÓN 62. GRÁFICA PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, BAJO EL PUENTE	82
ILUSTRACIÓN 63. CARRILES DE ACCELERACIÓN Y DESACELERACIÓN	83
ILUSTRACIÓN 64. CARRILES DE ACCELERACIÓN CON PARE	84

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. LONGITUD MÍNIMA DEL CARRIL DE ACCELERACIÓN.....	16
TABLA 2. LONGITUD MÍNIMA DEL CARRIL DE DESACELERACIÓN	18
TABLA 3. VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL SEGMENTO CENTRAL DEL RAMAL DE ENLACE (VRE) CUANDO $\Delta < 180^\circ$ (KM/H).....	19
TABLA 4. VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL SEGMENTO CENTRAL DEL RAMAL DE ENLACE (VRE) CUANDO $\Delta \geq 180^\circ$ (KM/H)	19
TABLA 5. FACTORES DE EQUIVALENCIA VEHICULAR.....	20
TABLA 6. LONGITUDES MÍNIMAS DE ENTRECruzAMIENTO	20
TABLA 7. ANCHO DE CALZADA EN RAMALES DE SALIDA O DE ENTRADA ENLACE EN FUNCIÓN DEL RADIO INTERIOR	22
TABLA 8. ANCHO DE CALZADA SEGÚN NORMA.....	47
TABLA 9. COMPROBACIÓN ANCHO DE CALZADA.....	47
TABLA 10. DATOS ISLETAS PAPI QUIERO PIÑA.....	48
TABLA 11 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES SECCIÓN ENTRECruzAMIENTO PAPI QUIERO PIÑA.....	53
TABLA 12. TABLA PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE	54
TABLA 13. PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE.....	55
TABLA 14. PERCENTIL OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE	56
TABLA 15. PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE.....	57
TABLA 16. LONGITUD VEHÍCULOS EN EL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	59
TABLA 17. COMPROBACIÓN ANCHO DE CALZADA	62
TABLA 18. NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES SECCIÓN ENTRECruzAMIENTO PROVENZA.....	66
TABLA 19. PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE.....	67
TABLA 20. PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE.....	68
TABLA 21. PERCENTIL OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE	69
TABLA 22. PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE.....	70
TABLA 23. COMPROBACIÓN ANCHO DE CALZADA	73
TABLA 24. DATOS ISLETA PROVENZA.....	74
TABLA 25. PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE.....	78
TABLA 26. PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE.....	79
TABLA 27. PERCENTIL 85 OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE.....	80
TABLA 28. PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE.....	81
TABLA 29. LONGITUD MÍNIMA CARRIL DE ACCELERACIÓN	85
TABLA 30. LONGITUD MÍNIMA CARRIL DE DESACELERACIÓN	85
TABLA 31. ANCHO MÍNIMO DE CALZADA.....	86

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANALISIS DE LA CONGESTION VEHICULAR GENERADA EN LOS INTERCAMBIADORES A DESNIVEL “PAPI QUIERO PIÑA”, “PROVENZA” Y “EL PALENQUE”

AUTOR(ES): Jessica Alejandra Patiño Ascencio
Diana Marcela Burbano Cárdenas

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Ricardo Pico Vargas

RESUMEN

En el presente documento presentan las normas básicas sobre los aspectos a tener en cuenta en el análisis de los factores que influyen en la congestión de carreteras multicarril como lo son los intercambiadores a desnivel, analizando aspectos como las características geométricas de la vía, estudios de tránsito y velocidad en las condiciones imperantes de la vía, posibles factores externos en el entorno que hacen que un elevado número de personas deban movilizarse hacia las diferentes zonas del área metropolitana de Bucaramanga a los que éstos permiten el ingreso; finalmente se indica el nivel de servicio en el que se encuentran los ramales de enlace con mayor volumen durante las horas punta del día. Analizando todas estas falencias se podrá prever a un futuro las posibles mejoras que se pueden aplicar a los tres intercambiadores “Papi quiero piña”, “Provenza” y finalmente “Palenque.

PALABRAS CLAVES: Congestión, carreteras multicarril, intercambiador a desnivel, nivel de servicio.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALISIS DE LA CONGESTION VEHICULAR
GENERADA EN LOS INTERCAMBIADORES A
DESNIVEL "PAPI QUIERO PIÑA", "PROVENZA" Y
"EL PALENQUE"

AUTHOR(S): Jessica Alejandra Patiño Ascencio
Diana Marcela Burbano Cárdenas

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Ricardo Pico Vargas

ABSTRACT

In this document the basic norms about the aspects to keep in mind in the analysis of the factors that influence the congestion of multi-lane roads such as the overpasses are given. Analyzing aspects such as the geometric characteristics of the road, studies of traffic flow and speeds in the impairing conditions of the roadway, possible external factors in the environment that cause a large amount of people to use the overpasses to travel to different areas of the metropolitan area of Bucaramanga. Finally, the level of service of the ramps during the different periods of heavy traffic. By analyzing these impairments we can foresee the future changes that can be made to the three interchanges "papi quiero piña", "provenza" and "Palenque".

KEYWORDS: Congestion, multi-lane roads, overpasses, level of service

1. INTRODUCCION

La problemática desatada debido a la congestión vehicular inicia a finales del siglo XIX en las grandes ciudades Europeas en las que las vías diseñadas copaban su capacidad. Con el fin de mitigar la saturación vehicular se presentan algunas soluciones, una de éstas fueron las intersecciones giratorias conocidas también como rotondas pues los principales inconvenientes se presentaban en las intersecciones especialmente las que tenían mayor entrega de carriles.

A pesar de la implementación de dichas medidas, el siglo XX trajo consigo la generalización del automóvil; los problemas de congestión solucionados aparentemente con la aparición de las glorietas se incrementaron y fortificaron, razones que conllevan a la nueva búsqueda y desarrollo de las posibles soluciones viales como las intersecciones a desnivel que permiten al usuario seguir en la dirección de procedencia o cambiar de dirección pero en otro nivel ya sea ascendente o descendente dependiendo del tipo de intercambiador, evitando la congestión vehicular en la vía principal como suele acontecer en los intercambiadores a nivel.

Bucaramanga, no siendo una de las ciudades más pobladas de Colombia ni la más grande en extensión se ve afectada por el incremento desmesurado de la congestión vehicular, por tal motivo se recurrió a la construcción de intercambiadores a desnivel, que con el paso de los años no resultó ser la solución más óptima, pues es muy alto el flujo vehicular que se presenta en éstos actualmente.

Con el fin de verificar los parámetros de diseño geométrico, capacidad vial y niveles de servicio en estas intersecciones, surge el presente trabajo de grado, por medio del cual se pretende analizar bajo qué condiciones y lineamientos técnicos funcionan según lo establecido por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Posteriormente, Teniendo el respectivo resultado, se proponen una serie de soluciones técnicamente viables para remediar el problema planteado.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Verificar el cumplimiento a los criterios y parámetros básicos de diseño geométrico de las intersecciones a desnivel “papi quiero piña”, “Provenza” y el “palenque”, de tal forma que se pueda esclarecer las posibles causas que han generado inconvenientes relacionados con la congestión vehicular en esta clase de intersecciones.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir por medio de estudios de tránsito, la capacidad y el nivel de servicio de cada uno de estos intercambiadores del área metropolitana de Bucaramanga.
- Determinar los principales parámetros de diseño geométrico de los intercambiadores a desnivel anteriormente mencionados.
- Verificar el cumplimiento satisfactorio de los parámetros de diseño conforme a lo establecido en el manual de diseño geométrico de carreteras.
- Relacionar posibles falencias encontradas en cuanto al diseño geométrico de las intersecciones con la problemática actual de congestión vehicular.

3. FORMULACION DEL PROBLEMA

El área metropolitana de Bucaramanga cada día experimenta más dificultades a nivel vehicular debido en gran parte al aumento de la población y a su vez la facilidad en la adquisición de vehículo propio, imposible de dosificar en la actualidad pues la necesidades personales y algunas fallas en las medidas reguladoras de tránsito en ciertas horas ha incrementado notablemente el número de vehículos que transitan por el área metropolitana, la implementación del sistema de transporte masivo y la reducción de un carril en las carreteras principales traen como consecuencia los largos embotellamientos que imposibilitan el rápido desplazamiento a los lugares de destino de la población principalmente en las horas punta.

Las entidades encargadas del desarrollo de proyectos han promovido la construcción de infraestructura que permita disminuir o remediar los problemas mencionados con anterioridad, y para el caso de las intersecciones viales, promovieron la construcción de intercambiadores a desnivel. Inicialmente éstos cumplieron su función y solucionaron en gran parte los embotellamientos de la ciudad; pero los problemas de movilidad cada día afectan más la zona, lo que en algún momento fue una solución radical, hoy día presenta dificultades imposibilitando el flujo vehicular normal.

Mediante el desarrollo de este trabajo de investigación se plantea realizar un análisis en el que se permita ver claramente los factores que afectan estos elementos viales en los puntos específicos del área metropolitana de Bucaramanga “papi quiero piña”, “Provenza” y “el Palenque”. Basados en las normas de diseño geométrico de carreteras planteadas el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y así poder entregar los resultados más óptimos y que cumplan con los requerimientos.

4. JUSTIFICACION

En cuanto concierne a estructura y capacidad vial la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana se encuentran en un notorio déficit vial reflejado en los largos y numerosos embotellamientos, la oferta y capacidad de las vías no es suficiente para la demanda que se presenta actualmente tanto en los corredores viales como en las intersecciones a desnivel.

Al respecto, la academia y expertos en el área, se han planteado algunas inquietudes a fin de encontrar la principal razón que origina esta particularidad. En respuesta a lo anterior, la Universidad Pontificia Bolivariana, en cabeza de la Facultad de Ingeniería Civil, plantea una verificación a los parámetros de diseño geométrico, así como a la capacidad y el nivel de servicio, a través de conteos vehiculares y de herramientas web disponibles.

Al finalizar el estudio, será posible verificar las condiciones desde el punto de vista técnico frente a la demanda actual de vehículos, y basados en la normatividad brindar los argumentos suficientes que sustenten las posibles medidas correctivas y finalmente propongan una solución definitiva a la problemática de embotellamiento en los intercambiadores a desnivel conocidos como: “papi quiero piña”, “Provenza” y “el Palenque”, ubicados en el área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, contribuyendo así en la búsqueda de una ciudad con movilidad sostenible.

6. MARCO TEORICO

Las intersecciones son “dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel o bien en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellas circulan” (1)

El diseño de las intersecciones viales se basa en criterios que tienen en cuenta aspectos como la consistencia de volúmenes de tránsito que a su vez se deben proyectar a 10 y 20 años teniendo en cuenta los periodos horarios de máxima demanda; la sencillez y claridad de las intersecciones permitiendo que los conductores no tenga dudas al transitar por ellas; separación de los movimientos que dependiendo el caso se emplean vías con sentido único; la visibilidad es un criterio bastante importante debido a que si en algún momento el conductor se excede en la velocidad, pueda llegar a incluso detenerse con suficiente distancia de parada en caso de existir un obstáculo o vehículo y como ultimo la perpendicularidad de trayectorias que logra la disminución de choques al facilitar maniobras al cruzar.

6.1 CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES A DESNIVEL

6.1.1 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

Los carriles de cambio de velocidad se deben diseñar debido a que un automóvil al entrar a un enlace generalmente tiende a frenar, y a su vez cuando sale del enlace tiende a acelerar, ya que su velocidad es menor a la de la vía principal. Para que los cambios no se noten de forma brusca, son creados estos carriles de aceleración y desaceleración para no generar mayor perturbación en el tránsito. (2)

6.1.1.1 CARRILES DE ACELERACIÓN:

Estos deben ser paralelos a la calzada principal y se usa para incorporar los vehículos que salen del enlace e ingresan a la calzada principal. El ancho del carril debe ser igual al del carril adyacente, y no puede ser inferior a 3.30 metros.

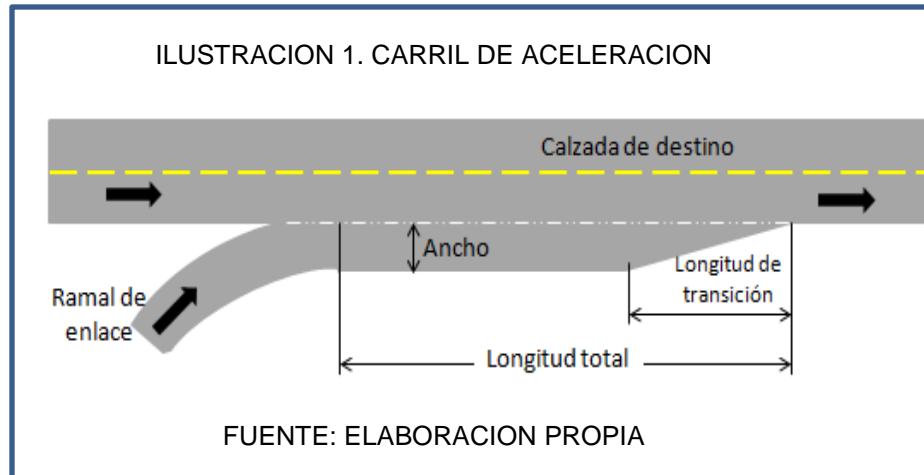


TABLA 1. LONGITUD MÍNIMA DEL CARRIL DE ACELERACIÓN

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

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRO DE CARRETERAS (INVIAS)

6.1.1.2 CARRILES DE DESACELERACIÓN:

Sirve para que el usuario logre disminuir su velocidad e ingresar al enlace con la velocidad apropiada. Existen dos tipos de carriles de desaceleración; el primero es tipo directo, se basa en un carril recto o curvo con un gran radio que forma un pequeño ángulo (β de 2 a 5°) con el borde de calzada; y el segundo es tipo paralelo, que es un carril adicional con una zona de transición.

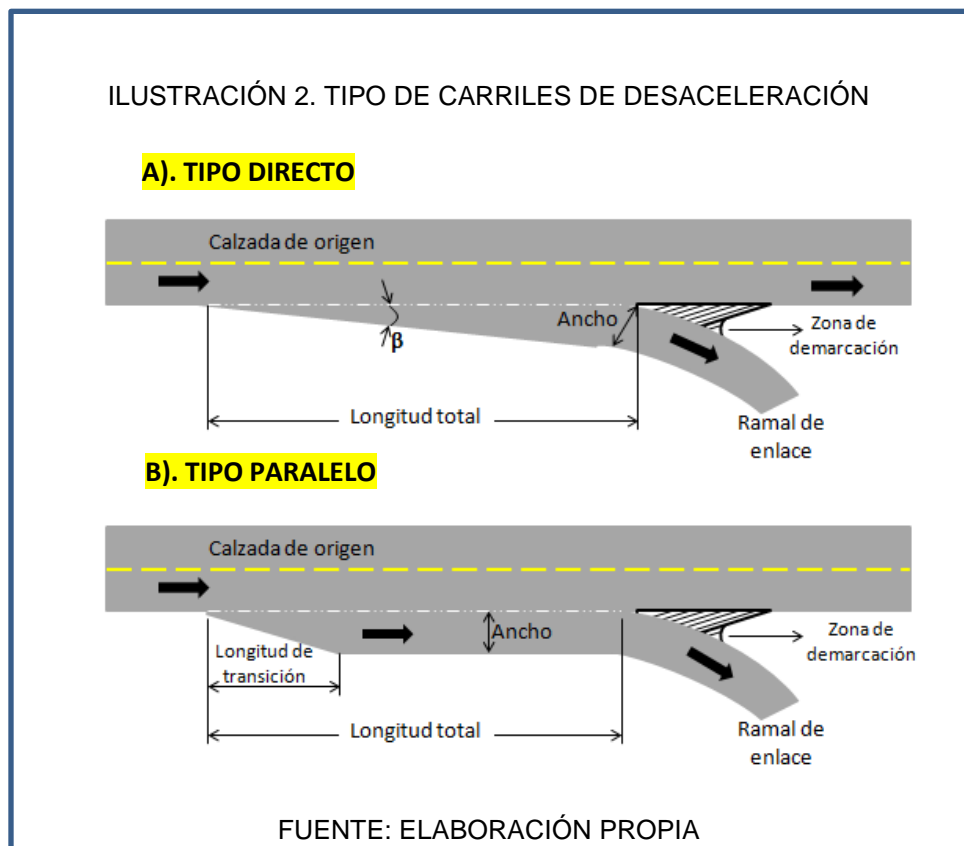


TABLA 2. LONGITUD MÍNIMA DEL CARRIL DE DESACELERACIÓN

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

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRO DE CARRETERAS (INVIAS)

6.1.2 VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL SEGMENTO CENTRAL DEL RAMAL DE ENLACE (V_{RE})

La velocidad específica del segmento central del ramal de enlace (V_{RE}) se establece en función a la velocidad específica del elemento geométrico anterior al inicio del carril de desaceleración; se denomina como Velocidad Específica de la Calzada de Origen. Con el valor de V_{RE} se diseña el segmento del ramal central. En caso de que el segmento central sea único el ancho de carril será de 5 metros.

En las siguientes tablas se indica la velocidad específica de la calzada de destino, es decir la velocidad del elemento geométrico siguiente a la terminación del carril de aceleración, cuando la deflexión total del enlace es mayor y menor a 180° .

TABLA 3. VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL SEGMENTO CENTRAL DEL RAMAL DE ENLACE (VRE) CUANDO $\Delta < 180^\circ$ (KM/H)

Velocidad específica de la calzada de origen (Km/h)	VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA CALZADA DE DESTINO (Km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
40	25	25	30	30	30	35	35	40	40
50	30	35	35	40	40	40	40	45	45
60	30	35	35	40	40	40	40	45	45
70	40	45	45	50	50	50	50	50	50
80	40	45	45	50	50	50	50	50	50
90	60	60	60	60	60	60	60	60	60
100	60	60	60	60	60	60	60	60	60
110	70	70	70	70	70	70	70	70	70
120	70	70	70	70	70	70	70	70	70

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRO DE CARRETERAS (INVIAS)

TABLA 4. VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL SEGMENTO CENTRAL DEL RAMAL DE ENLACE (VRE) CUANDO $\Delta \geq 180^\circ$ (KM/H)

Velocidad específica de la calzada de origen (Km/h)	VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA CALZADA DE DESTINO (Km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
40	25	25	25	25	25	30	30	30	30
50	30	30	30	30	30	35	35	35	35
60	30	30	30	30	30	35	35	35	35
70	35	35	35	35	35	35	35	35	35
80	35	35	35	35	35	35	35	35	35
90	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	40	40	40	40	40	40	40	40	40
110	50	50	50	50	50	50	50	50	50
120	50	50	50	50	50	50	50	50	50

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRO DE CARRETERAS (INVIAS)

6.1.3 SECCIÓN ENTRECruzAMIENTO

“Es el tramo de camino de un solo sentido de circulación, que permite el cruce de corrientes de tráfico, en uno de cuyos extremos convergen dos caminos con el mismo sentido de circulación y en el otro se separan.”¹

Para diseñar la sección de entrecruzamiento es necesario conocer los factores de equivalencia vehicular, al igual que el manual de diseño geométrico de carreteras, se tomaron los factores propuestos por el Departamento de Transporte de Gran

¹ Johnson, Egr. Ronald Cesar Gómez. *Texto del alumno Ingeniería de Tráfico*. Cochabamba : s.n., 2004.

Bretaña los cuales son los que se asemejan más a las condiciones viales de Colombia.

TABLA 5. FACTORES DE EQUIVALENCIA VEHICULAR

TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMOVILES DIRECTOS EQUIVALENTES (ade)	
	CARRETERAS	GLORIETAS
Bicicletas	0,50	0,50
Motocicletas	1,00	0,75
Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos	1,00	1,00
Buses	3,00	2,80
Vehículos comerciales medianos y pesados, vehículos de tracción animal	3,00	2,80

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRO DE CARRETERAS (INVIAS)

- Basados en la anterior tabla, se hace la conversión de tráfico mixto a Automóviles Directos Equivalentes (ade), para finalmente obtener la longitud mínima de la sección de entrecruzamiento.

TABLA 6. LONGITUDES MÍNIMAS DE ENTRECruzAMIENTO

Volumen de entrecruzamiento (ade/h)	Longitud mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1.000	75
1.500	120
2.000	200
2.500	290
3.000	410
3.500	565

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRO DE CARRETERAS (INVIAS)

6.1.4 NÚMERO DE CARRILES QUE SE REQUIERE COMO MÍNIMO EN LA SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO

$$N = \frac{W_1 + 3 \times W_2 + F_1 + F_2}{C}$$

Donde:

N: Número de carriles.

W_1 : Flujo mayor que se entrecruza, en ade/h.

W_2 : Flujo menor que se entrecruza, en ade/h.

F_1, F_2 : Flujos exteriores que no se entrecruzan, en ade/h.

C: Capacidad normal del carril de la vía principal, en ade/h.

6.1.5 ISLETAS

Tienen como función guiar los movimientos de los vehículos, refugiar peatones y ubicar señales de tránsito; están ubicadas entre carriles y pueden estar pintadas en el pavimento o separadas físicamente. Existen dos tipos de isletas direccionales (usadas en el presente proyecto) y separadoras

- Direccionales: Su cuerpo es triangular e indica al vehículo la ruta que debe tomar.



Las isletas deben llamar la atención de los vehículos, esto se logra si sus dimensiones son grandes.

6.1.6 RAMAL DE ENTRADA O SALIDA

Basados en la siguiente figura se determina el ancho de carril sencillo y ancho de calzada con único carril para sobrepasar un vehículo estacionado, dependiendo del radio interior como se especifica en la tabla. El peralte no debe ser inferior a 2%, ni mayor a 4% guiándose con el bombeo de las calzadas enlazadas.

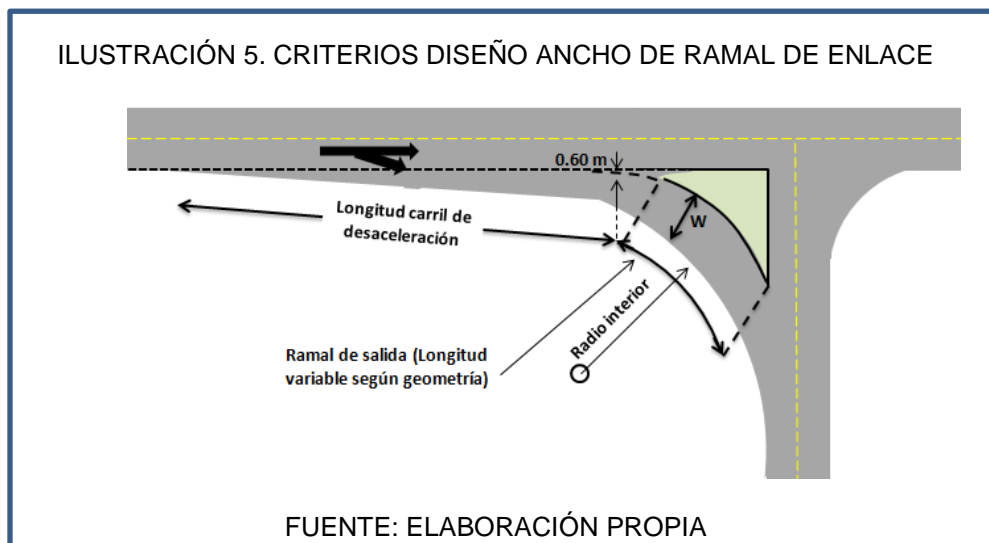


TABLA 7. ANCHO DE CALZADA EN RAMALES DE SALIDA O DE ENTRADA ENLACE EN FUNCIÓN DEL RADIO INTERIOR

Radio interior (m)	Ancho de un carril sencillo, W(m)	Ancho de calzada con un único carril con espacio para sobrepasar un vehículo estacionado, W(m)
15	6,20	9,50
20	5,70	8,90
25	5,30	8,40
30	5,00	8,00
40	4,60	7,40
50	4,50	7,00
75	4,50	6,50
100	4,50	6,20
150	4,50	6,10
Derecho	4,50	6,00

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRO DE CARRETERAS (INVIAS)

6.2 TRÁNSITO

6.2.1 VOLUMEN DE TRÁNSITO:

Es el número de vehículos que pasan por un punto o tramo específico, de un carril o calzada, durante un periodo dado. Existen diferentes tipos de volumen de tránsito: Tránsito anual (TA), Tránsito mensual (TM), Tránsito semanal (TS), Tránsito diario (TD), Tasa de flujo o flujo (q) y por último, el implementado en el presente proyecto, Tránsito horario (TH): es el número total de vehículos que pasan durante una hora por un punto o puntos determinados.

En el presente estudio se optó por usar el volumen de tránsito horario (TH) pues la información que éste proporciona es la requerida para resolver los objetivos propuestos, con el TH se obtiene los periodos de máxima demanda y hacer rediseño geométrico de una intersección.

6.2.2 CAPACIDAD VIAL:

“La capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la vía, del tránsito y los dispositivos de control.”²

6.2.3 NIVELES DE SERVICIO

Se define como nivel de servicio a la medida cualitativa de dar a conocer las condiciones en las que se encuentra la vía, el servicio que ésta presta y la forma como la perciben los conductores en cuanto a comodidad, opción de elegir la velocidad y seguridad que brinda. Existen seis diferentes niveles de servicio: (3)

- Nivel de servicio A: Los usuarios pueden circular a flujo libre, es decir a la velocidad deseada con un grado alto de comodidad. Los vehículos están distanciados en promedio 134 m con una densidad de 19 vehículos/km/carril.
- Nivel de servicio B: Se observan algunos vehículos circulando al mismo tiempo, se ve reducida la libertad de maniobra pero la velocidad sigue siendo inafectada. Los vehículos están distanciados en promedio 80 m con una densidad de 32 vehículos/km/carril.

² Reyes Spíndola , Rafael Cal y Mayor y Cárdenas Grisales, James. *Ingeniería de Tránsito*. Mexico : Alfaomega, 1994.

- Nivel de servicio C: La velocidad se ve afectada por la presencia de los demás vehículos que circulan, la libertad de maniobra se comienza a restringir. Los vehículos están distanciados en promedio 58 m con una densidad de 45 vehículos/km/carril.
- Nivel de servicio D: Velocidad y libertad de maniobra quedan restringidas, comodidad del usuario muy baja. Los vehículos están distanciados en promedio 50 m con una densidad en un rango de 54 a 63 vehículos/km/carril.
- Nivel de servicio E: Cerca al límite de capacidad de la vía. La velocidad de todos se ve reducida estando casi uniformes. La velocidad de los autos que allí transitan se reduce y se vuelve uniforme haciendo que casi todos los vehículos se movilizan a la misma velocidad. En este nivel el confort del conductor se reduce generando inconformidad y en la vía se presentan ya colapsos. densidad: 67 vehículos/km/carril.
- Nivel de servicio F: Se presenta en las condiciones de congestionamiento más críticas, la capacidad de la vía es sobrepasada en su totalidad y la velocidad de la vía puede llegar a 0km/h en las hora punta del día. Densidad: 80 vehículos/km/carril.³

6.2.4 DENSIDAD O CONCENTRACIÓN:

Se conoce como el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado expresado en (veh/km). (4)

$$k = \frac{q}{Ve}$$

Donde:

k = Densidad o concentración (veh/km)

q = número de automóviles directos equivalentes/hora

Ve = velocidad promedio (km/h)

Espaciamiento simple (S_i): Es la distancia entre dos vehículos consecutivos, generalmente se toma la distancia entre la defensa trasera de un vehículo y el otro.

³ Arandia, Juan gabriel Tapia, Tapia Arandia, Juan Gabriel y veizaga balta, romel daniel. *Apoyo didactico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Ingeniería de tráfico.* cochabamba, Bolivia : s.n., 2006.

Espaciamiento promedio (S): Es el promedio de todos los espaciamentos simples

$$S = \frac{1}{K}$$

Dónde:

S= espaciamiento promedio

K= Densidad o concentración

7. ANÁLISIS DEL ENTORNO

7.1 Descripción Intercambiador “Provenza”

Los municipios de Bucaramanga y Floridablanca pertenecen al área metropolitana de Bucaramanga. Se comunican de manera principal a través de la arteria principal que atraviesa la ciudad de norte a sur, la cual cuenta con dos vías paralelas ubicadas a lado y lado de dicha carretera. En su trayectoria y a la altura del barrio Provenza existe un enlace tipo trébol o intercambiador a desnivel que permite no solo la comunicación entre occidente y oriente sino además el “descongestionamiento” de los automóviles en la paralela oriental de la autopista.

La oreja sur-oriental al desembocar en la paralela oriental de la autopista se bifurca en dos vía cortas, la primera de ellas permitiendo que los vehículos sigan su derrotero hacia la ciudad de Bucaramanga (sur-norte) y la segunda permitiendo a los vehículos desplazarse hacia el sur.

ILUSTRACIÓN 6. VISTA SATELITAL INTERCAMBIADOR PROVENZA



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

Este intercambiador es la entrada principal por la parte superior hacia los barrios Asturias y Provenza y paso principal para quienes se dirigen en sentido Sur-Norte (Floridablanca-Bucaramanga). Alrededor de éste, especialmente en Provenza se genera congestión en la calle 105, pues sobre se encuentra el comercio de la zona, restaurantes, bares, panaderías, bancos, supermercados, los cuales no cuentan con la zona de parqueo adecuada para que los vehículos no estacionen sobre la vía y se genere caos como en la actualidad.

En la ilustración 7 y 8 se muestra la entrada y salida de los autos que desean tomar al ramal de enlace que comunica a cañaveral con Provenza

ILUSTRACIÓN 7. VISTA SUR-NORTE



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 8. RAMAL DE ENLACE, PARALELA-PROVENZA



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 9. ORIENTE-OCCIDENTE, VEHÍCULOS PROVINIENTES DE PARALELA Y BARRIO ASTURIAS HACIA PROVENZA



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 10. SALIDA INTERCAMBIADOR SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

Las anteriores ilustraciones (9 y 10) reflejan el número de automóviles que siguen su flujo directo, sin tomar ramales de enlace.

ILUSTRACIÓN 11. NORTE-SUR, DERECHA: RAMAL DE ENLACE HACIA PROVENZA



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 12. NORTE-SUR, INGRESO A INTERCAMBIADOR



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

En las ilustraciones 11 y 12 se puede observar el acceso a ramales de enlace el estado de las isletas

ILUSTRACIÓN 13. SALIDA PROVENZA, IZQUIERDA INTERCAMBIADOR, DERECHA PARALELA



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 14. PROVENZA-ASTURIAS, DERECHA SALIDA INTERCAMBIADOR SENTIDO OESTE-ESTE SOBRE PARALELA



Bucaramanga, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

Ilustraciones 13 y 14, ingreso ramales de enlace sentido Oeste-Este y sección de entrecruzamiento

7.2 Descripción intercambiador “Papi quiero piña”

El intercambiador a desnivel o enlace tipo trébol “papi quiero piña” ubicado en la vía principal que conduce a la ciudad de Floridablanca, permite la movilización de vehículos provenientes de Piedecuesta en sentido Sur-Norte, Bucaramanga en sentido Norte-Sur y Floridablanca-Barrio la paz (oriente-occidente). Es el punto principal de entrada y salida de la ciudad de Floridablanca, esto hace que en esta zona de la ciudad se vea afectada la movilidad principalmente en las horas pico, donde se presenta mayor desplazamiento hacia los sitios aledaños al intercambiador como se muestra a continuación:



Reducción de carril y obstaculización de la vía por obra del Sistema Integrado de Transporte Masivo metrolínea, suspendida desde hace algunos años, dificultando el flujo normal de los vehículos.

ILUSTRACIÓN 16. NORTE-SUR, DERECHA: RAMAL DE ENLACE BARRIO LA PAZ



Floridablanca, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 17. NORTE-SUR, DERECHA: INGRESO INTERCAMBIADOR



Floridablanca, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

Se puede decir que en este intercambiador el punto más crítico en cuanto a congestión es éste, allí se observa la zona de embarque y desembarque de pasajeros de los diferentes medios de transporte. Los buses de viaje terrestre podrían estar entre 10 a 20 minutos estacionados esperando llenar su cupo. Además, las casetas que ahí se ubican también incitan al conductor a detener su vehículo.



Ramal de enlace hacia Floridablanca o anillo vial, vehículos provenientes sentido Norte. En este punto están ubicados dos sitios importantes, a la izquierda cemex donde ingresan y salen constantemente los vehículos transportadores de concreto. A la derecha se encuentra el comando de la policía, que ocupa una parte del espacio de la vía pública con sus vallas.

ILUSTRACIÓN 19. SUR-NORTE, DERECHA: ACCESO RAMAL DE ENLACE HACIA FLORIDABLANCA



Floridablanca, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 20. SUR-NORTE, INGRESO RAMAL DE ENLACE



Floridablanca, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

En la bahía que se observa en la ilustración, los taxistas parquean sus vehículos hasta que sale algún pasajero, cuando queda el espacio vacío de éste, de forma inmediata otro ocupa su lugar, así nunca la bahía está libre y obstruye la movilidad por esta calzada.

Además de los inconvenientes que se presentan en el espacio del intercambiador, existen otros factores externos que hacen que este sea un punto crítico en la congestión vehicular. A continuación se muestran algunos de los sitios que dificultan el flujo normal del intercambiador, principalmente sitios de enseñanza en los que hay constante ingreso y salida de estudiantes en los diferentes medios de transporte.

ILUSTRACIÓN 21. SITIOS QUE RODEAN EL INTERCAMBIADOR “PAPI QUIERO PIÑA”



Floridablanca, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

7.3 Descripción Intercambiador El Palenque

En el municipio de girón se encuentra ubicado el enlace tipo trébol conocido como intercambiador el palenque, siendo éste uno de los elementos viales más importante del país, pues moviliza una gran cantidad de vehículos pesados con paso obligatorio por el anillo vial.

Alrededor de este intercambiador se encuentran sitios de gran importancia para la economía de Santander; la zona industrial alberga todo tipo de comercio, fábrica de aceites, grasas vegetales, polietileno, químicos, productos agrícolas, soja, abonos, almacenamiento de combustibles (gasolina, gas), bodegas, talleres mecánicos, ferreterías, concesionarios y el más importante centro de acopio y comercialización de productos alimenticios del Nororiente Colombiano (La Central de Abastos de Bucaramanga).

ILUSTRACIÓN 22. . VISTA SATELITAL INTERCAMBIADOR “EL PALQUENQUE”



Girón, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

Este intercambiador además de permitir el tránsito de vehículos pesados y el comercio en la zona industrial, es el paso para quienes se dirigen desde o hacia Bucaramanga, girón, aeropuerto y demás sitios que lo rodean: el SENA, CODIESEL, Barrio el Rincón de Girón, Barrio el palenque, Barrio san Antonio del Carrizal, Anillo Vial, cenfer, entre otros.

ILUSTRACIÓN 23. SENTIDO GIRÓN-BUCARAMANGA, DERECHA: RAMAL DE ENLACE ANILLO VIAL



Girón, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

Esta ilustración muestra el ramal de enlace que desemboca directamente sobre la vía principal hacia el Rincón de Girón

ILUSTRACIÓN 24. BARRIO RINCÓN DE GIRÓN-CHIMITÁ, DERECHA: RAMAL DE ENLACE HACIA BUCARAMANGA



Girón, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

La ilustración 24 muestra un carril de aceleración y uno de desaceleración, además la sección de entrecruzamiento en esta zona

ILUSTRACIÓN 25. BUCARAMANGA-GIRÓN, DERECHA: RAMAL DE ENLACE VÍA CHIMITÁ



Girón, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

ILUSTRACIÓN 26. CHIMITÁ-BARRIO RINCÓN DE GIRÓN, DERECHA: RAMAL DE ENLACE HACIA GIRÓN O AEROPUERTO



Girón, Santander. Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 07/2014.
Fecha de captura: 15/08/2014

9. METODOLOGÍA

9.1 Estudio de tránsito: Basados en la información obtenida de fuentes secundarias de las cuales se extrajeron datos necesarios para este estudio (hora de máxima demanda y puntos críticos para cada intercambiador a analizar) se procedió a tomar la información requerida en campo con el fin de determinar el volumen total de vehículos mixtos durante una hora en cada intercambiador.

La toma de información en campo se realizó en días típicos de tráfico. Martes 23 de septiembre aforo en papi quiero piña, martes 30 de septiembre aforo en provenza y por último, martes 7 de octubre aforo en el palenque.

- Primero, se analizaron los datos conseguidos de fuentes secundarias y según esta información se tomó la decisión de hacer los conteos durante una hora al día para cada intercambiador (hora pico); en papi quiero piña de 5: 15 pm hasta 6:15 pm, provenza de 6:15 pm hasta 7:15pm y palenque de 12:00 m hasta 1:00 pm. Posteriormente, se compraron y elaboraron los elementos necesarios con el fin de facilitar la recolección de datos en campo, principalmente en las zonas de mayor congestión.

ILUSTRACIÓN 27. CONTADOR MANUAL



FUENTE: EL AUTOR

- La información se recolectó en intervalos de tiempo de 15 minutos. El formato de las hojas se dividió de tal forma que el aforador pudiese escribir los intervalos indicados dependiendo el intercambiador y su hora de inicio y fin como se muestra en la siguiente ilustración. (formato completo. Ver anexo1)

ILUSTRACIÓN 28. ELABORACIÓN TABLA SUJETAPAPEL Y FORMATO PARA CONTEOS

Fecha: _____ Lugar: _____
 Condición climática: _____
 Aforador: _____
 Hora de inicio: _____ Hora fin: _____

Hora	Motocicletas	Autos	Buses	Camiones
07:00-07:15				
07:15-07:30				
07:30-07:45				
07:45-08:00				
08:00-08:15				
08:15-08:30				
08:30-08:45				
08:45-09:00				
09:00-09:15				
09:15-09:30				
09:30-09:45				
09:45-10:00				
10:00-10:15				
10:15-10:30				
10:30-10:45				
10:45-11:00				
11:00-11:15				
11:15-11:30				
11:30-11:45				
11:45-12:00				
12:00-12:15				
12:15-12:30				
12:30-12:45				
12:45-13:00				
13:00-13:15				
13:15-13:30				
13:30-13:45				
13:45-14:00				
14:00-14:15				
14:15-14:30				
14:30-14:45				
14:45-15:00				
15:00-15:15				
15:15-15:30				
15:30-15:45				
15:45-16:00				
16:00-16:15				
16:15-16:30				
16:30-16:45				
16:45-17:00				
17:00-17:15				
17:15-17:30				
17:30-17:45				
17:45-18:00				
18:00-18:15				
18:15-18:30				
18:30-18:45				
18:45-19:00				
19:00-19:15				
19:15-19:30				
19:30-19:45				
19:45-20:00				
20:00-20:15				
20:15-20:30				
20:30-20:45				
20:45-21:00				
21:00-21:15				
21:15-21:30				
21:30-21:45				
21:45-22:00				
22:00-22:15				
22:15-22:30				
22:30-22:45				
22:45-23:00				
23:00-23:15				
23:15-23:30				
23:30-23:45				
23:45-00:00				

FUENTE: EL AUTOR

- Las personas que colaboraron en los conteos fueron citadas una hora antes del inicio de éstos y así poder hacer entrega del material: esferos, sujetapapel con formato y contadores manuales; sincronización del reloj de cada uno para no tener inconvenientes en la hora de inicio y fin; finalmente ubicación en el sitio que correspondía a cada persona para hacer el conteo. (para información detallada de cada conteo, ver anexo 2).

ILUSTRACIÓN 29. TRABAJO EN CAMPO



FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 30. TRABAJO EN CAMPO



FUENTE: EL AUTOR



- Por último, Se dio por terminado el estudio de tránsito con la recolección de los datos y organización de éstos en tablas de excel, arrojando como resultado el número total de vehículos durante la hora de máxima de demanda para cada intercambiador. Las tablas realizadas se dividen en motos, automóviles, buses y camiones; la sumatoria total de cada tipo de vehículo se multiplicó por el factor de equivalencia vehicular correspondiente para cada uno en la columna de carreteras, según indica la tabla. (ver anexo 2)

9.2 Estudio de velocidades: Para llevar a cabo este estudio fue necesario diferenciar los tipos de velocidades y elegir el adecuado para este caso; la velocidad de operación es bajo la cual circula el 85% de los vehículos cuando no existe congestión (Percentil 85), la velocidad de diseño es la máxima velocidad permitida al usuario en condiciones de flujo libre y la velocidad límite legal es la establecida por autoridades en un trayecto determinado. (5)

La toma de datos en campo para el estudio de velocidades se llevó a cabo los mismos días del estudio de tránsito. Para los tres intercambiadores los aforos fueron realizados en horas valle en las que las condiciones de tráfico permitían a los conductores transitar a la velocidad deseada o permitida por la vía. Mediante inspección visual realizada días previos a los aforos, se concluyó que a partir de las 8:30 hay una disminución notable en la cantidad de vehículos que transitan por

estos tres puntos y se decidió hacer la toma de información de 8:45 pm a 9:45 pm.

- Elementos necesarios para la toma de datos: decámetro, cronómetro y cinta para demarcar el punto de inicio y fin.

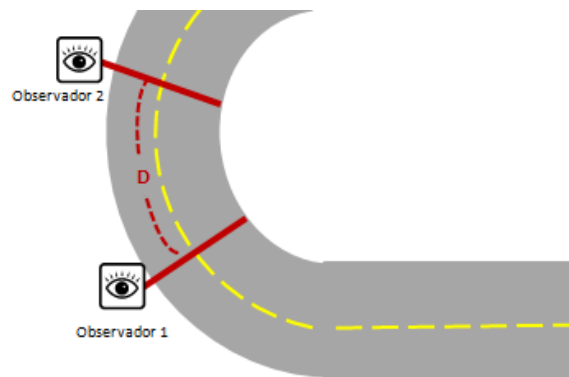
ILUSTRACIÓN 32. DECÁMETRO Y CINTA PARA ACOTAR INICIO Y FIN



FUENTE: EL AUTOR

- Se determinó el lugar exacto y los puntos donde se situaría cada observador, separados a una distancia determinada "D" de 14.8 metros y se tomó un número significativo de datos, que para el presente estudio fue de mínimo 30.
- Cuando el parachoques del vehículo cruzó la línea del observador 1, éste emitió una señal al observador 2 para que activara el cronómetro y cuando el parachoques del vehículo cruzó la segunda línea se detenía el cronómetro. Se tomó registro del tiempo de cada trayecto en segundos y finalmente se hizo la tabulación de datos en Excel con el fin de obtener la velocidad promedio en cada tramo y el percentil 85 mediante las gráficas.

ILUSTRACIÓN 33. TOMA DE VELOCIDADES EN CAMPO



FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 34. TOMA DE VELOCIDADES EN CAMPO

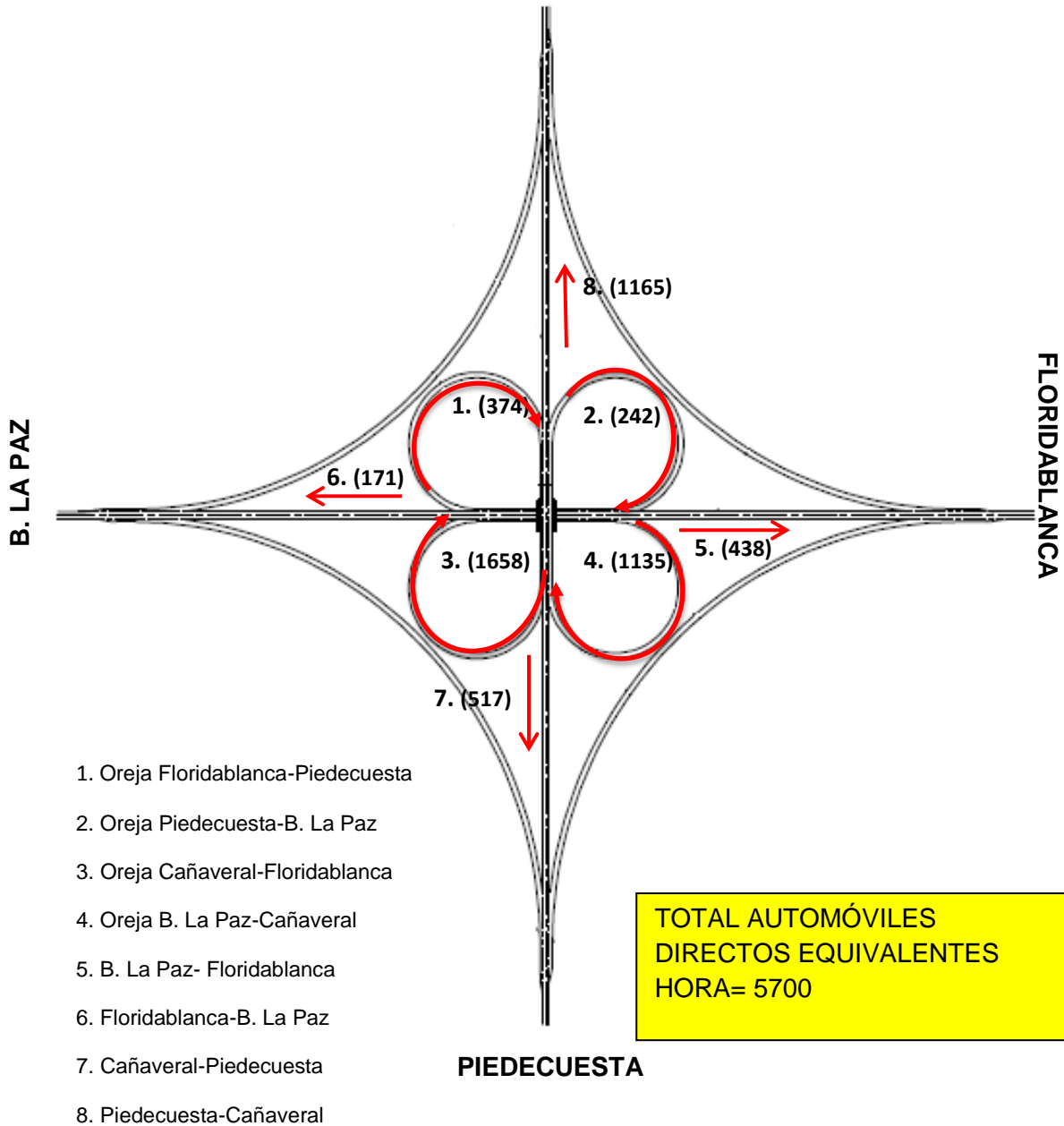


FUENTE: EL AUTOR

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1 PAPI QUIERO PIÑA:

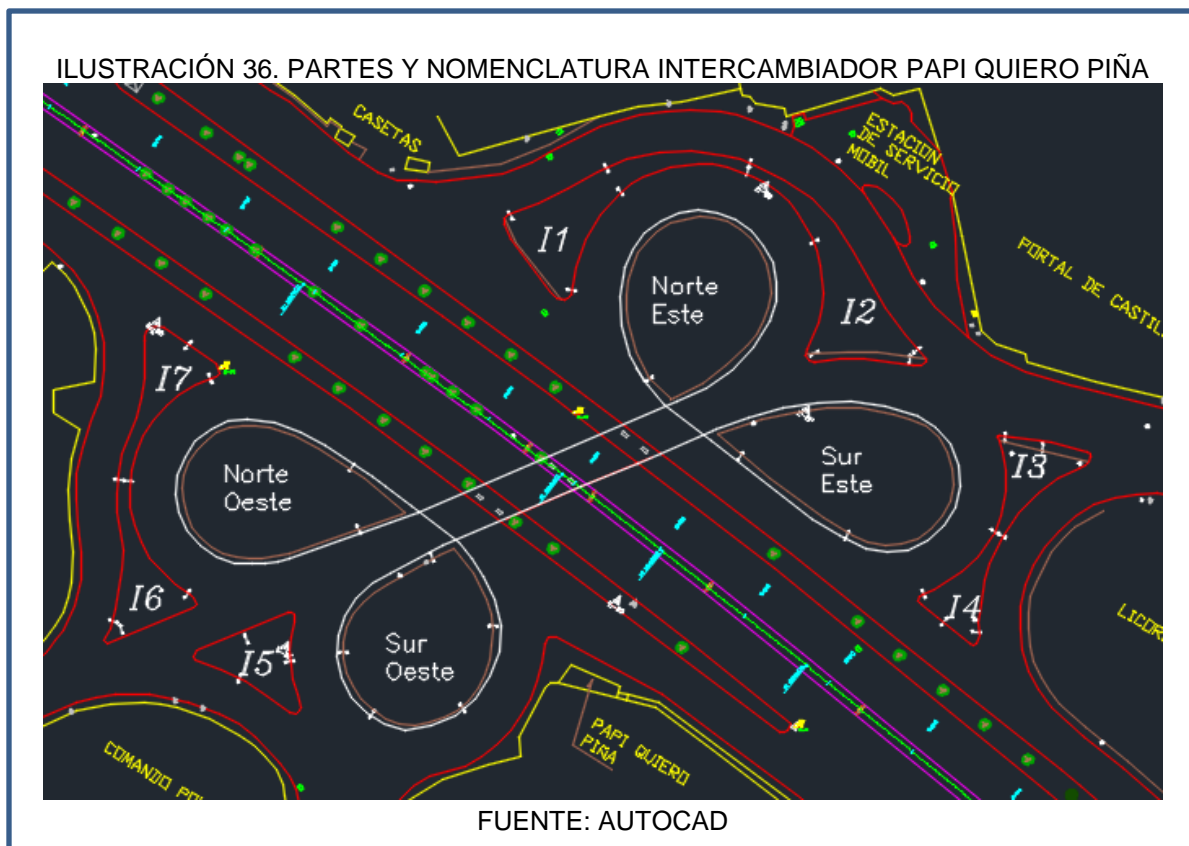
ILUSTRACIÓN 35. VOLUMENES TOTALES (ADE/H)
CAÑAVERAL



La ilustración 35 contiene los totales de los conteos vehiculares realizados en el intercambiador Papi Quiero Piña ya convertidos a automóviles directos equivalentes y con la nomenclatura de cada ramal de enlace, los barrios que comunica y el sentido de cada uno, con el fin de facilitar el desarrollo de los siguientes aspectos a verificar.

10.1.1 ANCHO DE CALZADA

La ilustración 36 muestra el nombre que recibe cada ramal de enlace según su orientación cartesiana. Adicionalmente, las isletas están marcadas con una letra I acompañada de números del 1 al 7. Para el presente estudio, las isletas I1-I2, I3-I4, I6-I7 son llamadas continuas, pues están unidas entre sí a lo largo del ramal de enlace y solo poseen dos radios.



A continuación, en la tabla 8 se indican los valores mínimos por normatividad para los anchos de calzada en los ramales de enlace dependiendo el radio de éstos.

TABLA 8. ANCHO DE CALZADA SEGÚN NORMA

Radio interior (m)	Ancho de calzada con un único carril con espacio para sobrepasar un vehículo estacionado, W(m)
15	9,50
20	8,90
25	8,40
30	8,00
40	7,40
50	7,00
75	6,50
100	6,20
150	6,10
Derecho	6,00

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS (INVIAS)

En la tabla 9 se encuentran los datos de ancho de calzada y radios de los ramales de enlace necesarios para hacer la verificación de los anchos de calzada según lo reglamentado en el manual de diseño geométrico, capítulo seis para intersecciones a desnivel. El radio 1 indica el inicio del ramal en el sentido del flujo vehicular, el radio 2 es el central y el radio 3 el final del ramal.

TABLA 9. COMPROBACIÓN ANCHO DE CALZADA

DESCRIPCIÓN		NORTE-ESTE	SUR-ESTE	NORTE-OESTE	SUR-OESTE
ANCHO CALZADA (m)		8,623	8,629	8,52	8,684
RADIO 1	Radio (m)	27,9	47,3	17,7	22,3
	Ancho mínimo calzada	8,11	7,108	9,176	8,67
RADIO 2	Radio (m)	18,8	17,5	-	19,2
	Ancho mínimo calzada	9,044	9,2	-	8,996
RADIO 3	Radio (m)	35,2	-	-	-
	Ancho mínimo calzada	7,688	-	-	-

FUENTE: EL AUTOR

Al hacer la verificación del ancho actual de las calzadas en los ramales de enlace, se obtuvo como resultado que para el ramal NORTE-ESTE no cumple el ancho mínimo de calzada el radio 2. (18.8 m); el ramal SUR-ESTE no cumple el radio 2. (17.5m); el ramal NORTE-OESTE no cumple el radio 1. (17.7m) que además es el único que posee este enlace; finalmente para el ramal SUR-OESTE no cumple el radio 2. (19.2m).

10.1.2 ISLETAS

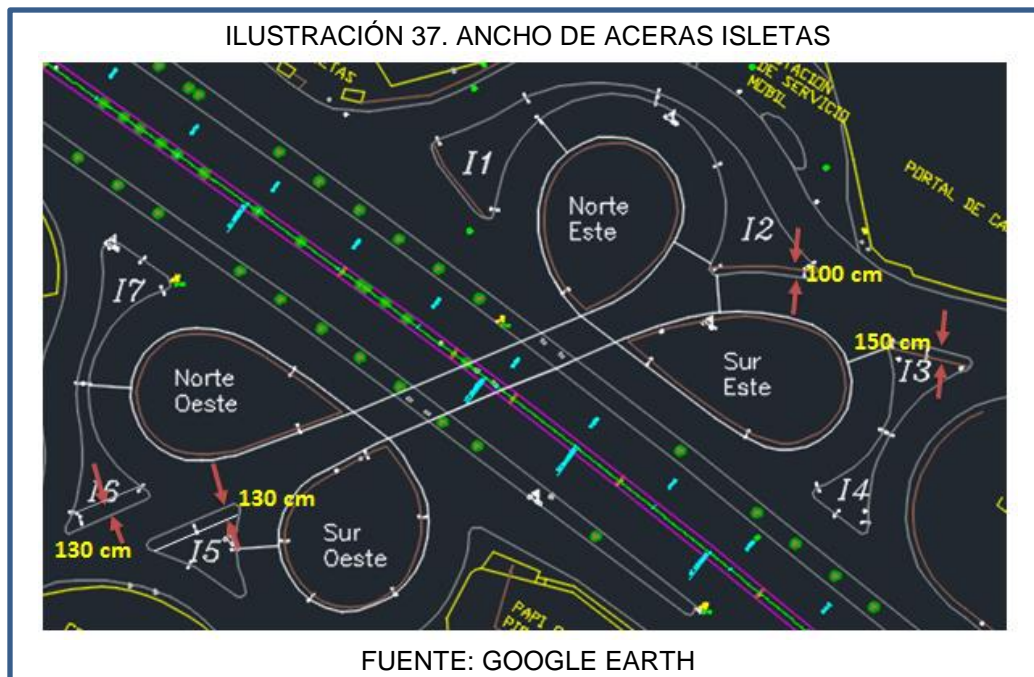
Las isletas de este intercambiador no poseen berma y deben cumplir las normas indicadas en el manual de diseño geométrico de carreteras para este tipo, en los radios y en las aceras. Los radios de la isleta ubicados en el inicio de curva de los ramales de enlace deben estar entre 0.30 m y 0.50m como mínimo, al igual que las aceras de las éstas localizadas sobre las calzadas principales o secundarias, como mínimo deben tener un ancho de 0.50m (ver ilustración 3 del presente estudio).

ISLETAS	Radio 1 (m)	Radio 2 (m)	Radio 3 (m)
I1	1,62	1,65	Continua
I2	1,31	1,05	Continua
I3	0,39	1,23	Continua
I4	1,23	1,51	Continua
I5	1,04	1,39	1,3
I6	0,67	1,1	Continua
I7	2,39	1,46	Continua

FUENTE: EL AUTOR

La tabla 10 contiene las medidas de los radios para cada isleta de este intercambiador. El menor radio está ubicado en la isleta 3 con una medida de 0.39m. Todos los radios cumplen las condiciones mínimas exigidas por el INVIAS.

En la ilustración que se muestra a continuación se encuentran ubicadas las medidas del ancho de acera para las isletas sin berma de Papi Quiero Piña. Las isletas (I2,I3,I5,I6) cumplen sin ningún inconveniente el ancho mínimo, pero las isletas (I1,I4,I5,I7) no poseen acera, obligando al peatón que se sitúe allí a hacerlo en la zona interna de la isleta que por lo general está cubierta de maleza, el terreno es inestable y poco uniforme. (Normas ancho de aceras, ver ilustración 3).



10.1.3 SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO

Papi quiero piña posee cuatro secciones de entrecruzamiento, dos sobre el puente y dos bajo el puente. La sección 1 está entre los ramales Norte-Oeste y Sur-Oeste, la conforman los vehículos provenientes del enlace que comunica a Floridablanca con Piedecuesta y los que desean ingresar al enlace que comunica a Bucaramanga con Floridablanca. El entrecruzamiento 2 se ubica entre los enlaces Norte-Este y Sur-Este, compuesto por los vehículos que se desplazan desde el barrio la Paz hacia Bucaramanga y desde Piedecuesta hacia el barrio la Paz. La sección de entrecruzamiento 3 está entre los ramales de enlace Norte-Oeste y Norte-Este, conformada por vehículos que proceden de Piedecuesta hacia el barrio la Paz y desde Floridablanca hasta Piedecuesta. Finalmente, la Sección 4 está ubicada entre el ramal Sur-Este y Sur-Oeste, los vehículos en ésta se dirigen desde Bucaramanga hacia Floridablanca y el barrio la Paz hacia Bucaramanga.

La ilustración 38 muestra la localización exacta de cada sección de entrecruzamiento en el mapa, la longitud real del tramo y la longitud que según la norma del INVIAS debería ser la mínima de acuerdo con el número de automóviles directos equivalentes por hora que allí transitan. A continuación se muestra el procedimiento para hallar las longitudes mínimas:

- Sección 1. (Norte-Oeste y Sur-Oeste):
 Volumen Norte-Oeste: 374 (ade/h)
 Volumen Sur-Oeste: 1658 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $374+1.658= 2.032$ (ade/h)

Basados en la tabla 6 del presente estudio, el volumen de entrecruzamiento está entre 2.000 y 2.500 (ade/h) al igual que la Longitud mínima entre 200 y 290 m; el valor 2.032 no está en la tabla, entonces, es necesario interpolar estos valores y así tener obtener la longitud exacta que se requiere en esta sección.

ILUSTRACIÓN 38. INTERPOLACIÓN SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO

Volumen de entrecruzamiento (ade/h)	Longitud mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
2.000	200
2.032	x
2.500	290

FUENTE: EL AUTOR

$$\begin{array}{cc}
 500 & 90 \\
 468 & x
 \end{array}
 \quad
 x = \frac{468 * 90}{500} = 84.24$$

Finalmente, se resta el valor de la x a 290 y se obtiene la distancia mínima de entrecruzamiento.

Longitud mínima de entrecruzamiento= $290-84.24= 205.76$ m

Longitud real: 76.25 m

Faltan **129.51 m**, más del doble de la longitud actual, para que en esta sección no se presenten inconvenientes entre los automóviles que salen del ramal Norte-Oeste y los que ingresan al ramal Sur-Oeste.

Para todas las secciones de entrecruzamiento de los 3 intercambiadores se realiza el procedimiento de interpolación de la misma manera que en el ejemplo anterior.

- Sección 2. (Norte-Este y Sur-Este):
 Volumen Norte-Este: 242 (ade/h)

Volumen Sur-Este: 1.135 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $242+1.135= 1.377$ (ade/h)
 Longitud mínima entre 75 y 120
 Longitud mínima: **108,93 m**
 Longitud real: 83.53 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: **25.4 m**

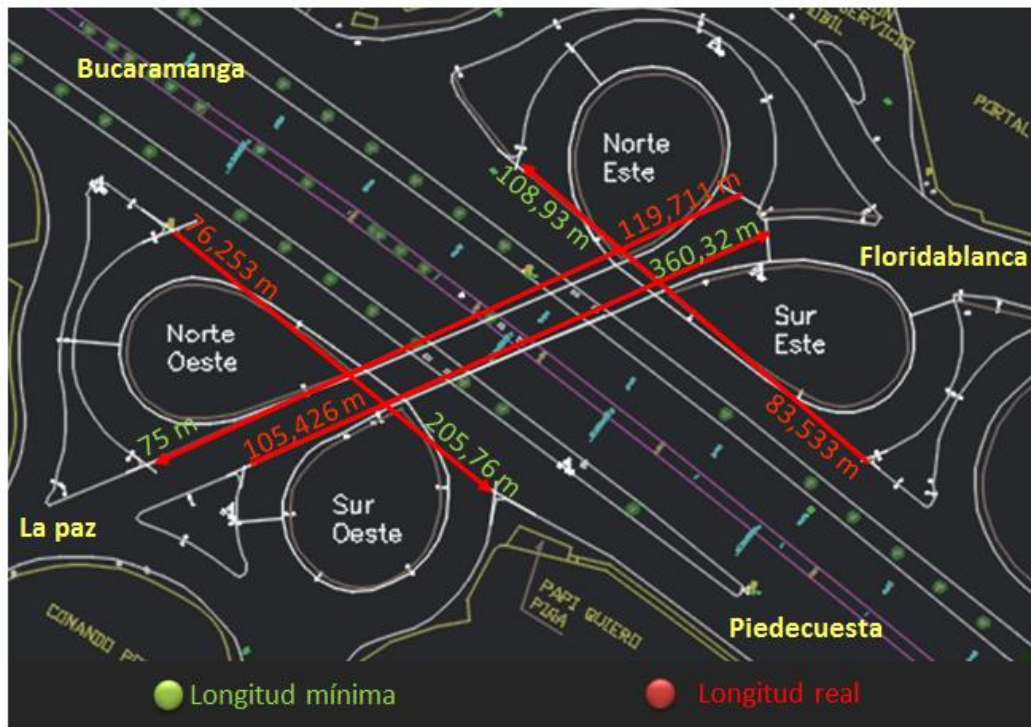
- Sección 3. (Norte-Oeste y Norte-Este):
 Volumen Norte-Oeste: 374 (ade/h)
 Volumen Norte-Este: 242 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $374+242= 616$ (ade/h)
 Longitud mínima: **75 m**
 Longitud real: 119.71 m

Estos dos ramales de enlace son los que menor flujo vehicular presentan durante las horas punta del día, al no ser éstos tan transitados, la longitud de entrecruzamiento que requiere es menor a las demás. Para el intercambiador Papi quiero Piña es la única sección de entrecruzamiento que cumple la Longitud mínima.

- Sección 4. (Sur-Este y Sur-Oeste):
 Volumen Sur-Este: 1.135 (ade/h)
 Volumen Sur-Oeste: 1.658 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $1.135+1.658= 2.793$ (ade/h)
 Longitud mínima: **360.32 m**
 Longitud real: 105.43 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: **254,89m**

Es este tramo el de condiciones más críticas del intercambiador, la suma de automóviles directos equivalentes que en esta sección se cruzan llega casi a los 3.000. La diferencia entre la longitud que posee el tramo y la que necesita como mínimo es de 254.89 m, razón por la que posiblemente se forman en esta zona largas filas de espera para llegar al lugar deseado por cada conductor.

ILUSTRACIÓN 39. LONGITUDES DE ENTRECruzAMIENTO



FUENTE: AUTOCAD

10.1.4 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES EN LA SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO

Con el fin de evitar colapsos e inconvenientes en las secciones de entrecruzamiento, el INVIAS plantea una forma de calcular el número mínimo de carriles que requiere cada tramo de entrecruzamiento (ver página 19 numeral 6.1.4), ésta fue modificada en el presente informe con el fin de usar solo los datos que contiene el intercambiador:

$$N = \frac{W_1 + 3 \times W_2 + F_1}{C}$$

Dónde:

N: Número de carriles.

W_1 : Flujo mayor que se entrecruza, en ade/h.

W_2 : Flujo menor que se entrecruza, en ade/h.

F_1 : Flujos exteriores que no se entrecruzan, en ade/h.

C: Capacidad normal del carril de la vía principal, en ade/h.

La tabla 11. Resume Los datos de cada tramo necesarios para introducir en la anterior fórmula y obtener el número de carriles.

TABLA 11 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES SECCIÓN ENTRECruzAMIENTO PAPI QUIERO
PIÑA

Norte-Oeste y Sur-Oeste		Norte-Este y Sur-Este	
w1	1658	w1	1135
w2	374	w2	242
f1	517	f1	1165
c	2000	c	2000
N	1,6485	N	1,513
N aprox.	2,000	N aprox.	2,000

Norte-Oeste y Norte-Este		Sur-Este y Sur-Oeste	
w1	374	w1	1658
w2	242	w2	1135
f1	171	f1	438
c	2000	c	2000
N	0,6355	N	2,7505
N aprox.	1,000	N aprox.	3,000

FUENTE: EL AUTOR

Al igual que en los resultados obtenidos en el procedimiento de longitud mínima en la sección de entrecruzamiento, el tramo que requiere un mayor número de carriles es el comprendido por los ramales de enlace Sur-Este y Sur-Oeste: 3 carriles.

10.1.5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD A FLUJO LIBRE

Se tabularon los 30 datos recolectados y a partir de éstos se obtuvo la velocidad promedio para cada tramo, además se extrajeron datos requeridos para calcular el percentil 85 e identificar la velocidad de operación de la vía.

- Sentido Norte-Sur, bajo el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo:
Velocidad mínima: 30 km/h
Velocidad máxima: 53 km/h
Intervalos: 10
Ancho de intervalo aprox: 3

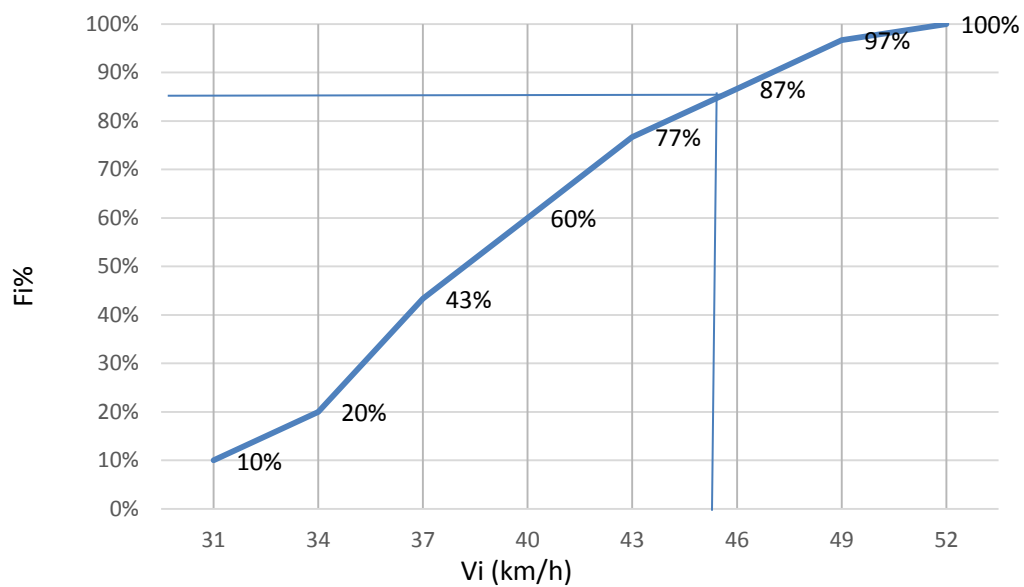
Velocidad promedio: 39,97 km/h

TABLA 12. TABLA PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE

VELOCIDAD	V_i (Km/h)	f_i	$f_i \%$	F_i	$F_i \%$	
30	32	31	3	10%	3	10%
33	35	34	3	10%	6	20%
36	38	37	7	23%	13	43%
39	41	40	5	17%	18	60%
42	44	43	5	17%	23	77%
45	47	46	3	10%	26	87%
48	50	49	3	10%	29	97%
51	53	52	1	3%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 40. GRÁFICA PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE



FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 45 km/h

- Sentido Sur-Norte, bajo el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo:

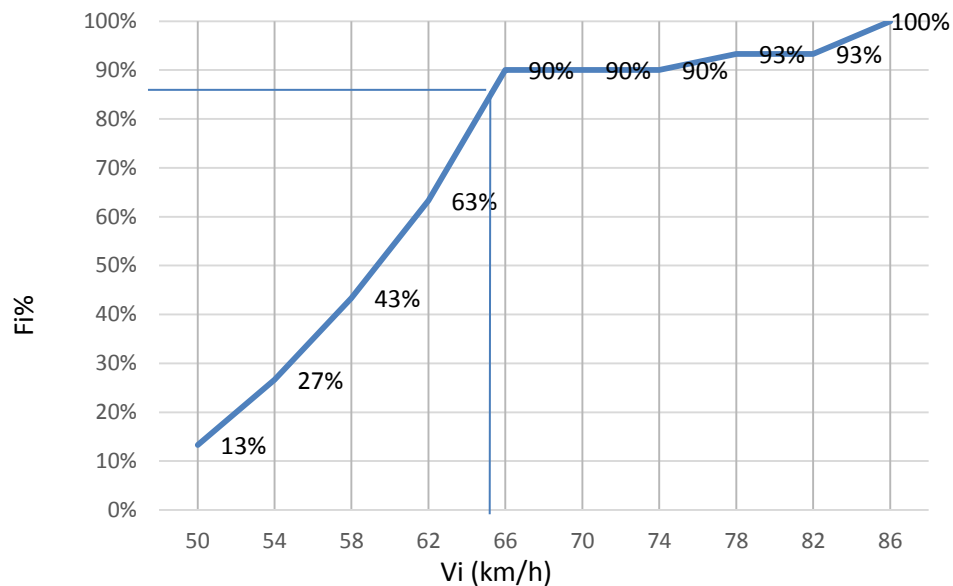
Velocidad mínima: 48 km/h
 Velocidad máxima: 83 km/h
 Intervalos: 10
 Ancho de intervalo aprox: 4
 Velocidad promedio: 61,15 km/h

TABLA 13. PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE

VELOCIDAD		Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %
48	51	50	4	13%	4	13%
52	55	54	4	13%	8	27%
56	59	58	5	17%	13	43%
60	63	62	6	20%	19	63%
64	67	66	8	27%	27	90%
68	71	70	0	0%	27	90%
72	75	74	0	0%	27	90%
76	79	78	1	3%	28	93%
80	83	82	0	0%	28	93%
84	87	86	2	7%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 41. GRÁFICA PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE



FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 65,8 km/h

- Sentido Oeste-Este, sobre el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo:

Velocidad mínima: 31 km/h

Velocidad máxima: 83 km/h

Intervalos: 10

Ancho de intervalo aprox: 6

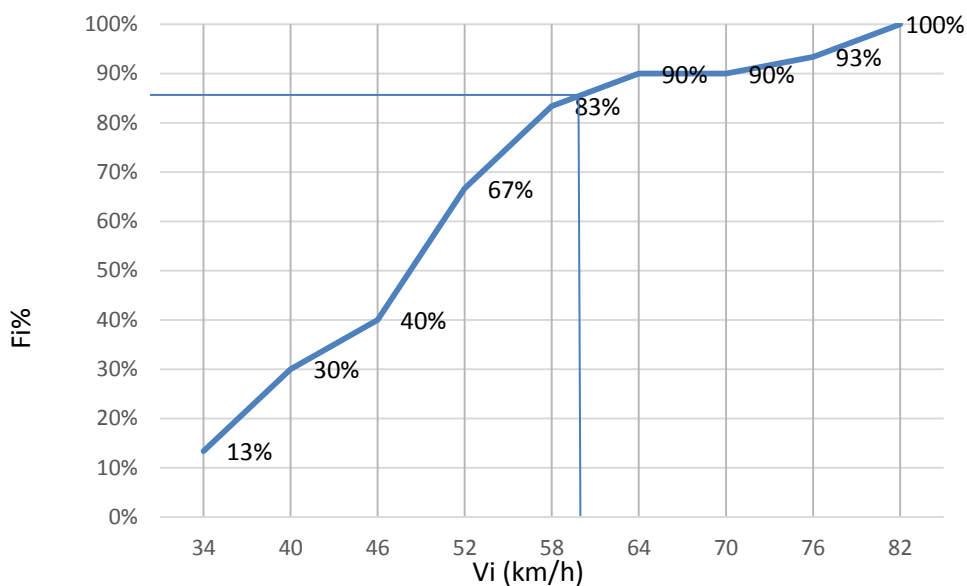
Velocidad promedio: 51,17 km/h

TABLA 14. PERCENTIL OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE

VELOCIDAD	Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %	
31	36	34	4	13%	4	13%
37	42	40	5	17%	9	30%
43	48	46	3	10%	12	40%
49	54	52	8	27%	20	67%
55	60	58	5	17%	25	83%
61	66	64	2	7%	27	90%
67	72	70	0	0%	27	90%
73	78	76	1	3%	28	93%
79	84	82	2	7%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 42. GRÁFICA PERCENTIL 85 OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE



FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 60 km/h

- Sentido Este-Oeste, sobre el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo:

Velocidad mínima: 45 km/h

Velocidad máxima: 77 km/h

Intervalos: 10

Ancho de intervalo aprox: 4

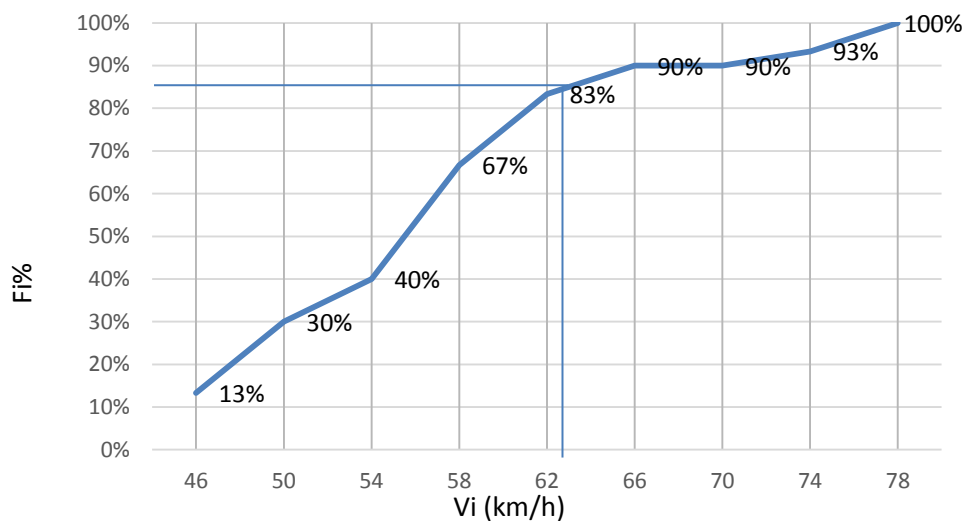
Velocidad promedio: 52,73 km/h

TABLA 15. PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE

VELOCIDAD	Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %	
45	48	46	9	30%	9	30%
49	52	50	7	23%	16	53%
53	56	54	9	30%	25	83%
57	60	58	2	7%	27	90%
61	64	62	1	3%	28	93%
65	68	66	1	3%	29	97%
69	72	70	0	0%	29	97%
73	76	74	0	0%	29	97%
77	80	78	1	3%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 43. GRÁFICA PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE



FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 62.5 km/h

10.1.6 NIVEL DE SERVICIO

La definición del nivel de servicio se desarrolló para el ramal de enlace que presenta mayor tránsito vehicular durante la hora pico del día de estudio. Como se ha evidenciado en los anteriores procedimientos, el enlace con mayor congestión es el Sur-Oeste, allí se encuentra una de las paradas principales de los buses de transporte y locales de venta de productos, este punto es conocido comúnmente con el nombre de Papi Quiero Piña.

- Densidad o concentración: Para hallar la densidad en este sitio fue necesario hacer una pequeña inspección en campo de la velocidad con la que recorren los conductores el ramal de enlace durante la hora pico. El flujo de los vehículos es lento, en algunos momentos las velocidades se reducen a 0 km/h y los conductores de la fila se ven limitados a llevar la misma velocidad de aquel que la encabeza. La velocidad promedio observada fue de 8km/h.

$$k = \frac{q}{V_e}$$

Número de vehículos directos equivalentes por hora (q)= 1.658

Velocidad promedio (Ve)= 8 km/h

$$k = \frac{1.658 \text{ veh/hora}}{8 \text{ km/h}}$$

$$k = 207.3 \text{ veh/km/carril}$$

Densidad (k)= 207.3 veh/km/carril

- Espaciamiento promedio: la tabla 16. Se realizó con el fin de saber la longitud promedio de los vehículos más comunes que se movilizan por el área metropolitana de Bucaramanga y así obtener el espaciamiento promedio entre vehículos durante el recorrido por el ramal de enlace Sur-Oeste.

TABLA 16. LONGITUD VEHÍCULOS EN EL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

MODELO	LONGITUD
Mazda 2	3,92
Mazda cx-5	4,56
Chevrolet spark GT	3,64
Chevrolet aveo	4,04
Chevrolet spark ls	3,50
Chevrolet captiva	4,67
Renault twingo	3,43
Renault logan	4,25
Kia picanto	3,60
Kia sportage	4,44
Toyota land cruiser	4,78
Hyundai atos	3,57
LONGITUD PROMEDIO	4,00

FUENTE: EL AUTOR

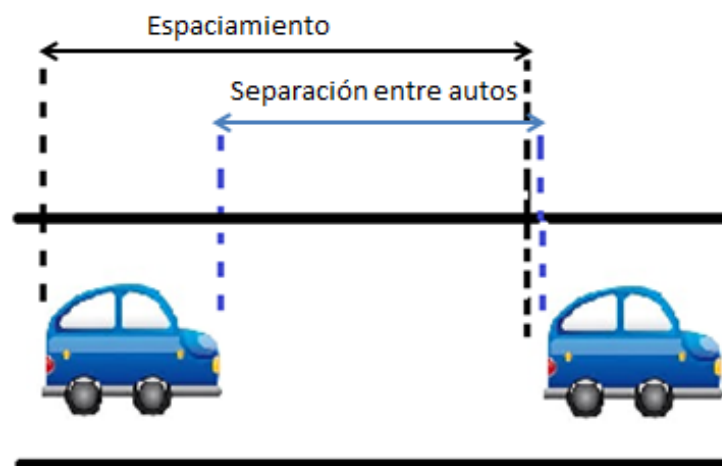
$$S_{prom} = \frac{1}{k}$$

Densidad (k)= 207.3 veh/km

$$S_{prom} = \frac{1}{207.3 \cancel{\text{km/veh}}} * \frac{1000 \cancel{\text{m}}}{1 \cancel{\text{km}}} = \frac{1000 \text{m}}{207.3 \text{veh}} = 4.82 \text{m/veh}$$

Espaciamiento promedio entre vehículos (S_{prom})= **4.82 m/veh.**

ILUSTRACIÓN 44. ESQUEMA ESPACIAMIENTO ENTRE AUTOS



FUENTE: EL AUTOR

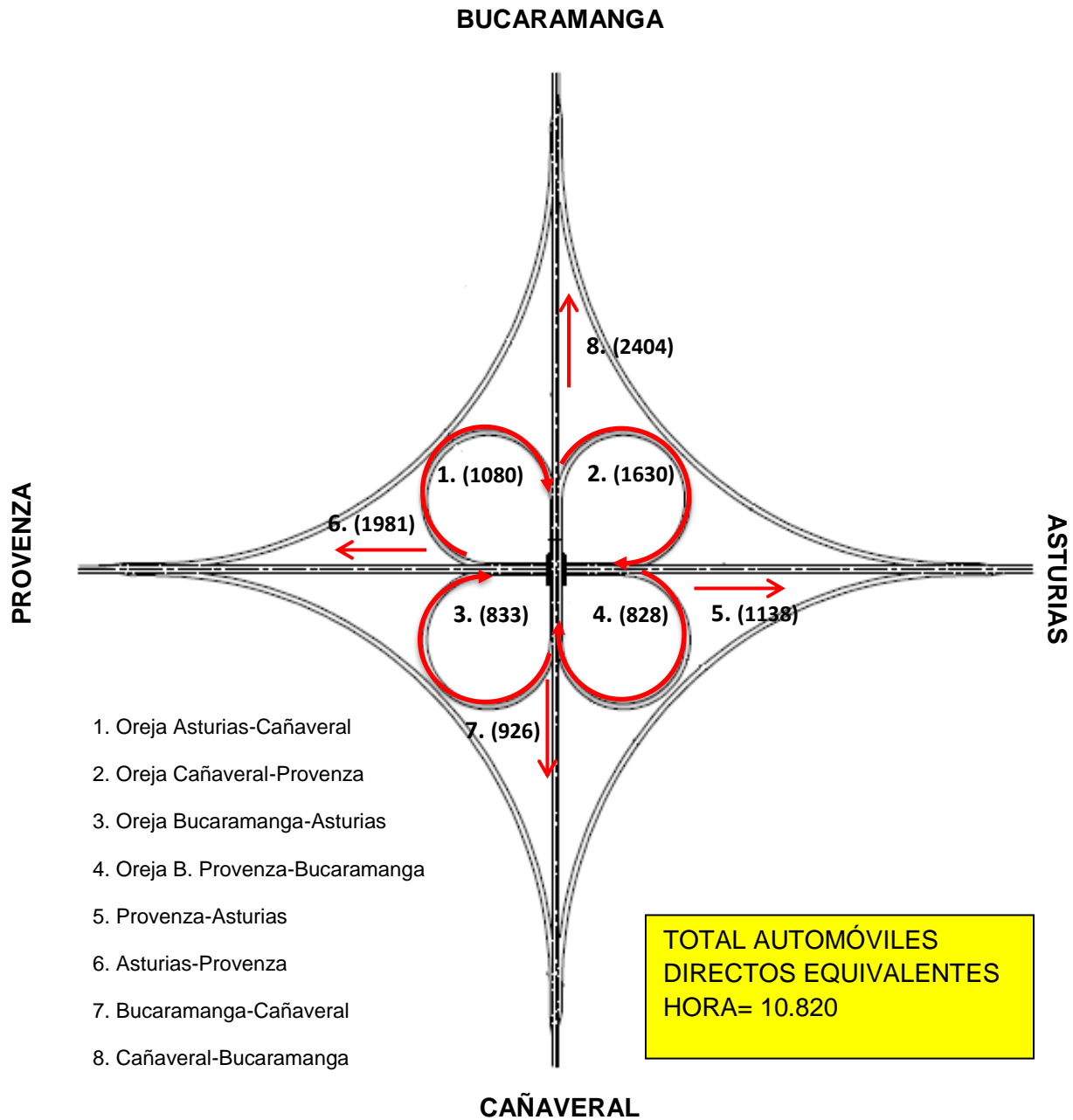
Teniendo en cuenta que el espaciamiento es la distancia que hay entre el parachoques trasero del vehículo que se encuentra en primer lugar y el parachoques trasero del vehículo que lo precede y que el largo aproximado de los autos es de 4m, se puede decir que el parachoques trasero del auto que está primero en la fila y el parachoques del auto que lo precede están distanciados por tan solo 0.82m; esta corta longitud limita al conductor en su arranque, pues si deja retroceder más de 0.82m su auto podría golpear el que se encuentra atrás de él y generar mayor congestión.

Según la densidad correspondiente al ramal de enlace Sur-Oeste y las características que éste presenta, se puede concluir que ofrece un **nivel de servicio F**, con muchas limitaciones para obtener velocidades a flujo libre y conducir en un ambiente agradable, que no genere incomodidad a los conductores.

Los métodos aplicados en el análisis de resultados para Papi Quiero Piña aplican de la misma forma para los dos intercambiadores restantes (Palenque y Provenza).

10.2 PROVENZA

ILUSTRACIÓN 45. VOLUMENES TOTALES (ADE/H)



10.2.1 ANCHO DE CALZADA

El intercambiador de Provenza está conformado por 5 isleta nombradas como I1, I2, I3-I4, I5.



TABLA 17. COMPROBACIÓN ANCHO DE CALZADA

DESCRIPCIÓN		NORTE-ESTE	SUR-ESTE	NORTE-OESTE	SUR-OESTE
ANCHO CALZADA (m)		8,623	8,629	8,52	8,684
RADIO 1	Radio (m)	17,1	26	25,2	28,5
	Ancho mínimo calzada	9,248	8,32	8,384	8,12
RADIO 2	Radio (m)	23,5	18	24	21,6
	Ancho mínimo calzada	8,55	9,14	8,5	8,74
RADIO 3	Radio (m)	-	31	17,3	28,8
	Ancho mínimo calzada	-	7,94	9,224	8,096

FUENTE: EL AUTOR

Para el ramal de enlace NORTE-ESTE no cumple el ancho mínimo de calzada exigido en la norma por el INVIAS el radio 1. (17.m), enlace SUR-ESTE no cumple el radio 2. (18 m), para el ramal NORTE-OESTE no cumple el radio 3. (17,3m) y para el ramal de enlace SUR-OESTE no cumple el radio 2. (21.6m), aunque a este último solo le faltan 0.60m para cumplir el ancho mínimo de calzada.

10.2.2 ISLETAS

ILUSTRACIÓN 47. DATOS ISLETA PROVENZA

ISLETAS	Radio 1 (m)	Radio 2 (m)	Radio 3 (m)
I1	1	0	Continua
I2	1	1,1	1
I3	1	1	1
I4	1	1	1
I5	1	1	Continua

FUENTE: EL AUTOR

La isleta 1 (I1) presenta solo un radio, pues sobre ésta se ubica el conjunto residencial las callejas (ver ilustración 44). Para el intercambiador de Provenza, todas las isletas cumplen con el radio mínimo.



El ancho mínimo de aceras cumple para las isletas que las poseen (I5,I3,I2), las isletas (I4,I1) no poseen y por tal motivo no cumplen la norma.

10.2.3 SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO

- Sección 1 (Norte-Oeste y Sur-Oeste) vehículos que se dirigen de Bucaramanga hacia Asturias y de Asturias hacia cañaveral.
 Volumen Norte-Oeste: 1.080 (ade/h)
 Volumen Sur-Oeste: 833 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $1.080+833= 1.913$ (ade/h)
 Longitud mínima entre 120 y 200
 Longitud mínima: **183,08 m**
 Longitud real: 92,23 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: **90,85 m**

- Sección 2. (Norte-Este y Sur-Este) Autos que desean tomar el ramal de enlace desde cañaveral hasta Provenza y los que salen de Provenza hacia Bucaramanga:
 Volumen Norte-Este: 1.630 (ade/h)
 Volumen Sur-Este: 828 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $1.630+828= 2.458$ (ade/h)
 Longitud mínima entre 200 y 290
 Longitud mínima: **282.44 m**
 Longitud real: 94.11 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: **188.33 m**

- Sección 3. (Norte-Oeste y Norte-Este):
 Volumen Norte-Oeste: 1.080 (ade/h)
 Volumen Norte-Este: 1.630 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $1.080+1.630= 2.710$ (ade/h)
 Longitud mínima entre 290 y 410
 Longitud mínima: **340,4 m**
 Longitud real: 89,59 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: **250,81 m**

- Sección 4. (Sur-Este y Sur-Oeste):
 Volumen Sur-Este: 1.135 (ade/h)
 Volumen Sur-Oeste: 1.658 (ade/h)
 Volumen total de entrecruzamiento: $1.135+1.658= 2.793$ (ade/h)
 Longitud mínima entre 120 y 200

Longitud mínima: **145,76 m**

Longitud real: 106,13 m

Longitud faltante para cumplir la norma: **39,63 m**

Ninguna sección de entrecruzamiento tiene la distancia que requiere como mínimo para evitar colisiones o congestiones. El tramo que se encuentra presenta mayor diferencia entre la longitud real y la longitud mínima es el conformado por los ramales de enlace Norte-Oeste y Norte-Este (sección3.), faltan 250,81 m para cumplir la distancia solicitada.

ILUSTRACIÓN 49. LONGITUDES DE ENTRECRUZAMIENTO



FUENTE: AUTOCAD

10.2.4 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES EN LA SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO

TABLA 18. NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES SECCIÓN ENTRECruzAMIENTO PROVENZA

Norte-Oeste y Sur-Oeste		Norte-Este y Sur-Este	
w1	1080	w1	1630
w2	833	w2	828
f1	926	f1	2404
c	2000	c	2000
N	2,2525	N	3,259
N aprox.	3,000	N aprox.	4,000

Norte-Oeste y Norte-Este		Sur-Este y Sur-Oeste	
w1	833	w1	1630
w2	828	w2	1080
f1	1138	f1	964
c	2000	c	2000
N	2,2275	N	2,917
N aprox.	3,000	N aprox.	3,000

FUENTE: EL AUTOR

Para tres de los tramos de Provenza se requieren 3 carriles en la sección de entrecruzamiento, es decir un carril más de los que hay en la actualidad. Los ramales de enlace Norte-Este y Sur-Este solicitan cuatro carriles en esta sección como mínimo, debido a que la suma de automóviles que no se entrecruzan y los que sí, es significativamente alto.

10.2.5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD A FLUJO LIBRE

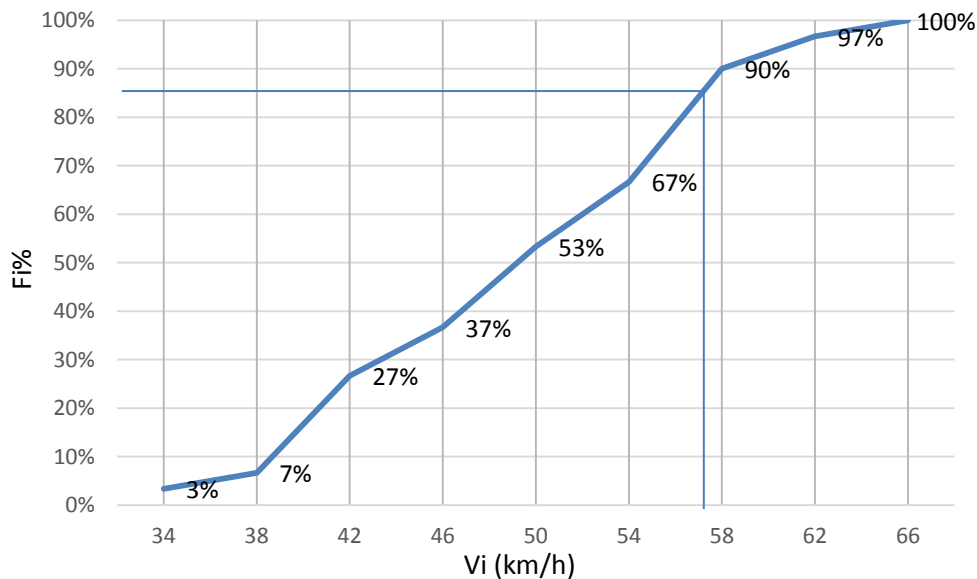
- Sentido Norte-Sur, bajo el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)
 Velocidad mínima: 32 km/h
 Velocidad máxima: 67 km/h
 Intervalos: 10
 Ancho de intervalo aprox: 4
 Velocidad promedio: 50,22 km/h

TABLA 19. PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE

VELOCIDAD		V_i (Km/h)	f_i	$f_i \%$	F_i	$F_i \%$
32	35	34	1	3%	1	3%
36	39	38	1	3%	2	7%
40	43	42	6	20%	8	27%
44	47	46	3	10%	11	37%
48	51	50	5	17%	16	53%
52	55	54	4	13%	20	67%
56	59	58	7	23%	27	90%
60	63	62	2	7%	29	97%
64	67	66	1	3%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 50. GRÁFICA PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE



Velocidad de operación aproximada: 57 km/h

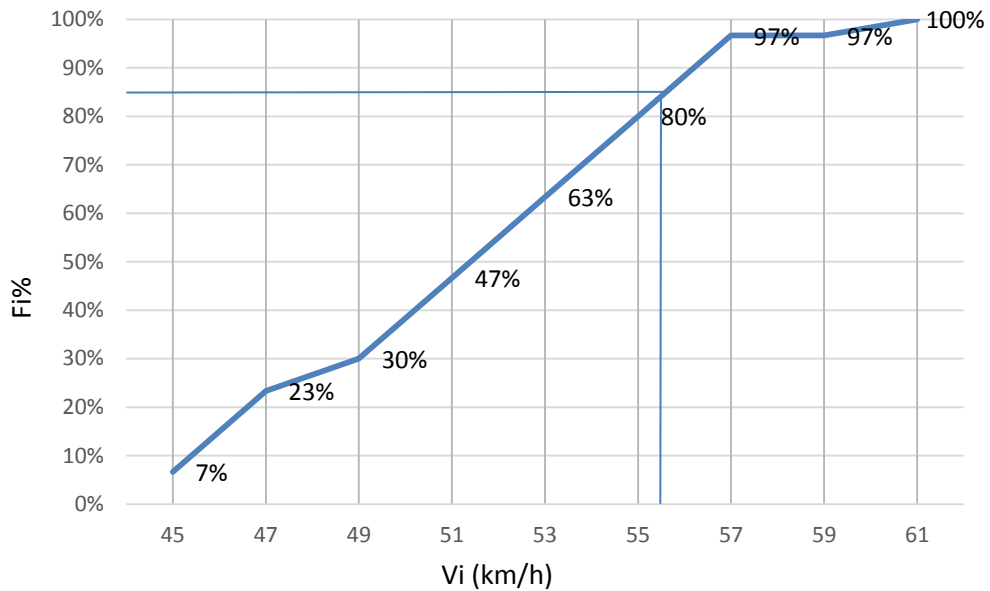
- Sentido Sur-Norte, bajo el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)
 Velocidad mínima: 44 km/h
 Velocidad máxima: 61 km/h
 Intervalos: 10
 Ancho de intervalo aprox: 2
 Velocidad promedio: 51,45 km/h

TABLA 20. PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE

VELOCIDAD		Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %
44	45	45	2	7%	2	7%
46	47	47	5	17%	7	23%
48	49	49	2	7%	9	30%
50	51	51	5	17%	14	47%
52	53	53	5	17%	19	63%
54	55	55	5	17%	24	80%
56	57	57	5	17%	29	97%
58	59	59	0	0%	29	97%
60	61	61	1	3%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 51. GRÁFICA PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE



FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 55,50 km/h

- Sentido Oeste-Este, sobre el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)

Velocidad mínima: 33 km/h

Velocidad máxima: 63 km/h

Intervalos: 10

Ancho de intervalo aprox: 3

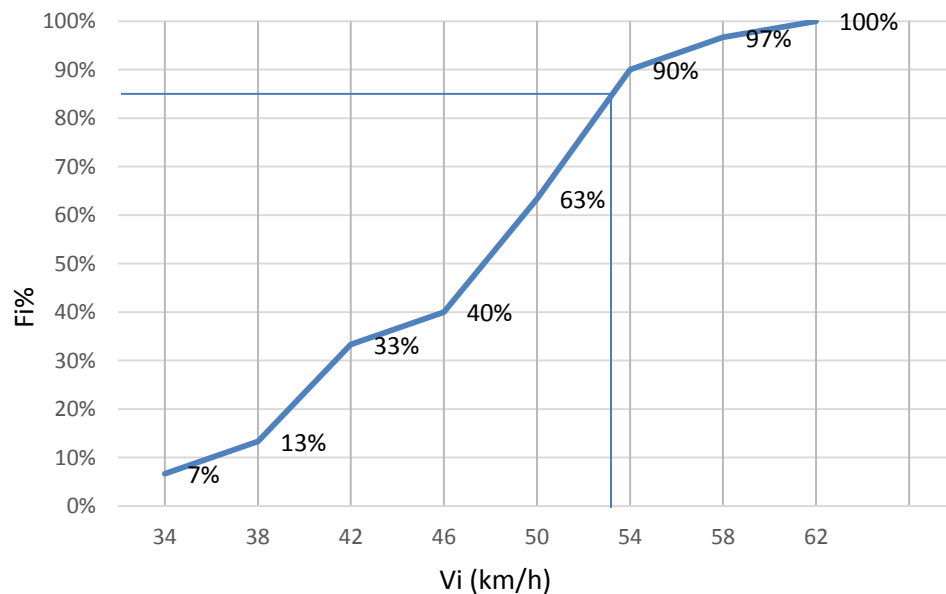
Velocidad promedio: 48,71 km/h

TABLA 21. PERCENTIL OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE

VELOCIDAD		Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %
33	36	34	2	7%	2	7%
37	40	38	2	7%	4	13%
41	44	42	6	20%	10	33%
45	48	46	2	7%	12	40%
49	52	50	7	23%	19	63%
53	56	54	8	27%	27	90%
57	60	58	2	7%	29	97%
61	64	62	1	3%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 52. GRÁFICA PERCENTIL 85 OESTE-ESTE, BAJO EL PUENTE



FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 53 km/h

- Sentido Este-Oeste, sobre el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)

Velocidad mínima: 42 km/h

Velocidad máxima: 63 km/h

Intervalos: 10

Ancho de intervalo aprox: 2

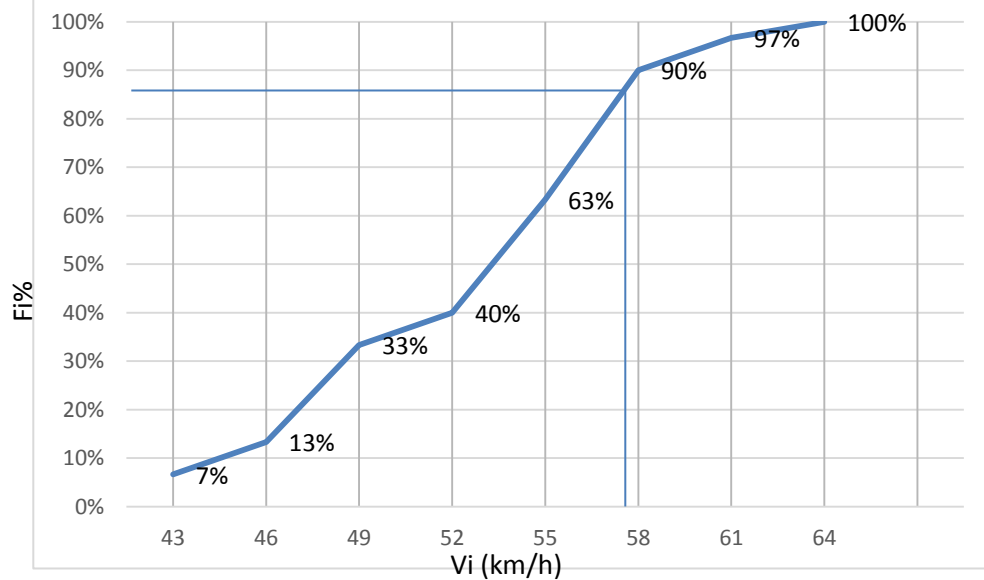
Velocidad promedio: 51,15 km/h

TABLA 22. PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE

VELOCIDAD	Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %	
42	44	43	4	13%	4	13%
45	47	46	10	33%	14	47%
48	50	49	2	7%	16	53%
51	53	52	2	7%	18	60%
54	56	55	4	13%	22	73%
57	59	58	4	13%	26	87%
60	62	61	2	7%	28	93%
63	65	64	2	7%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

ILUSTRACIÓN 53. GRÁFICA PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE



FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 57.5 km/h

10.2.6 NIVEL DE SERVICIO

- Densidad o concentración: El ramal de enlace estudiado es el Norte-Este, vehículos que desean ingresar a Provenza, provenientes de cañaveral, aunque en este intercambiador también se evidencian embotellamientos, la velocidad es un poco más alta que en el de papi quiero piña.

Número de vehículos directos equivalentes por hora (q)= 1.630

Velocidad promedio (Ve)= 10 km/h

$$k = \frac{1.630veh/hora}{12km/h}$$

$$k = 135,83 veh/km/carril$$

Densidad (k): 135,83 veh/km/carril

- Espaciamiento promedio:

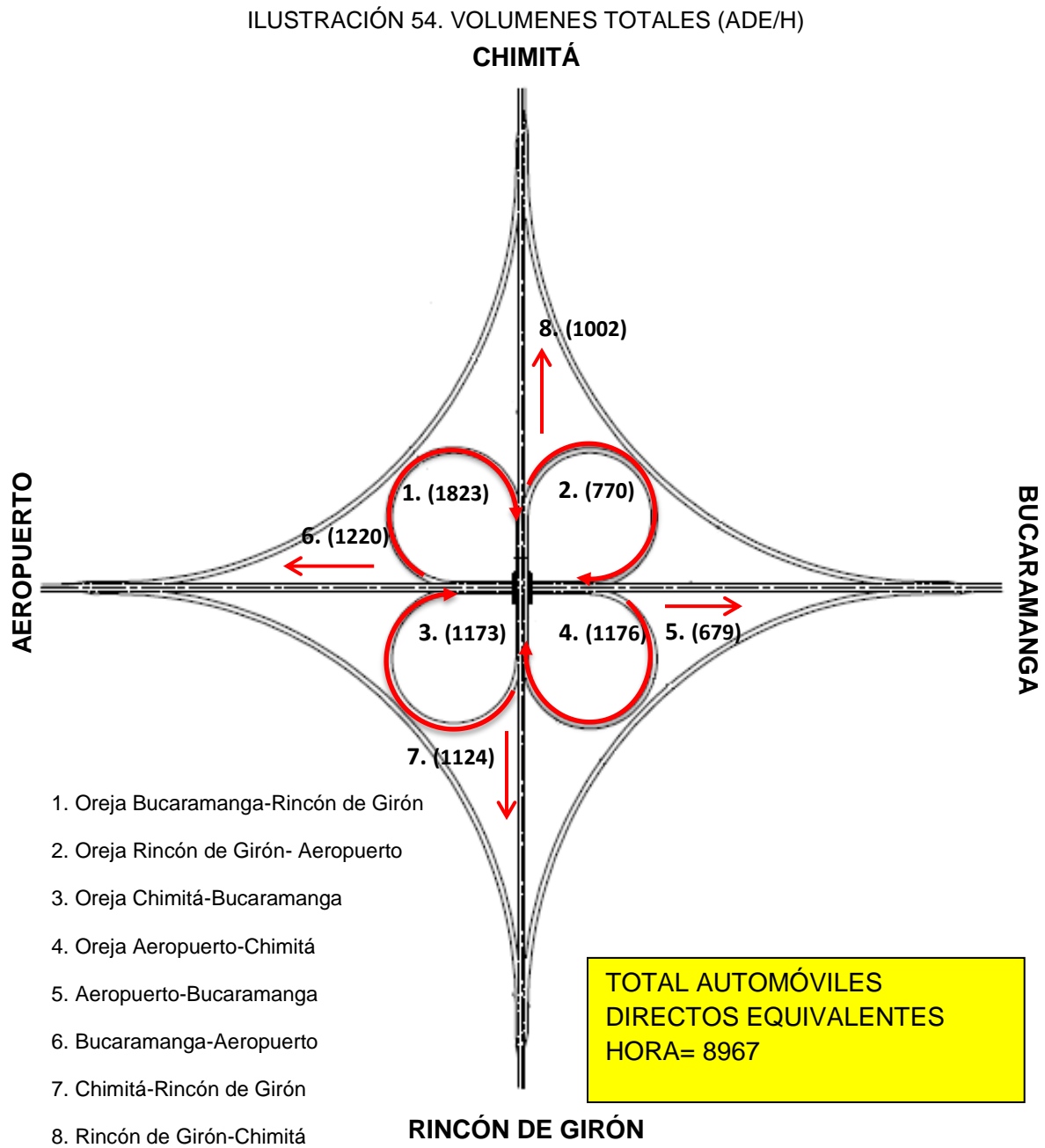
$$S_{prom} = \frac{1}{135,83km/veh} * \frac{1000m}{1km} = \frac{1000m}{135,83veh} = 7.36m/veh$$

Espaciamiento promedio entre vehículos (Sprom)= **7,36 m/veh.**

A pesar de obtenerse una menor densidad que en el intercambiador de Papi Quiero Piña casi la mitad, ésta sigue siendo significativamente alta, proporcionando un nivel de servicio F con condiciones deficientes para la comodidad y del conductor.

El espaciamiento promedio en Provenza permite al conductor dar arranque al auto sobre la pendiente con un poco más de confianza sin preocupación por golpear el vehículo que lo sigue.

10.3 PALENQUE



10.3.1 ANCHO DE CALZADA

Al igual que los dos anteriores intercambiadores se hallaron los radios de las orejas y realizando interpolación con los datos de la Tabla No. 7 se obtuvo el ancho mínimo que debería tener cada calzada con un único carril con espacio para sobrepasar un vehículo estacionado.

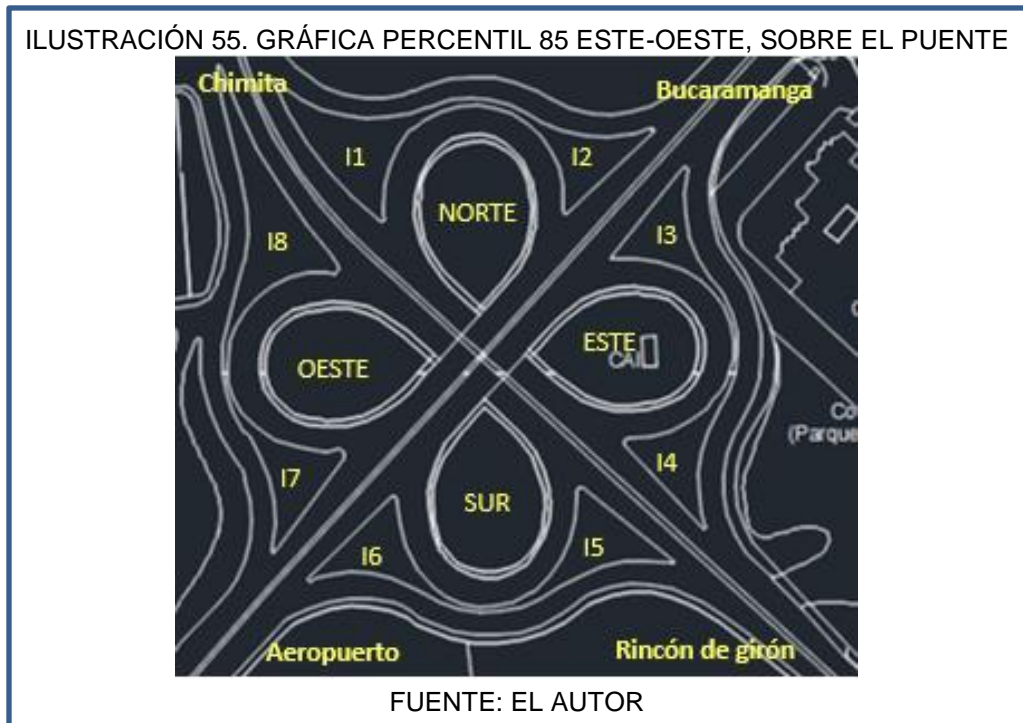


TABLA 23. COMPROBACIÓN ANCHO DE CALZADA

DESCRIPCIÓN		NORTE-ESTE	SUR-ESTE	NORTE-OESTE	SUR-OESTE
ANCHO CALZADA (m)		8,623	8,629	8,52	8,684
RADIO 1	Radio (m)	30	34	30	32
	Ancho mínimo calzada	8	7,76	8	7,88
RADIO 2	Radio (m)	25	23,5	25	27
	Ancho mínimo calzada	8,4	8,55	8,4	8,2
RADIO 3	Radio (m)	30	34	30	33
	Ancho mínimo calzada	8	7,76	8	7,82

FUENTE: EL AUTOR

Se pudo verificar que todos los anchos de calzada cumplen con los requerimientos de ancho mínimo.

10.3.2 ISLETAS

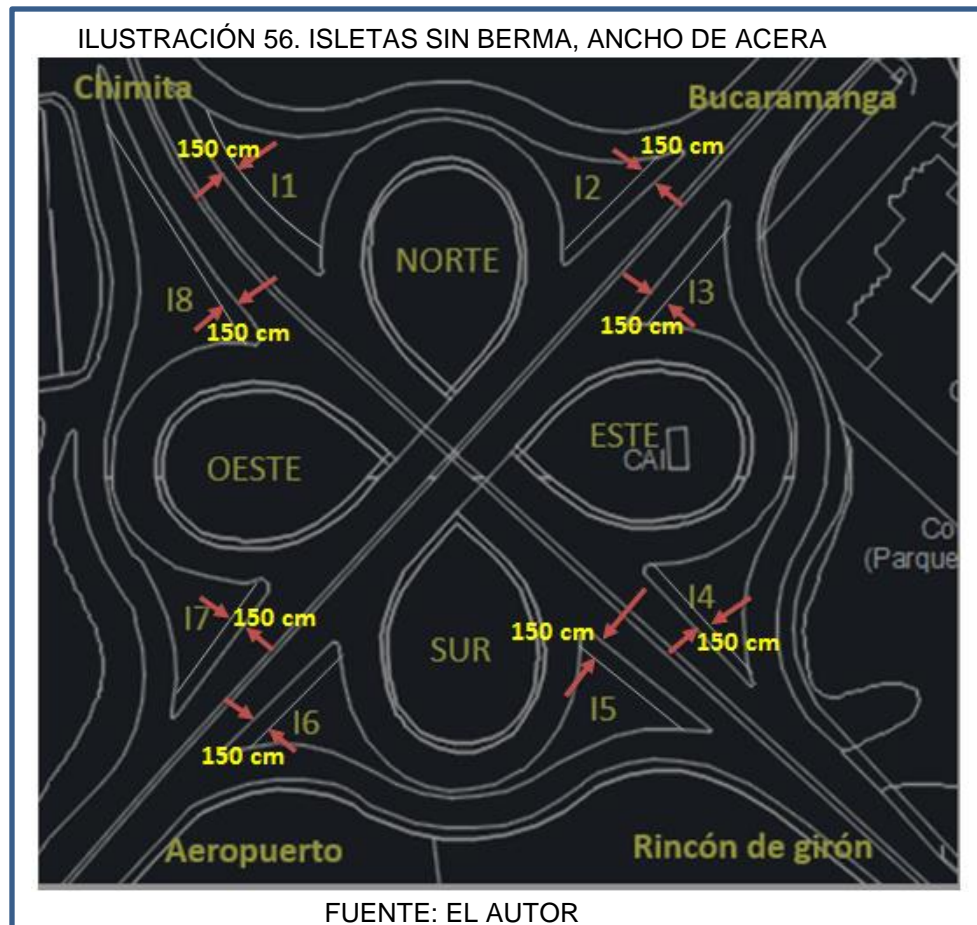
Siguiendo el procedimiento de análisis de intercambiadores, se procede a comprobar los radios de las isletas, recordando que estas están conectadas entre sí a lo largo de la oreja y que su radio deberá como mínimo estar entre 0.3 y 0.5m.

TABLA 24. DATOS ISLETA PROVENZA

ISLETAS	Radio 1 (m)	Radio 2 (m)	Radio 3 (m)
I1	0,81	1,21	Continua
I2	0,606	1,13	Continua
I3	0,89	0,66	Continua
I4	0,82	1,9	Continua
I5	1,69	0,43	Continua
I6	1,11	0,7	Continua
I7	3,16	0,55	Continua
I8	2,53	0,62	Continua

FUENTE: EL AUTOR

Todas las isletas cumplen con el radio mínimo requerido. También se demostró que cumplen con el ancho de acera el cual debe ser como mínimo 0.5 m y estas tienen anchos mayores a 1 m. En general las isletas cumplen satisfactoriamente con la normativa de diseño geométrico.



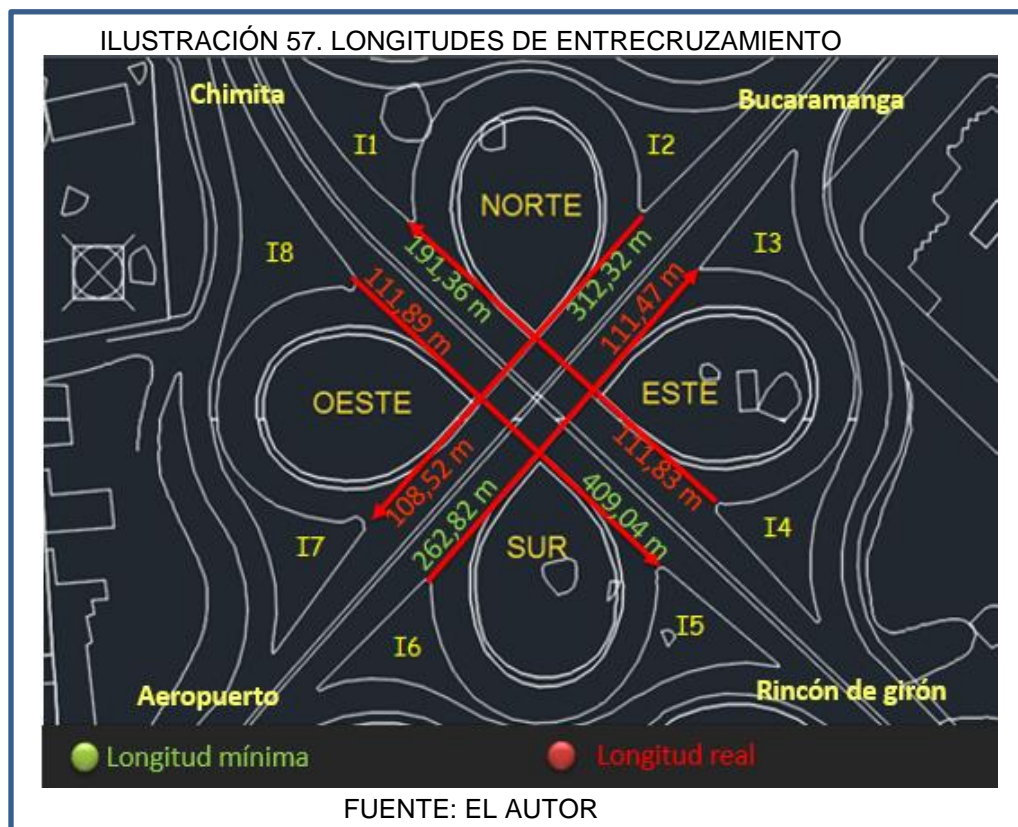
En la anterior imagen se muestran los anchos de las aceras reales, todas tienen 150 cm de ancho, es decir que cumplen el requisito mínimo de 0.50m (ver ilustración 3) . La recolección de estos datos se hizo directamente en campo.

10.3.3 SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO

Palenque cuenta con 4 secciones de entrecruzamiento:

- Sección 1. (Este – Norte) Son los vehículos que se desplazan del Rincón de Girón hacia el Aeropuerto y los que vienen del Aeropuerto y van hacia Chimitá:
 Volumen Este: 1176 (ade/h)
 Volumen Norte: 770 (ade/h)
 Volumen total entrecruzamiento: 1946(ade/h)
 Longitud mínima entrecruzamiento: 191,36 m
 Longitud real: 111,83 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: 79,53 m

- Sección 2. (Oeste – Sur) Son los vehículos que se desplazan de Chimitá hacia Bucaramanga y de Bucaramanga hacia el Rincón de Girón:
 Volumen Oeste: 1823 (ade/h)
 Volumen Sur: 1173 (ade/h)
 Volumen total entrecruzamiento: 2996 (ade/h)
 Longitud mínima entrecruzamiento: 409,04 m
 Longitud real: 111,89 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: 297,15 m



- Sección 3. (Norte – Oeste) Son los vehículos que se desplazan del Rincón de Girón hacia el aeropuerto y de Bucaramanga hacia Chimitá:
 Volumen Oeste: 1823 (ade/h)
 Volumen Norte: 770 (ade/h)
 Volumen total entrecruzamiento: 2593 (ade/h)
 Longitud mínima entrecruzamiento: 312,32 m
 Longitud real: 108,52 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: 203,8 m
- Sección 4. (Sur – Este) Son los vehículos que se desplazan del aeropuerto hacia Chimitá y de Chimitá a Bucaramanga:

Volumen Sur: 1173 (ade/h)
 Volumen Este: 1176 (ade/h)
 Volumen total entrecruzamiento: 2349 (ade/h)
 Longitud mínima entrecruzamiento: 262,82 m
 Longitud real: 111,47 m
 Longitud faltante para cumplir la norma: 151,35 m

Es notable que ninguna de las longitudes cumple con la mínima requerida, incluso llegando a ser menos de la mitad de la necesaria.

10.3.4 NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES EN LA SECCIÓN DE ENTRECRUZAMIENTO

Se halló el número de carriles necesarios, en cada sección de entrecruzamiento, para el funcionamiento óptimo del intercambiador.

ILUSTRACIÓN 58. NÚMERO MÍNIMO DE CARRILES SECCIÓN ENTRECRUZAMIENTO

Norte-oeste y Sur-Oeste		Norte-Este y Sur-Este	
w1	1823	w1	1176
w2	1173	w2	770
f1	1181	f1	1002
c	2000	c	2000
N	3,2615	N	2,244
N aprox.	4,000	N aprox.	3,000

Norte-Oeste y Norte-Este		Sur-Este y Sur-Oeste	
w1	1176	w1	1823
w2	1173	w2	770
f1	679	f1	1220
c	2000	c	2000
N	2,687	N	2,6765
N aprox.	3,000	N aprox.	3,000

FUENTE: EL AUTOR

El número máximo real de carriles en el Palenque es de 2; a pesar de no cumplir con este requisito, según lo observado en campo es el intercambiador que menor

congestión presenta de los 3 y la velocidad en los ramales de enlace durante las horas pico es muy cercana a la velocidad a flujo libre

10.3.5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD A FLUJO LIBRE

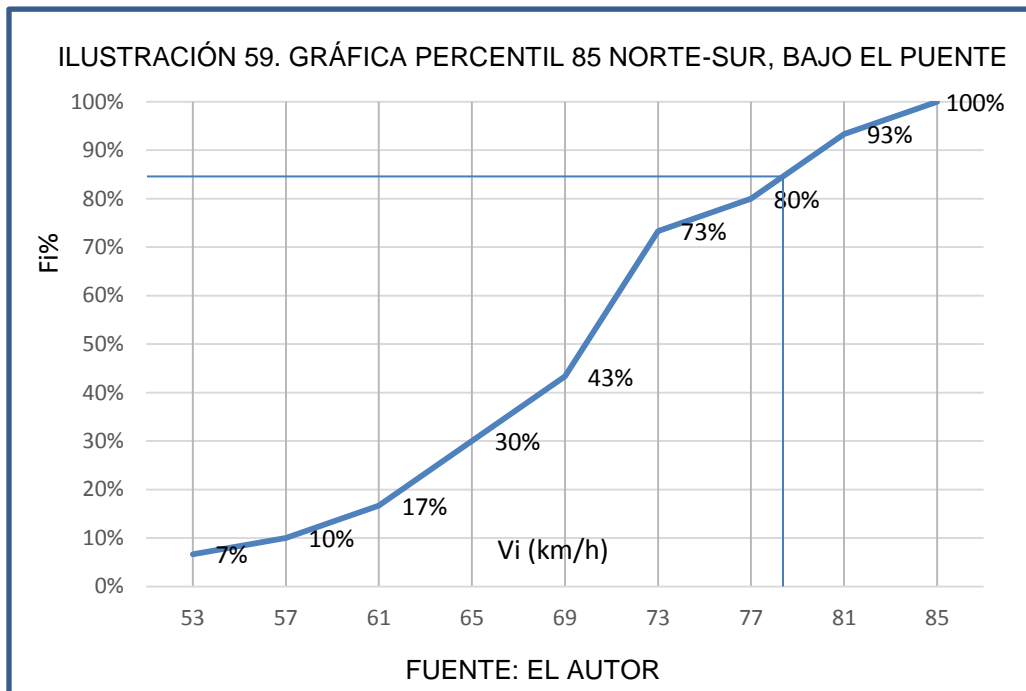
- Sentido Norte – Sur bajo el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)
 Velocidad mínima: 52 km/h
 Velocidad máxima: 87 km/h
 Intervalos: 10
 Ancho de intervalo aprox: 4
 Velocidad promedio: 71.07 km/h

TABLA 25. PERCENTIL 85 NORTE-SUR, BAJO EL PUENTE

VELOCIDAD		Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %
52	55	53	2	7%	2	7%
56	59	57	1	3%	3	10%
60	63	61	2	7%	5	17%
64	67	65	4	13%	9	30%
68	71	69	4	13%	13	43%
72	75	73	9	30%	22	73%
76	79	77	2	7%	24	80%
80	83	81	4	13%	28	93%
84	87	85	2	7%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 78.13 Km/h

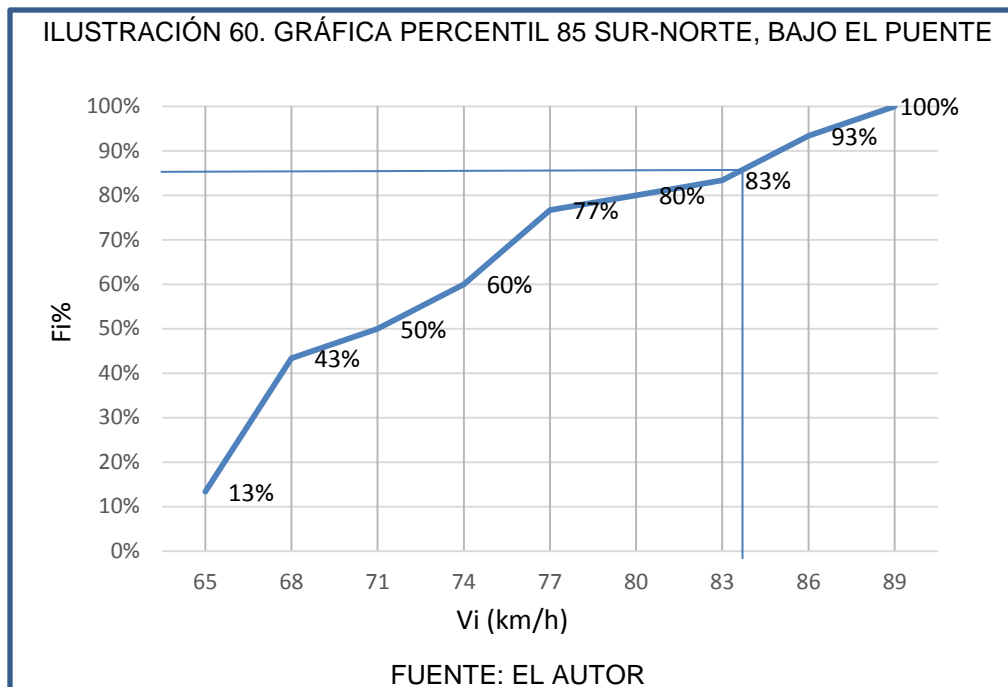


- Sentido Sur - Norte bajo el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)
 Velocidad mínima: 64 km/h
 Velocidad máxima: 89 km/h
 Intervalos: 10
 Ancho de intervalo aprox: 3
 Velocidad promedio: 74.21 km/h

TABLA 26. PERCENTIL 85 SUR-NORTE, BAJO EL PUENTE

VELOCIDAD		Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %
64	66	65	4	13%	4	13%
67	69	68	9	30%	13	43%
70	72	71	2	7%	15	50%
73	75	74	3	10%	18	60%
76	78	77	5	17%	23	77%
79	81	80	1	3%	24	80%
82	84	83	1	3%	25	83%
85	87	86	3	10%	28	93%
88	90	89	2	7%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR



Velocidad de operación aproximada: 84.17 Km/h

- Sentido Oeste-Este sobre el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)

Velocidad mínima: 53 km/h

Velocidad máxima: 80 km/h

Intervalos: 10

Ancho de intervalo aprox: 3

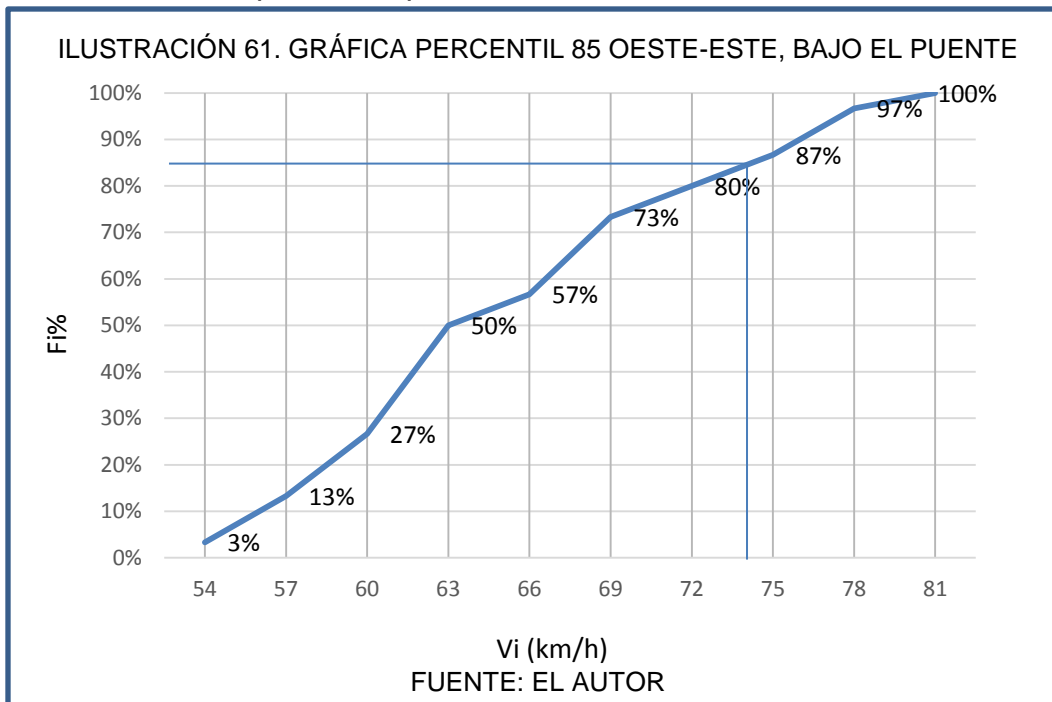
Velocidad promedio: 66.23 km/h

TABLA 27. PERCENTIL 85 OESTE-ESTE, SOBRE EL PUENTE

VELOCIDAD	Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %	
53	55	54	1	3%	1	3%
56	58	57	3	10%	4	13%
59	61	60	4	13%	8	27%
62	64	63	7	23%	15	50%
65	67	66	2	7%	17	57%
68	70	69	5	17%	22	73%
71	73	72	2	7%	24	80%
74	76	75	2	7%	26	87%
77	79	78	3	10%	29	97%
80	82	81	1	3%	30	100%
TOTAL		30	100%			

FUENTE: EL AUTOR

Velocidad de operación aproximada: 73.57 Km/h

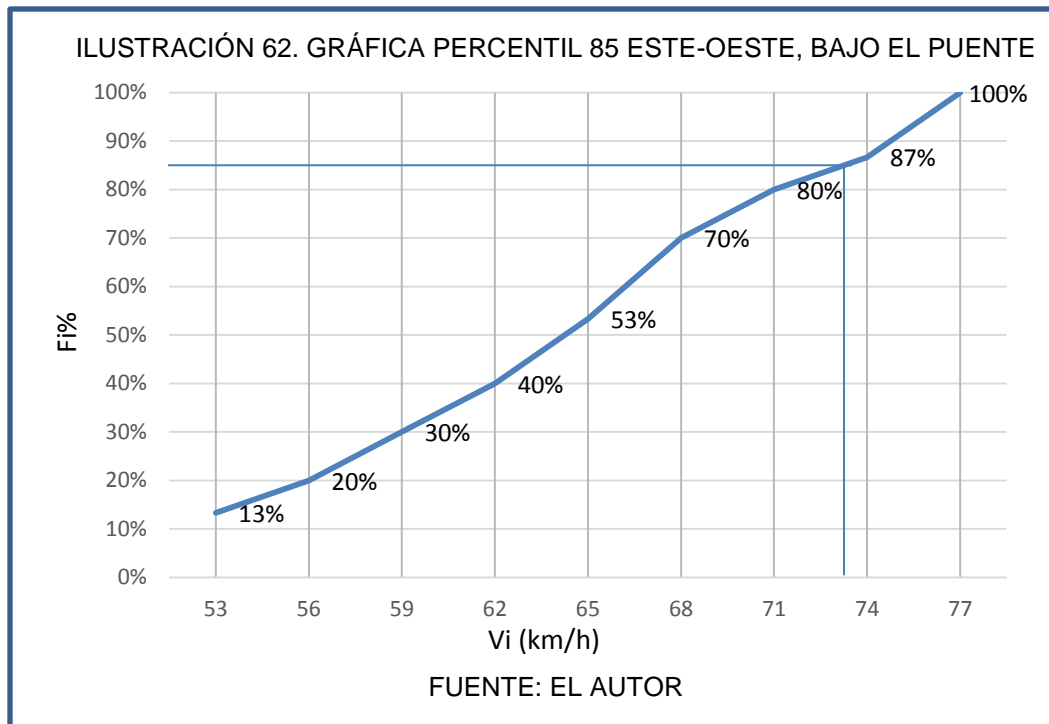


- Sentido Este – Oeste sobre el puente (tabla completa de velocidades, ver anexo3)
 Velocidad mínima: 52 km/h
 Velocidad máxima: 87 km/h
 Intervalos: 10
 Ancho de intervalo aprox: 4
 Velocidad promedio: 69.68 km/h

TABLA 28. PERCENTIL 85 ESTE-OESTE, SOBRE EL PUENTE

VELOCIDAD	Vi (Km/h)	fi	fi %	Fi	Fi %	
52	54	53	4	13%	4	13%
55	57	56	2	7%	6	20%
58	60	59	3	10%	9	30%
61	63	62	3	10%	12	40%
64	66	65	4	13%	16	53%
67	69	68	5	17%	21	70%
70	72	71	3	10%	24	80%
73	75	74	2	7%	26	87%
76	78	77	4	13%	30	100%
TOTAL			30	100%		

FUENTE: EL AUTOR



Velocidad de operación aproximada: 73,50 km/h

10.3.6 NIVEL DE SERVICIO

- **Densidad:**
Número de vehículos directos equivalentes por hora (q)= 1823
Velocidad promedio (Ve)= 20 km/h

$$k = \frac{1823 \text{ veh/hora}}{30 \text{ km/h}}$$

$$k = 60.76 \text{ veh/hora/carril}$$

Densidad (k)= 60.76 veh/km/carril

- **Espaciamiento promedio:**

$$S_{prom} = \frac{1}{k}$$

$$S_{prom} = \frac{1}{60.76 \text{ veh/km}} * \frac{1000}{1 \text{ km}} = 16.46 \text{ m/veh}$$

Según la densidad del ramal Oeste (60,76 Veh/h), el nivel de servicio que presta este intercambiador es **Nivel D**, ya que este hace referencia que la densidad máxima será de 62,4 Veh/h. Indica que casi todos los vehículos circulan a una velocidad uniforme con restricciones de maniobra.

10.3.7 CARRILES DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN

Estudiando los intercambiadores y su diseño geométrico se observó que el PALENQUE fue el único intercambiador que contaba con carriles de aceleración y desaceleración, debido a que PAPI QUIERO PIÑA y PROVENZA los ramales de enlace no desembocan en vías principales o secundarias sino en vías paralelas a estas, según el manual de INVIAS, únicamente deben cumplir normas en vías principales o secundarias.

- **Carriles de aceleración:**

Teniendo en cuenta que este tipo de carriles deben ser diseñados tipo paralelo (ver ilustración 1), se analizaron sólo los que cumplían con este requisito, pues los otros al no estar diseñados de forma paralela incumplen lo exigido por la norma.



ILUSTRACIÓN 64. CARRILES DE ACELERACIÓN CON PARE



FUENTE: GOOGLE EARTH

En la gráfica anterior se ubicó con los números 1, 3, 5 y 7 el lugar donde debería existir un carril de aceleración; pero en el caso la ubicación 1 y 7 no existe dicho carril, lo que se encuentra es una señal de pare.

Por lo tanto solo se analizaron las ubicaciones 3 y 5, teniendo en cuenta las velocidades de la calzada principal y de la calzada secundaria se hallaron las longitudes mínimas de los carriles de aceleración incluyendo su longitud de transición, los dos carriles cumplen con la longitud mínima.

El análisis de carriles de aceleración y desaceleración rige únicamente para el intercambiador “palenque”, pues la norma los describe para el acceso a vías principales o secundarias, contrario al caso de papi quiero piña y Provenza carriles de aceleración y desaceleración desembocan en vías paralelas a las principales.

TABLA 29. LONGITUD MÍNIMA CARRIL DE ACELERACIÓN

Longitud	Longitud Real Aceleración (m)	Velocidad Origen (Km/h)	Velocidad del Ramal (Km/h)	Longitud mínima (m)
5. Rincón de girón - Bucaramanga	165,07	70	50	100
3. Aeropuerto - Rincón de Girón	66,07	70	50	60

FUENTE: EL AUTOR

- **Carriles de desaceleración:**

Están constituidos por carriles rectos y están ubicados en los números 2, 4, 6 y 8; en la ubicación No. 8 no se presenta carril de desaceleración, en su reemplazo los vehículos aprovechan que en esa zona existe un paradero de buses y toman este espacio para reducir su velocidad e ingresar al ramal de enlace.

TABLA 30. LONGITUD MÍNIMA CARRIL DE DESACELERACIÓN

Longitud	Desaceleración	Velocidad Origen	Velocidad del Ramal	Longitud mínima
2. Aeropuerto - Rincón de Girón	61,7	70	50	60
6. Bucaramanga - Chimita	108,22	70	50	60
4. Rincón de Girón - Bucaramanga	67,32	70	50	60

FUENTE: EL AUTOR

Adicional a las comprobaciones de longitudes de carriles es también necesario comprobar si el ancho de calzada cumple con la normativa.

Basados en el diseño geométrico del intercambiador, se halló los radios de los ramales de enlace, seguido a esto se le resto la mitad del ancho de carril, el cual también fue medido, para de esta forma hallar el radio del eje; ya con la información tabulada se procedió a la comprobación del cumplimiento del ancho mínimo de calzada con un único carril con espacio para sobrepasar un vehículo estacionado según la Tabla No. 7 del presente documento.

TABLA 31. ANCHO MÍNIMO DE CALZADA

CARRIL DESACELERACION / ACELERACIÓN		B/manga - Chimita	Rincón de Girón - B/manga	Aeropuerto - Rincón de Girón	Chimita - Aeropuerto
RADIO ENTRADA (m)		48,032	46,23	41,65	-
RADIO SALIDA (m)		48,21	47,77	56,73	49,89
ANCHO CARRIL (m)		7,4	8,53	8,49	7,925
RADIO ENTRADA EJE	Radio (m)	44,332	41,965	37,405	-
	Ancho mínimo (m)	7,22672	7,3214	7,5557	-
RADIO SALIDA EJE	Radio (m)	44,51	43,505	52,485	45,9275
	Ancho mínimo (m)	7,2196	7,2598	6,9503	7,1629

FUENTE: EL AUTOR

Observando la anterior tabla se evidencia que los anchos de carriles en los 4 ramales cumplen con el ancho mínimo de calzada.

11. CONCLUSIONES

- Mediante el estudio realizado sobre la congestión vehicular en los intercambiadores a desnivel “Papi Quiero Piña”, “Provenza” y “Palenque” se logró conocer algunos factores que aportan a la problemática en estos sitios. Una de las razones principales es el entorno, los sitios a los que permiten el acceso, como colegios, zonas de industria y comercio, barrios poblados y concurridos, hospitales, vías permitidas para la movilización de transporte pesado, entre otras, hacen que la necesidad de desplazamiento a estos lugares imposibilite el flujo normal de los vehículos en las horas pico del día.
- El diseño geométrico de “Papi Quiero Piña” y “Provenza” presenta falencias en casi todos los aspectos analizados según las normas establecidas por el INVIAS en el manual de diseño geométrico de carreteras 2008. Algunos de los radios de los ramales de enlace no cumplen con el ancho de calzada mínimo. Las secciones de entrecruzamiento tienen longitudes muy cortas para los grandes volúmenes que allí se distribuyen y hacen que la maniobra del conductor al intentar ingresar o salir de los ramales de enlace sea riesgosa a tal punto de generar colisiones y más demoras en las largas filas de espera.
- El elevado número de automóviles que hacen uso de estas carreteras demandan para la gran mayoría de secciones de entrecruzamiento que el número mínimo de carriles en éstas sea de 3, de tal forma que aquellos autos que no requieren tomar ramales de enlace no se vean afectados por el elevado flujo entre éstos y quienes necesitan hacer la maniobra de entrecruzamiento puedan hacerlo sin peligro alguno o generar mayor embotellamiento debido a la reducción de velocidad.
- Las velocidades de operación de todas las vías son bajas debido a las inconsistencias en el diseño geométrico y la gran demanda de todos los intercambiadores principalmente en Papi Quiero Piña y Provenza, en éstos, durante las horas pico la velocidad de los autos se reduce hasta alcanzar en algunos momentos velocidades hasta de 0km/h y distancias de tan solo 0.60m entre el parachoques delantero del primer vehículo y el parachoques trasero del vehículo que le sigue, generando inconvenientes y limitaciones en el arranque al conductor.

- Un motivo importante por el cual se presenta congestión en los intercambiadores es que el 91,66% de las longitudes mínimas requeridas para la sección de entrecruzamiento no se cumplen, dificultando el flujo de los usuarios que se ven obligados a cambiar de carril en longitudes muy pequeñas, ocasionando la disminución de la velocidad en el tramo.
- Es notable que la capacidad de los intercambiadores de “Papi Quiero Piña” y “Provenza” han llegado a su límite, ya que al ser evaluados quedaron en un Nivel de servicio **F**, es decir, los vehículos en horas pico llegan a tener hasta velocidades de 0 km/h. Por otro lado el intercambiador el “Palenque” presta un Nivel de servicio **D**, lo que quiere decir que está cercano a llegar a su límite de capacidad, los vehículos en horas pico mantienen una velocidad uniforme.
- La ausencia de carriles de aceleración y desaceleración incrementa la probabilidad de congestión en los intercambiadores, debido a que los automóviles se ven obligados a reducir su velocidad incluso a 0 Km/h para poder ingresar a la vía deseada. La diferencia entre “Palenque” (que posee carriles de aceleración y des-aceleración) y “Papi Quiero Piña” - “Provenza”, es evidente a la hora de observar su funcionamiento en hora pico.
- El intercambiador “Papi Quiero Piña” es el que menos vehículos equivalentes posee en su hora pico, en comparación con “Provenza” y “Palenque”. Pero aun así es el que los usuarios perciben mayor inconformidad, debido a que la congestión es constante en incluso horas valle, esto se debe a que la infraestructura presenta muchas falencias en el diseño geométrico y que para el volumen que fue diseñado fue sobrepasado tiempo atrás.

Anexo 2: Tablas de resultados de conteos

- Conteo Papi quiero Piña

	NÚMERO	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
5:15 - 5:30	Motocicletas	48	23	148	83	53	19	53	46	473
	Autos	31	26	179	147	40	17	44	89	573
	Buses	1	0	11	6	3	1	10	7	39
	Camiones	6	5	7	1	2	2	6	35	64
5:30 - 5:45	Motocicletas	42	22	167	105	52	17	42	93	540
	Autos	38	20	210	172	44	18	42	112	656
	Buses	2	0	12	6	2	2	9	10	43
	Camiones	5	2	11	8	2	0	3	16	47
5:45 - 6:00	Motocicletas	46	27	150	90	57	18	34	101	523
	Autos	31	28	215	162	52	12	42	147	689
	Buses	2	0	5	2	2	2	12	6	31
	Camiones	8	7	10	6	1	2	9	18	61
6:00 - 6:15	Motocicletas	25	16	158	100	51	20	42	91	503
	Autos	23	26	218	168	47	17	26	120	645
	Buses	1	0	8	4	1	1	11	10	36
	Camiones	5	4	7	3	1	1	4	20	45
	TOTAL	314	206	1516	1063	410	149	389	921	4968

- Conteos papi quiero piña (vehículos directos equivalentes)

	NÚMERO	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
5:15 - 5:30	Motocicletas	48	23	148	83	53	19	53	46	473
	Autos	31	26	179	147	40	17	44	89	573
	Buses	3	0	33	18	9	3	30	21	117
	Camiones	18	15	21	3	6	6	18	105	192
5:30 - 5:45	Motocicletas	42	22	167	105	52	17	42	93	540
	Autos	38	20	210	172	44	18	42	112	656
	Buses	6	0	36	18	6	6	27	30	129
	Camiones	15	6	33	24	6	0	9	48	141
5:45 - 6:00	Motocicletas	46	27	150	90	57	18	34	101	523
	Autos	31	28	215	162	52	12	42	147	689
	Buses	6	0	15	6	6	6	36	18	93
	Camiones	24	21	30	18	3	6	27	54	183
6:00 - 6:15	Motocicletas	25	16	158	100	51	20	42	91	503
	Autos	23	26	218	168	47	17	26	120	645
	Buses	3	0	24	12	3	3	33	30	108
	Camiones	15	12	21	9	3	3	12	60	135
	TOTAL	374	242	1658	1135	438	171	517	1165	5700

- Conteo Provenza:

Hora	Tipo Vehiculo	1	2	4	3	5	6	8	7	TOTAL
12:00-12:15	Motocicletas	126	228	130	124	112	288	187	101	1296
	Autos	159	199	101	74	99	233	302	98	1265
	Buses	1	3	2	5	4	7	8	4	34
	Camiones	2	2	0	3	2	8	7	5	29
12:15-12:30	Motocicletas	127	212	125	126	134	266	231	121	1342
	Autos	112	185	94	70	105	183	320	115	1184
	Buses	2	3	3	5	5	3	11	3	35
	Camiones	6	4	1	3	2	6	7	4	33
12:30-12:45	Motocicletas	110	185	92	111	157	259	325	118	1357
	Autos	156	180	82	78	146	187	340	97	1266
	Buses	2	3	4	5	4	4	7	3	32
	Camiones	3	3	2	5	6	7	12	4	42
12:45-1:00	Motocicletas	80	186	77	88	140	234	268	100	1173
	Autos	147	186	82	63	155	196	240	86	1155
	Buses	2	2	3	5	5	5	9	5	36
	Camiones	3	3	0	2	2	5	7	2	24
TOTAL		1038	1584	798	767	1078	1891	2281	866	10303

- Conteo Provenza (vehículos directos equivalentes):

Hora	Tipo Vehículo	1	2	3	4	5	6	8	7	TOTAL
12:00-12:15	Motocicletas	126	228	124	130	112	288	187	101	1296
	Autos	159	199	74	101	99	233	302	98	1265
	Buses	3	9	15	6	12	21	24	12	102
	Camiones	6	6	9	0	6	24	21	15	87
12:15-12:30	Motocicletas	127	212	126	125	134	266	231	121	1342
	Autos	112	185	70	94	105	183	320	115	1184
	Buses	6	9	15	9	15	9	33	9	105
	Camiones	18	12	9	3	6	18	21	12	99
12:30-12:45	Motocicletas	110	185	111	92	157	259	312	118	1344
	Autos	156	180	78	82	146	187	340	97	1266
	Buses	6	9	15	12	12	12	21	9	96
	Camiones	9	9	15	6	18	21	36	12	126
12:45-1:00	Motocicletas	80	186	88	77	140	234	268	100	1173
	Autos	147	186	63	82	155	196	240	86	1155
	Buses	6	6	15	9	15	15	27	15	108
	Camiones	9	9	6	0	6	15	21	6	72
TOTAL		1080	1630	833	828	1138	1981	2404	926	10820

- Conteo palenque:

Hora	Tipo Vehiculo	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
12:00-12:15	Motocicletas	247	94	152	123	71	121	78	77	963
	Autos	153	65	127	78	56	116	69	84	748
	Buses	7	4	0	10	4	10	1	5	41
	Camiones	19	11	40	26	14	18	34	19	181
12:15-12:30	Motocicletas	290	77	81	127	67	105	108	108	963
	Autos	174	78	93	78	69	98	103	87	780
	Buses	15	1	3	10	6	13	2	4	54
	Camiones	20	13	32	28	7	15	30	20	165
12:30-12:45	Motocicletas	152	88	79	111	72	129	98	92	821
	Autos	96	82	84	76	66	101	88	76	669
	Buses	20	2	5	10	4	11	1	6	59
	Camiones	24	5	46	32	6	17	29	23	182
12:45-1:00	Motocicletas	141	60	50	76	73	112	103	106	721
	Autos	111	70	45	63	43	117	111	66	626
	Buses	15	3	5	11	5	9	3	3	54
	Camiones	33	13	23	21	8	14	22	22	156
TOTAL		1517	666	865	880	571	1006	880	798	7183

- Conteo palenque (vehículos directos equivalentes):

Hora	Tipo Vehículo	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
12:00-12:15	Motocicletas	247	94	152	123	71	121	78	77	963
	Autos	153	65	127	78	56	116	69	84	748
	Buses	21	12	0	30	12	30	3	15	123
	Camiones	57	33	120	78	42	54	102	57	543
12:15-12:30	Motocicletas	290	77	81	127	67	105	108	108	963
	Autos	174	78	93	78	69	98	103	87	780
	Buses	45	3	9	30	18	39	6	12	162
	Camiones	60	39	96	84	21	45	90	60	495
12:30-12:45	Motocicletas	152	88	79	111	72	129	98	92	821
	Autos	96	82	84	76	66	101	88	76	669
	Buses	60	6	15	30	12	33	3	18	177
	Camiones	72	15	138	96	18	51	87	69	546
12:45-1:00	Motocicletas	141	60	50	76	73	112	103	106	721
	Autos	111	70	45	63	43	117	111	66	626
	Buses	45	9	15	33	15	27	9	9	162
	Camiones	99	39	69	63	24	42	66	66	468
TOTAL		1823	770	1173	1176	679	1220	1124	1002	8967

Anexo 3: estudio de velocidades a flujo libre

- Papi quiero piña

BAJO EL PUENTE, NORTE-SUR

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,78	14,8	30
1,72	14,8	31
1,67	14,8	32
1,63	14,8	33
1,55	14,8	34
1,53	14,8	35
1,50	14,8	36
1,49	14,8	36
1,48	14,8	36
1,48	14,8	36
1,45	14,8	37
1,42	14,8	38
1,41	14,8	38
1,37	14,8	39
1,36	14,8	39
1,31	14,8	41
1,30	14,8	41
1,29	14,8	41
1,27	14,8	42
1,27	14,8	42
1,25	14,8	43
1,24	14,8	43
1,20	14,8	44
1,19	14,8	45
1,19	14,8	45
1,14	14,8	47
1,12	14,8	48
1,11	14,8	48
1,09	14,8	49
1,00	14,8	53

PAPI QUIERO PIÑA BAJO EL PUENTE, SUR-NORTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,11	14,8	48
1,07	14,8	50
1,06	14,8	50
1,05	14,8	51
1,03	14,8	52
1,03	14,8	52
1,00	14,8	53
0,97	14,8	55
0,96	14,8	56
0,95	14,8	56
0,92	14,8	58
0,91	14,8	59
0,90	14,8	59
0,89	14,8	60
0,89	14,8	60
0,89	14,8	60
0,88	14,8	61
0,87	14,8	61
0,85	14,8	63
0,83	14,8	64
0,83	14,8	64
0,83	14,8	64
0,82	14,8	65
0,81	14,8	66
0,81	14,8	66
0,79	14,8	67
0,79	14,8	67
0,68	14,8	78
0,63	14,8	85
0,62	14,8	86

SOBRE EL PUENTE OESTE-ESTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,70	14,8	31
1,62	14,8	33
1,55	14,8	34
1,54	14,8	35
1,42	14,8	38
1,40	14,8	38
1,33	14,8	40
1,30	14,8	41
1,27	14,8	42
1,22	14,8	44
1,20	14,8	44
1,10	14,8	48
1,09	14,8	49
1,08	14,8	49
1,04	14,8	51
1,03	14,8	52
1,01	14,8	53
1,00	14,8	53
0,99	14,8	54
0,98	14,8	54
0,96	14,8	56
0,95	14,8	56
0,90	14,8	59
0,89	14,8	60
0,89	14,8	60
0,88	14,8	61
0,87	14,8	61
0,71	14,8	75
0,66	14,8	81
0,64	14,8	83

SOBRE EL PUENTE ESTE-OESTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,19	14,8	45
1,18	14,8	45
1,17	14,8	46
1,16	14,8	46
1,16	14,8	46
1,14	14,8	47
1,14	14,8	47
1,12	14,8	48
1,11	14,8	48
1,07	14,8	50
1,07	14,8	50
1,05	14,8	51
1,04	14,8	51
1,03	14,8	52
1,02	14,8	52
1,02	14,8	52
1,01	14,8	53
1,00	14,8	53
0,99	14,8	54
0,99	14,8	54
0,99	14,8	54
0,98	14,8	54
0,97	14,8	55
0,97	14,8	55
0,95	14,8	56
0,94	14,8	57
0,93	14,8	57
0,87	14,8	61
0,79	14,8	67
0,69	14,8	77

- Provenza

BAJO EL PUENTE, NORTE-SUR

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,64	14,8	32
1,37	14,8	39
1,33	14,8	40
1,32	14,8	40
1,31	14,8	41
1,29	14,8	41
1,27	14,8	42
1,23	14,8	43
1,22	14,8	44
1,22	14,8	44
1,14	14,8	47
1,08	14,8	49
1,08	14,8	49
1,06	14,8	50
1,06	14,8	50
1,06	14,8	50
1,06	14,8	50
1,03	14,8	52
1,00	14,8	53
0,97	14,8	55
0,97	14,8	55
0,95	14,8	56
0,95	14,8	56
0,95	14,8	56
0,94	14,8	57
0,93	14,8	57
0,91	14,8	59
0,90	14,8	59
0,89	14,8	60
0,85	14,8	63
0,80	14,8	67

BAJO EL PUENTE, SUR-NORTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,20	14,8	44
1,18	14,8	45
1,17	14,8	46
1,15	14,8	46
1,15	14,8	46
1,14	14,8	47
1,14	14,8	47
1,11	14,8	48
1,10	14,8	48
1,07	14,8	50
1,07	14,8	50
1,06	14,8	50
1,05	14,8	51
1,05	14,8	51
1,03	14,8	52
1,03	14,8	52
1,03	14,8	52
1,00	14,8	53
1,00	14,8	53
0,99	14,8	54
0,99	14,8	54
0,98	14,8	54
0,98	14,8	54
0,97	14,8	55
0,96	14,8	56
0,95	14,8	56
0,95	14,8	56
0,94	14,8	57
0,94	14,8	57
0,88	14,8	61

SOBRE EL PUENTE OESTE-ESTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,62	14,8	33
1,46	14,8	36
1,37	14,8	39
1,32	14,8	40
1,31	14,8	41
1,28	14,8	42
1,27	14,8	42
1,26	14,8	42
1,23	14,8	43
1,22	14,8	44
1,15	14,8	46
1,13	14,8	47
1,09	14,8	49
1,08	14,8	49
1,07	14,8	50
1,06	14,8	50
1,05	14,8	51
1,05	14,8	51
1,04	14,8	51
1,01	14,8	53
1,00	14,8	53
1,00	14,8	53
0,99	14,8	54
0,99	14,8	54
0,98	14,8	54
0,97	14,8	55
0,95	14,8	56
0,89	14,8	60
0,89	14,8	60
0,85	14,8	63

SOBRE EL PUENTE, ESTE-OESTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,27	14,8	42
1,27	14,8	42
1,22	14,8	44
1,21	14,8	44
1,19	14,8	45
1,19	14,8	45
1,17	14,8	46
1,17	14,8	46
1,16	14,8	46
1,15	14,8	46
1,14	14,8	47
1,14	14,8	47
1,13	14,8	47
1,13	14,8	47
1,12	14,8	48
1,06	14,8	50
1,02	14,8	52
1,01	14,8	53
0,99	14,8	54
0,97	14,8	55
0,96	14,8	56
0,96	14,8	56
0,94	14,8	57
0,93	14,8	57
0,91	14,8	59
0,91	14,8	59
0,88	14,8	61
0,86	14,8	62
0,85	14,8	63
0,84	14,8	63

- Palenque

BAJO EL PUENTE, NORTE-SUR

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,03	14,8	52
1,02	14,8	52
0,92	14,8	58
0,89	14,8	60
0,85	14,8	63
0,83	14,8	64
0,81	14,8	66
0,81	14,8	66
0,79	14,8	67
0,77	14,8	69
0,76	14,8	70
0,76	14,8	70
0,75	14,8	71
0,74	14,8	72
0,74	14,8	72
0,74	14,8	72
0,74	14,8	72
0,73	14,8	73
0,73	14,8	73
0,72	14,8	74
0,72	14,8	74
0,71	14,8	75
0,70	14,8	76
0,69	14,8	77
0,67	14,8	80
0,67	14,8	80
0,66	14,8	81
0,65	14,8	82
0,63	14,8	85
0,61	14,8	87

BAJO EL PUENTE, SUR-NORTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
0,83	14,8	64
0,83	14,8	64
0,82	14,8	65
0,81	14,8	66
0,79	14,8	67
0,79	14,8	67
0,79	14,8	67
0,79	14,8	67
0,78	14,8	68
0,78	14,8	68
0,77	14,8	69
0,77	14,8	69
0,77	14,8	69
0,75	14,8	71
0,74	14,8	72
0,73	14,8	73
0,72	14,8	74
0,71	14,8	75
0,70	14,8	76
0,69	14,8	77
0,69	14,8	77
0,68	14,8	78
0,68	14,8	78
0,66	14,8	81
0,64	14,8	83
0,63	14,8	85
0,61	14,8	87
0,61	14,8	87
0,60	14,8	89
0,60	14,8	89

SOBRE EL PUENTE, OESTE-ESTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,01	14,8	53
0,95	14,8	56
0,93	14,8	57
0,92	14,8	58
0,91	14,8	59
0,89	14,8	60
0,87	14,8	61
0,87	14,8	61
0,86	14,8	62
0,86	14,8	62
0,85	14,8	63
0,85	14,8	63
0,85	14,8	63
0,84	14,8	63
0,83	14,8	64
0,80	14,8	67
0,80	14,8	67
0,78	14,8	68
0,78	14,8	68
0,77	14,8	69
0,76	14,8	70
0,76	14,8	70
0,75	14,8	71
0,74	14,8	72
0,72	14,8	74
0,71	14,8	75
0,69	14,8	77
0,69	14,8	77
0,69	14,8	77
0,67	14,8	80

SOBRE EL PUENTE, ESTE-OESTE

TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (Km/h)
1,02	14,8	52
1,00	14,8	53
0,99	14,8	54
0,97	14,8	55
0,95	14,8	56
0,90	14,8	59
0,88	14,8	61
0,86	14,8	62
0,85	14,8	63
0,83	14,8	64
0,82	14,8	65
0,82	14,8	65
0,78	14,8	68
0,77	14,8	69
0,76	14,8	70
0,75	14,8	71
0,74	14,8	72
0,74	14,8	72
0,73	14,8	73
0,71	14,8	75
0,71	14,8	75
0,70	14,8	76
0,69	14,8	77
0,69	14,8	77
0,66	14,8	81
0,66	14,8	81
0,63	14,8	85
0,63	14,8	85
0,61	14,8	87
0,61	14,8	87

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Arandia, Juan grabriel Tapia, Tapia Arandia, Juan Gabriel y veizaga balta, romel daniel.** *Apoyo didactico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Ingeniería de tráfico.* Cochabamba, Bolivia : s.n., 2006.
2. **MINISTERIO DE TRANSPORTE y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS.** *Manual de Diseño Geométrico de carreteras.* Bogotá : s.n., 2008.
3. **board, Transportation research.** *highway capacity manual (HCM).* Washington, DC : s.n., 2010.
4. **Reyes Spíndola , Rafael Cal y Mayor y Cárdenas Grisales, James.** *Ingeniería de Tránsito.* Mexico : Alfaomega, 1994.
5. **Johnson, Egr. Ronald Cesar Gómez.** *Texto del alumno Ingeniería de Tráfico.* Cochabamba : s.n., 2004.