

**MEDICIÓN DEL IMPACTO DEL TRÁFICO PESADO RESPECTO A LA
MOVILIDAD EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

**JULIANA CAMILA HERRERA DURÁN
ANDRÉS GUSTAVO RUIZ PATIÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2018

**MEDICIÓN DEL IMPACTO DEL TRÁFICO PESADO RESPECTO A LA
MOVILIDAD EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

**JULIANA CAMILA HERRERA DURÁN
ANDRÉS GUSTAVO RUIZ PATIÑO**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil.

**Director:
LUIS DAVID AREVALO DURÁN
Especialista en ingeniería de tránsito**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. METODOLOGÍA	15
1.1 REVISIÓN DEL MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	15
1.1.1 Bucaramanga – Rio Negro.....	16
1.1.2 Piedecuesta – Floridablanca.....	17
1.1.3 Bucaramanga – Berlín	18
1.1.4 Palenque – Te de café Madrid.....	20
1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS	21
1.3 ANÁLISIS DE DATOS	23
1.3.1 Porcentaje de tráfico	25
1.3.2 Congestionamiento	27
1.3.3 Nivel de servicio.....	36
1.3.3.1 Segmentos bidireccionales	36
1.3.3.2 Carriles múltiples	43
1.4 DESCRIPCIÓN DE SOLUCIONES AL IMPACTO GENERADO POR EL TRÁNSITO PESADO.....	50
2. CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación primer punto de aforo.....	17
Figura 2. Ubicación segundo punto de aforo.	18
Figura 3. Ubicación tercer punto de aforo.....	20
Figura 4. Ubicación cuarto punto de aforo.	21
Figura 5. Circunvalar de Mensulí	51
Figura 6. Anillo vial externo Metropolitano.	52
Figura 7. Vía a Cúcuta por el Alto del Escorial	53

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Composición de camiones sector Bucaramanga – Río Negro	26
Gráfica 2. Composición de camiones sector Piedecuesta – Floridablanca.....	26
Gráfica 3. Composición de camiones sector Bucaramanga – Berlín.	26
Gráfica 4. Composición de camiones sector Palenque – Te de Café Madrid.	27
Gráfica 5. Variación del volumen horario con camiones Bucaramanga – Río Negro.....	29
Gráfica 6. Variación del volumen horario sin camiones Bucaramanga – Río Negro.....	29
Gráfica 7. Variación del volumen horario con camiones Piedecuesta – Floridablanca.	31
Gráfica 8. Variación del volumen horario sin camiones Piedecuesta – Floridablanca	31
Gráfica 9. Variación del volumen horario con camiones Bucaramanga – Berlín. ...	33
Gráfica 10. Variación del volumen horario sin camiones Bucaramanga – Berlín...	33
Gráfica 11. Variación del volumen horario con camiones Palenque – Te de Café Madrid.	35
Gráfica 12. Variación del volumen horario sin camiones Palenque – Te de Café Madrid.	35

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Identificación corredores viales.....	15
Tabla 2. Identificación sector Bucaramanga – Río Negro.....	16
Tabla 3. Identificación sector Piedecuesta – Floridablanca.....	17
Tabla 4. Identificación sector Bucaramanga – Berlín.....	19
Tabla 5. Identificación sector Palenque – Te de Café Madrid.....	20
Tabla 6. Horarios recolección de información.....	22
Tabla 7. TPD aforado.....	24
Tabla 8. Porcentaje de tráfico promedio diario.....	25
Tabla 9. Total de vehículos por hora Bucaramanga – Río Negro.	27
Tabla 10. Total de vehículos por hora Piedecuesta – Floridablanca.....	30
Tabla 11. Total de vehículos por hora Bucaramanga – Berlín.	32
Tabla 12. Total de vehículos por hora Palenque – Te de Café Madrid.	34

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. FORMATO DE AFORO 24 HORAS.....	59
ANEXO B. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – RÍO NEGRO (NORTE – SUR)..	60
ANEXO C. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – RÍO NEGRO (SUR – NORTE)..	61
ANEXO D. INFORMACIÓN PIEDECUESTA - FLORIDABLANCA (SUR – NORTE).....	62
ANEXO E. INFORMACIÓN PIEDECUESTA - FLORIDABLANCA (NORTE – SUR).....	63
ANEXO F. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – BERLÍN.....	64
ANEXO G. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – BERLÍN.....	65
ANEXO H. INFORMACIÓN PALENQUE – CAFÉ MADRID (SUR – NORTE).....	66
ANEXO I. INFORMACIÓN PALENQUE – CAFÉ MADRID (NORTE – SUR).....	67
ANEXO J. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO BUCARAMANGA – RÍO NEGRO.....	68
ANEXO K. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO PIEDECUESTA – FLORIDABLANCA.....	69
ANEXO L. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO BUCARAMANGA – BERLÍN.....	70
ANEXO M. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO PALENQUE – TE DE CAFÉ MADRID.....	71
ANEXO N. TABLA 2.1. VALORES DE VELOCIDAD DE DISEÑO.....	72
ANEXO O. TABLAS DE FACTORES DE AJUSTE.....	73
ANEXO P. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CAMIONES A VEHICULOS LIVIANOS PARA DETERMINAR VELOCIDADES EN CARRETERAS DE DOS CARRILES.....	74
ANEXO Q. FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE.....	75

ANEXO R. FACTOR DE AJUSTE POR PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE	76
ANEXO S. FACTOR DE AJUSTE POR EL EFECTO COMBINADO DE LA DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRÁNSITO Y EL PORCENTAJE DE ZONAS DE REBASE	77
ANEXO T. PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE SEGÚN EL TIPO DE TERRENO	78
ANEXO U. CRITERIO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES CLASE II	79
ANEXO V. TABLAS DE FACTORES DE AJUSTE PARA CARRILES MÚLTIPLES.....	80
ANEXO W. CONTINUACIÓN TABLAS DE FACTORES DE AJUSTE PARA CARRILES MÚLTIPLES.....	81
ANEXO X. CURVA VELOCIDAD – FLUJO.....	82

RESUMEN

TITULO: MEDICIÓN DEL IMPACTO DEL TRÁFICO PESADO RESPECTO A LA MOVILIDAD EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA*.

AUTORES: JULIANA CAMILA HERRERA DURÁN
ANDRÉS GUSTAVO RUIZ PATIÑO**

PALABRAS CLAVE: Medición, Impacto, tráfico pesado, AMB, Aforos, TPD, Congestionamiento, HCM, Capacidad vial.

DESCRIPCIÓN:

Se presenta la medición del impacto del tráfico pesado respecto a la movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga (AMB), mediante la metodología de aforos vehiculares durante 24 horas en cada uno de los puntos de entrada-salida del municipio, los cuales son: Bucaramanga – Rio Negro, Piedecuesta - Floridablanca, Bucaramanga - Berlín y Palenque - Café Madrid. Como parte del desarrollo de este proyecto se recopilaron los datos históricos del tránsito promedio diario (TPD) obtenidos en la cartilla INVIAS VOLUMENES DE TRANSITO, los cuales se compararon con los datos obtenidos en el trabajo de campo teniendo en cuenta las motocicletas y convirtiéndolas por medio de un factor de equivalencia a vehículos livianos, analizando la influencia del tráfico pesado en los cuatro puntos críticos del AMB, el porcentaje del tráfico pesado y el congestionamiento. Adicionalmente se calculan los respectivos niveles de servicio de operación de las vías de entrada al área metropolitana de Bucaramanga usando el método de HCM2000, HCM 1994, o el método de capacidad vial para carreteras colombianas, con estos atributos corroboramos soluciones que se encuentran en el plan vial metropolitano y que es de urgencia implementar para mejorar la movilidad y la seguridad de todos los vehículos que transitan diariamente por estas zonas.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Luis David Arevalo Durán Especialista en ingeniería de tránsito

ABSTRACT

TITLE: MEASUREMENT OF THE IMPACT OF HEAVY TRAFFIC WITH RESPECT TO MOBILITY IN THE METROPOLITAN AREA OF BUCARAMANGA *

AUTHORS JULIANA CAMILA HERRERA DURÁN
ANDRÉS GUSTAVO RUIZ PATIÑO **

KEYWORDS: Measurement, Impact, heavy traffic, MAB, Gauging, ADT, Congestion, HCM, Road capacity.

DESCRIPTION:

The measurement of the impact of the phenomenon in favor of mobility in the metropolitan area of Bucaramanga (AMB) is presented, through the vehicle gauging methodology for 24 hours at each of the entry and exit points of the municipality, which is: Bucaramanga - Río Negro, Piedecuesta - Floridablanca, Bucaramanga - Berlin and Palenque - Café Madrid. As part of the development of this project, the historical traffic data (TPD) obtained in the INVIAS TRAFFIC VOLUME booklet were compiled, which were compared with the data obtained in the field work taking into account the motorcycles and converting them by means of a Equivalence factor for light vehicles, analyzing the influence of heavy traffic on the four critical points of the AMB, the percentage of heavy traffic and congestion. Additionally, operating service levels of the access roads to the metropolitan area of Bucaramanga are calculated using the HCM2000 method, HCM 1994, or the road capacity method for Colombian highways, with their attributes we corroborate solutions found in the metropolitan road plan and that it is urgent to implement for the mobility and safety of all vehicles that travel daily in these areas that it is urgent to implement for the mobility and safety of all vehicles that travel daily in these areas.

* Degree Paper.

** Faculty of Physics and Mechanical Engineering. Escuela de Ingeniería Civil. Director Luis David Arevalo Durán Specialist in traffic engineering

INTRODUCCIÓN

El tráfico pesado influye directamente en la economía y la movilidad de una región. Gracias al alto crecimiento urbanístico que se ha desarrollado en Colombia y en sus ciudades más importantes, se ha generado la necesidad de incrementar la cantidad de vehículos pesados en el parque automotor, este aumento el cual fue imprevisto por las autoridades de tránsito, ha generado problemas con respecto a la movilidad.

Existen cuatro puntos de entrada a la ciudad de Bucaramanga, en los cuales se genera un problema de movilidad vehicular en las horas pico, ya que los vehículos del tipo pesado se ven obligados a atravesar la ciudad para continuar hacia su destino, lo cual obliga a realizar estudios para tomar medidas correctivas que mejoren la movilidad y la seguridad de las personas que transitan diariamente por estos sectores. Debido a esto surge la necesidad de identificar el impacto que el tráfico pesado genera en el AMB.

La metodología que se usara para la medición del impacto del tráfico pesado con respecto a la movilidad es la de aforos vehiculares durante 24 horas, la cual permite calcular de forma cuantitativa los atributos de los sectores a analizar y buscar posibles soluciones a esta problemática.

1. METODOLOGÍA

Para realizar la medición del impacto del tráfico pesado se tuvieron en cuenta cuatro pautas principales, las cuales son:

1. Revisión de material bibliográfico con base en los volúmenes de tránsito 2010 – 2011.
2. Recolección de datos.
3. Análisis de datos.
4. Determinación de soluciones.

Este proceso se llevó a cabo en los cuatro puntos críticos del área metropolitana donde se ve reflejado en gran cantidad el tráfico pesado, observando el comportamiento de la movilidad en los respectivos corredores viales donde se identificará el congestionamiento y cuál es el nivel de servicio de cada vía a estudiar.

1.1 REVISIÓN DEL MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

Teniendo en cuenta el material compilado por INVIAS de los volúmenes de tránsito, se obtuvo información desde el año 1997 hasta el 2016 en los distintos corredores viales a analizar, los cuales son:

Tabla 1. Identificación corredores viales

Estación	Sector
158	BUCARAMANGA-RIO NEGRO
146	PIEDRECUESTA-FLORIDABLANCA
667	BUCARAMANGA-BERLIN
1000	PALENQUE - TE DE CAFE MADRID

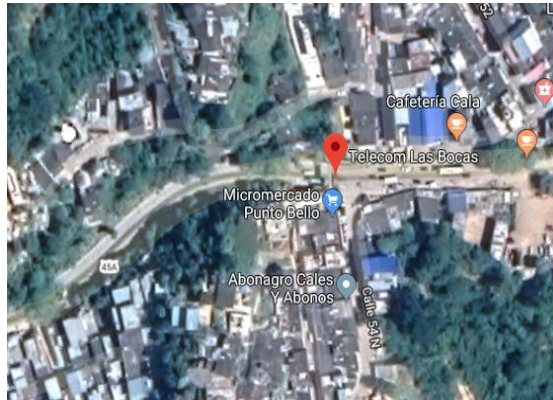
1.1.1 Bucaramanga – Río Negro Los valores del TPD en esta vía la cual está representada por la estación 158 son:

Tabla 2. Identificación sector Bucaramanga – Río Negro

ESTAC. No.		158	
PR DE LA ESTACIÓN			
SECTOR		BUCARAMANGA- RIO NEGRO	
CODIGO VIA			
LONGITUD (KM).		16	
SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO	TERRITORIAL SANTANDER	1997	3834
		1998	3619
		1999	4189
		2000	3595
		2001	4571
		2002	4041
		2003	4178
		2004	3594
		2005	4697
		2006	5435
		2007	4944
		2008	4909
		2009	4077
		2010	4792
		2011	4611
		2012	6354
2013	5206		
2014	5750		
2015	5897		
2016	8203		

En esta vía se realizó el aforo en el barrio Los Colorados al norte de Bucaramanga, después del puente peatonal, como se puede ver en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación primer punto de aforo.



Fuente: Google Maps.

1.1.2 Piedecuesta – Floridablanca Los valores del TPD en esta vía la cual está representada por la estación 146 son:

Tabla 3. Identificación sector Piedecuesta – Floridablanca

ESTAC. No.		146
PR DE LA ESTACIÓN		
SECTOR		PIEDECUESTA-FLORIDABLANCA
CODIGO VIA		45A07A
LONGITUD (KM).		12
SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO TERRITORIAL SANTANDER	1997	22981
	1998	24369
	1999	27303
	2000	25654
	2001	27721
	2002	28035
	2003	28672
	2004	25139
	2005	27935
	2006	33599
2007	37475	
2008	37730	

ESTAC. No.		146
	2009	39533
	2010	38031
	2011	39437
	2012	53784
	2013	38066
	2014	43014
	2015	35378
	2016	44248

Se realizó el aforo metros después del sitio conocido en el área metropolitana como “Papi quiero piña” donde la vía está compuesta por tres carriles en cada sentido (ver figura 2).

Figura 2. Ubicación segundo punto de aforo.



Fuente: Google Maps.

1.1.3 Bucaramanga – Berlín Los valores del TPD en esta vía la cual está representada por la estación 667 son:

Tabla 4. Identificación sector Bucaramanga – Berlín

ESTAC. No.		667
PR DE LA ESTACIÓN		23+0600
SECTOR		BUCARAMANGA-BERLIN
CODIGO VIA		6603
LONGITUD (KM).		60
SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO	TERRITORIAL SANTANDER	1997
		1998
		1999
		2000
		2001
		2002
		2003
		2004
		2005
		2006
		2007
		2008
		2009
		2010
		2011
		2012
2013		
2014		
2015		
2016		

El aforo se realizó en el restaurante corcovado el cual se encuentra en la zona del barrio llamado Morrórico, en la vía que comunica Bucaramanga con Cúcuta.

Figura 3. Ubicación tercer punto de aforo.



Fuente: Google Maps.

1.1.4 Palenque – Te de café Madrid Los valores del TPD en esta vía la cual está representada por la estación 1000 son:

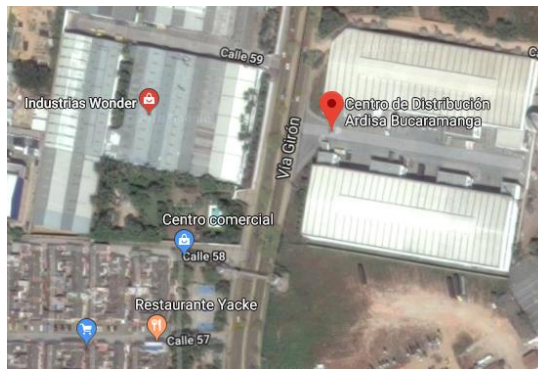
Tabla 5. Identificación sector Palenque – Te de Café Madrid

ESTAC. No.		1000
PR DE LA ESTACIÓN		
SECTOR		PALENQUE - TE DE CAFE MADRID
CODIGO VIA		
LONGITUD (KM).		12
SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO TERRITORIAL SANTANDER	1997	12958
	1998	18379
	1999	7941
	2000	6433
	2001	21732
	2002	18512
	2003	21107
	2004	18526
	2005	19138
	2006	24050
2007	24083	
2008	24337	

ESTAC. No.		1000
	2009	24434
	2010	23537
	2011	28184
	2012	35587
	2013	26109
	2014	27659
	2015	31419
	2016	19925

El punto en donde se realizó el aforo en esta vía fue en el puente peatonal diagonal a Industrias WONDER, donde la vía está compuesta por dos carriles en cada sentido.

Figura 4. Ubicación cuarto punto de aforo.



Fuente: Google Maps

1.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de información se realizó mediante aforos de campo durante veinticuatro horas en las entradas y salidas de tráfico en el área metropolitana; Bucaramanga – Rio Negro, Piedecuesta - Floridablanca, Bucaramanga - Berlín y Palenque - Café Madrid, en donde se ubicaron personas en los diferentes puntos

críticos iniciando el conteo vehicular a las 6:00 a.m. y clasificando la cantidad de vehículos en:

- Taxis.
- Particulares.
- Buses.
- Busetas.
- Camiones tipo:
 - C-2P
 - C-2G
 - C-3-4
 - C-5
 - >= C-6
- Motos.

Se ejecutó la toma de datos el lunes 16, viernes 19, lunes 23 y viernes 26 del mes de febrero, un punto por día haciendo el conteo por horas en cada sentido.

Tabla 6. Horarios recolección de información

Estación	Inicio		Fin	
	Fecha	Hora	Fecha	Hora
158	16/02/2018	6:00 a.m.	17/02/2018	6:10 a.m.
146	19/02/2018	6:05 a.m.	20/02/2018	6:05 a.m.
667	23/02/2018	6:00 a.m.	24/02/2018	6:00 a.m.
1000	26/02/2018	6:00 a.m.	27/02/2018	6:00 a.m.

La recolección de datos se hizo mediante un formato ajustado (ver Anexo A). En cada punto se ubicó un promedio de cuatro a seis personas teniendo en cuenta el sitio de aforo, las cuales se encargaron de registrar los datos en los formatos, realizando el conteo de los diferentes tipos de vehículos por sentido.

1.3 ANÁLISIS DE DATOS

Debido a que el porcentaje de motocicletas es alto, y que en los últimos años se ha incrementado el uso de este vehículo se requiere utilizar un factor equivalente a los automóviles para así poder registrar una comparación de los porcentajes que actúan en cada sector determinando el porcentaje de vehículos representativos del TPD en los diferentes corredores viales.

En este caso se implementará un factor equivalente de 0.75, ya el área metropolitana se asemeja a las condiciones y características del municipio de Manizales por lo que se hace uso de este factor teniendo en cuenta el análisis de Agudelo¹.

Utilizando el total de motocicletas en ambos sentidos que proporcione el trabajo de campo en la estación 158 (**Bucaramanga – Rio Negro**) se observa que:

$$Va = Vm * fe \quad (1)$$

Va = Volumen equivalente a autos.

Vm = Volumen de motocicletas.

fe = Factor equivalente

$$3261 \frac{\text{motos}}{\text{día}} * 0,75 = 2445,75$$

$$\approx 2446 \frac{\text{autos}}{\text{día}}$$

¹ AGUDELO, A. Análisis integral del estado de la avenida Alberto Mendoza Hoyos (Tesis de Especialización). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia 2006. p. 19. [en línea] disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/736/1/anamariaagudelotorres.2006.pdf>

Se presenta entonces el TPD hallado en campo:

Tabla 7. TPD aforado.

Sector	Aforado
BUCARAMANGA-RIO NEGRO	8205
PIEDRECUESTA- FLORIDABLANCA	53536
BUCARAMANGA-BERLIN	15304
PALENQUE DE CAFE MADRID	21146

Según el comportamiento de los volúmenes de tránsito históricos recolectados de INVIAS y contrastándolos con el volumen de tránsito aforado se observó que estos valores hallados en el año 2018 aumentan como es de esperarse debido a que según Cal y Mayor:

“Independientemente del grado de correlación, se puede concluir que los pronósticos mediante la regresión exponencial, con el transcurrir de los años, tienden a ser más elevados, que en cualquiera de las demás regresiones. Por el contrario, los pronósticos mediante las regresiones potencial y logarítmica tienden a ser más bajos. En la práctica se ha comprobado que los volúmenes de tránsito futuro, no tienden a ser tan altos y tampoco tienden a ser tan bajos, por lo que la regresión lineal es la que más se ajusta a su tendencia de crecimiento.”²

Por ende para realizar los cálculos necesarios en el desarrollo de este proyecto se digitalizan los datos (Ver anexos B - I) en cada uno de los puntos a evaluar teniendo en cuenta la información registrada únicamente en campo durante los aforos.

² CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones. Alfaomega. 2007

Además se identifica el porcentaje de tráfico pesado en los cuatro puntos de entrada-salida del área metropolitana de Bucaramanga y el nivel de servicio de operación teniendo en cuenta la capacidad vial de los distintos sectores.

1.3.1 Porcentaje de tráfico Respecto a los datos que se recolectaron en los distintos aforos (Ver anexos B - I) se determina el porcentaje de tráfico, dividiéndolos en tres categorías: automóviles, buses y camiones:

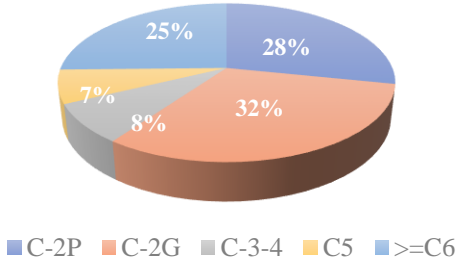
Tabla 8. Porcentaje de tráfico promedio diario.

Sector	AUTOS	BUSES	CAMIONES
BUCARAMANGA- RIO NEGRO	58%	15%	27%
PIEDECUESTA- FLORIDABLANCA	85%	6%	9%
BUCARAMANGA- BERLIN	83%	7%	10%
PALENQUE -TE DE CAFE MADRID	72%	6%	22%

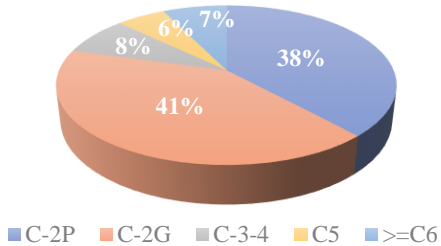
En la Tabla 8. Se puede observar que el porcentaje de camiones es mucho menor en comparación con el de los automóviles, pero esto no significa que este valor no sea influyente.

A continuación, se presenta la composición del porcentaje de camiones según los diferentes tipos y su respectivo sector:

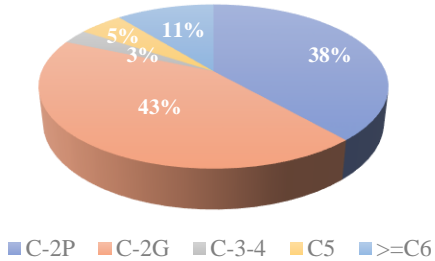
Gráfica 1. Composición de camiones sector Bucaramanga – Río Negro



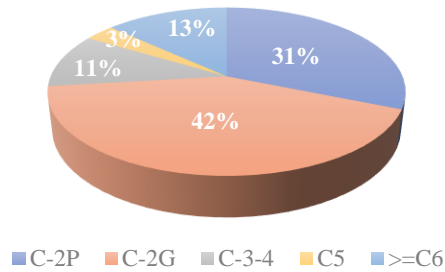
Gráfica 2. Composición de camiones sector Piedecuesta – Floridablanca.



Gráfica 3. Composición de camiones sector Bucaramanga – Berlín.



Gráfica 4. Composición de camiones sector Palenque – Te de Café Madrid.



1.3.2 Congestionamiento El congestionamiento juega uno de los papeles más importantes a la hora de medir el impacto del tráfico pesado, puesto que: “La causa fundamental de la congestión es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito.”³ y para determinar cómo influye este parámetro en el área metropolitana de Bucaramanga se tomó en cuenta un análisis con y sin camiones siguiendo un procedimiento análogo al planteado en el libro Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor.

El valor del tránsito promedio diario TPD se dividió en 24 horas para hallar un volumen promedio diario efectivo el cual se compara con el total de vehículos mixtos por hora:

$$Q = \frac{TPD}{Total\ de\ horas} \quad (2)$$

Tabla 9. Total de vehículos por hora Bucaramanga – Rio Negro.

HORA	CON CAMIONES	SIN CAMIONES
6:00	370	276
7:00	412	292

³ BULL, A. COMPILADOR. (). Congestión de tránsito, el problema y cómo enfrentarlo. CEPAL. Chile. 2003 [en línea] disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/S0301049_es.pdf;jsessionid=EFE18561AEFE660AC18C47556E86495C?sequence=1

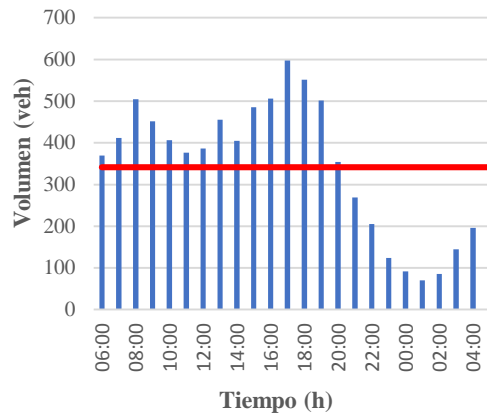
HORA	CON CAMIONES	SIN CAMIONES
8:00	505	374
9:00	452	347
10:00	406	286
11:00	377	271
12:00	387	280
13:00	456	358
14:00	405	308
15:00	485	377
16:00	507	378
17:00	597	466
18:00	551	432
19:00	502	393
20:00	355	277
21:00	269	207
22:00	206	147
23:00	124	78
0:00	92	32
1:00	71	32
2:00	86	32
3:00	145	77
4:00	196	110
5:00	254	173
TOTAL	8205	5998

Volumen promedio diario con camiones

$$Q_{158} = \frac{8205}{24}$$

$$Q_{158} = 341,86 \approx 342 \frac{veh}{hora}$$

Gráfica 5. Variación del volumen horario con camiones Bucaramanga – Rio Negro.

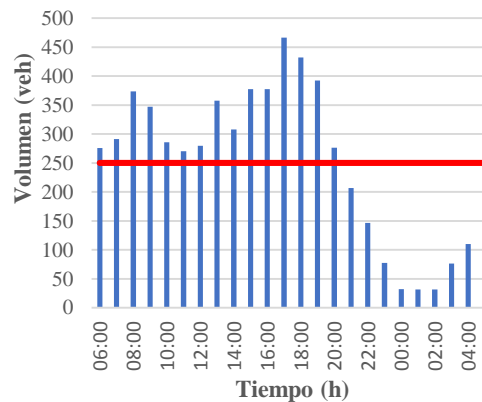


Volumen promedio diario sin camiones

$$Q_{158} = \frac{5998}{24}$$

$$Q_{158} = 249,92 \approx 250 \frac{veh}{hora}$$

Gráfica 6. Variación del volumen horario sin camiones Bucaramanga – Rio Negro.



Para este sector se puede observar que los valores por encima de la línea de volumen promedio diario (ver gráficas 9 y 10) es en donde se encuentra las horas de congestión. Se determina que hay mayor congestión cuando se tiene en cuenta la cantidad de camiones que pasan por el punto de entrada y salida, exceptuando para este caso las 20:00 horas donde el valor del congestionamiento es mayor sin camiones, el anexo J, muestra con mayor claridad las gráficas de variación de volumen en esta vía.

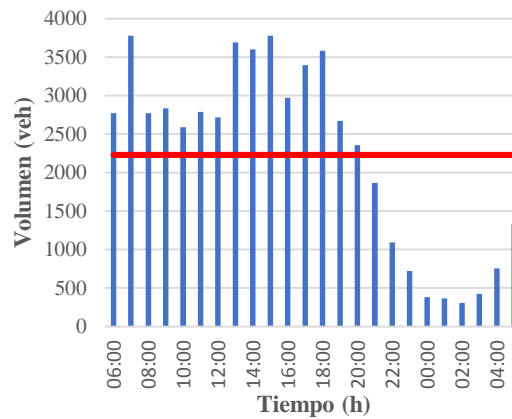
Tabla 10. Total de vehículos por hora Piedecuesta – Floridablanca.

HORA	CON CAMIONES	SIN CAMIONES
6:00	2773	2591
7:00	3777	3508
8:00	2771	2444
9:00	2833	2530
10:00	2588	2292
11:00	2788	2437
12:00	2719	2469
13:00	3691	3415
14:00	3600	3372
15:00	3777	3486
16:00	2971	2717
17:00	3397	3217
18:00	3584	3367
19:00	2671	2481
20:00	2357	2177
21:00	1865	1716
22:00	1091	985
23:00	724	622
0:00	380	300
1:00	364	263
2:00	307	242
3:00	421	308
4:00	758	575
5:00	1332	1146
TOTAL	53536	48657

Volumen promedio diario con camiones

$$Q_{146} = 2231 \frac{veh}{hora}$$

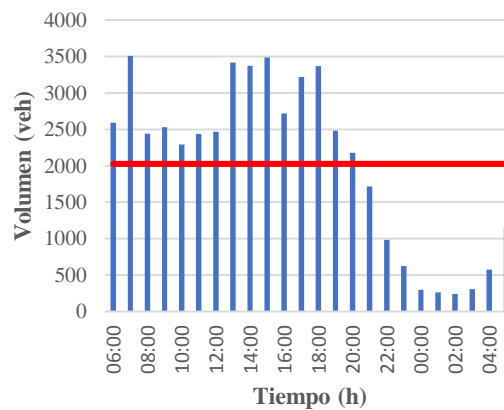
Gráfica 7. Variación del volumen horario con camiones Piedecuesta – Floridablanca.



Volumen promedio diario sin camiones

$$Q_{146} = 2027 \frac{veh}{hora}$$

Gráfica 8. Variación del volumen horario sin camiones Piedecuesta – Floridablanca



Para esta vía el comportamiento es muy similar a la anterior con la diferencia que en más horas se presenta que el congestionamiento sin camiones sea mayor, las 6:00, 17:00, 19:00 y 20:00 horas, son en donde se presenta este caso, pero definitivamente la mayor cantidad de horas del día se ve afectada por un incremento en el congestionamiento debido a los camiones (ver anexo K).

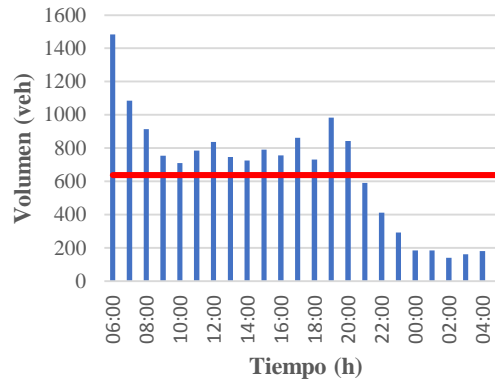
Tabla 11. Total de vehículos por hora Bucaramanga – Berlín.

HORA	CON CAMIONES	SIN CAMIONES
6:00	1484	1398
7:00	1085	991
8:00	915	823
9:00	755	665
10:00	711	628
11:00	785	706
12:00	837	768
13:00	746	668
14:00	725	666
15:00	791	686
16:00	756	689
17:00	862	796
18:00	731	669
19:00	984	903
20:00	842	757
21:00	591	555
22:00	412	369
23:00	292	249
0:00	184	139
1:00	186	151
2:00	141	112
3:00	162	129
4:00	182	146
5:00	148	128
TOTAL	15304	13788

Volumen promedio diario con camiones

$$Q_{667} = 638 \frac{veh}{hora}$$

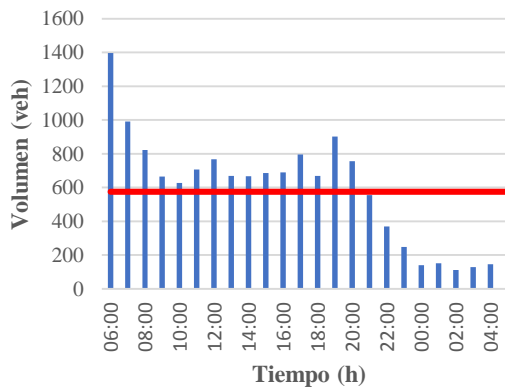
Gráfica 9. Variación del volumen horario con camiones Bucaramanga – Berlín.



Volumen promedio diario sin camiones

$$Q_{667} = 574 \frac{veh}{hora}$$

Gráfica 10. Variación del volumen horario sin camiones Bucaramanga – Berlín.



En la vía Bucaramanga – Berlín exceptuando las 14:00 y 18:00 horas presenta una mayor congestión cuando se incluyen los camiones en el cálculo del volumen horario (ver anexo L).

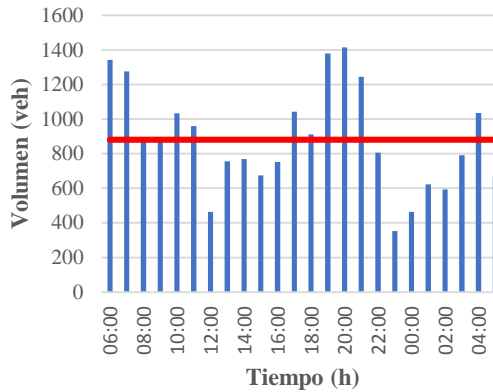
Tabla 12. Total de vehículos por hora Palenque – Te de Café Madrid.

HORA	CON CAMIONES	SIN CAMIONES
6:00	1342	1001
7:00	1277	920
8:00	892	626
9:00	893	633
10:00	1034	687
11:00	960	653
12:00	465	358
13:00	757	577
14:00	770	602
15:00	676	454
16:00	753	582
17:00	1043	855
18:00	912	751
19:00	1380	1181
20:00	1414	1239
21:00	1244	1123
22:00	807	678
23:00	353	251
0:00	464	361
1:00	623	501
2:00	594	485
3:00	791	610
4:00	1037	797
5:00	669	542
TOTAL	21146	16463

Volumen promedio diario con camiones

$$Q_{1000} = 881 \frac{veh}{hora}$$

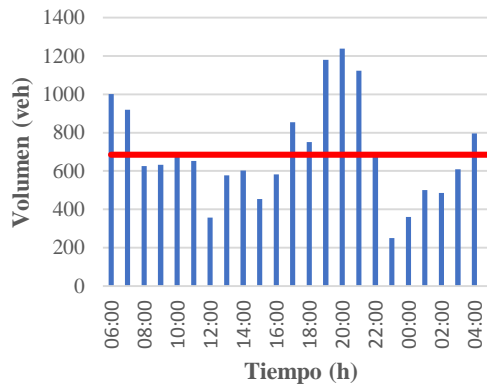
Gráfica 11. Variación del volumen horario con camiones Palenque – Te de Café Madrid.



Volumen promedio diario sin camiones

$$Q_{1000} = 686 \frac{veh}{hora}$$

Gráfica 12. Variación del volumen horario sin camiones Palenque – Te de Café Madrid.



Al igual que los tres sectores anteriores se presenta mayor congestión cuando se tiene en cuenta los camiones en la mayoría del día, para este caso las horas que difieren fueron 9, fueron bastantes en comparación con los otros puntos, para mayor detalle ver anexo M.

1.3.3 Nivel de servicio Es necesario conocer la calidad del flujo vehicular que pasa por cada uno de los puntos estudiados, por lo que se realizó un análisis del nivel de servicio que presenta cada vía, basándonos en el método del HCM 2000⁴.

1.3.3.1 Segmentos bidireccionales

a) Terreno ondulado

Se hizo el análisis de la vía Bucaramanga – Río Negro con el método para carreteras de dos carriles con segmentos bidireccionales y que funciona como una ruta de acceso a las carreteras de clase I⁵.

- **Velocidad de flujo libre (FFL)**

Para determinar FFL es necesario hacer una estimación indirecta, teniendo en cuenta la velocidad a flujo libre base (BFFS) o la velocidad de diseño la cual está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno⁶.

Para el caso de esta vía el valor utilizado para la velocidad son 70 km/h puesto que es una carretera primaria de una calzada con un ancho de carril de 3.7 m y terreno ondulado (ver anexo N), se realiza el ajuste por ancho de carril y ancho de acotamiento y el ajuste por puntos de acceso:

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A \quad (3)$$

⁴ TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. National Research Council, Washington, D.C. 2000

⁵ CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Op. Cit.

⁶ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño geométrico de carreteras. República de Colombia. 2008

Donde:

f_A = Ajuste por puntos de acceso
 f_{LS} = Ajuste por ancho de carril y ancho de
acotamiento

El valor de f_A es 0 (ver anexo O, Tabla 1) y el de f_{LS} es 4.2 (ver anexo O, Tabla 2), obteniendo entonces que:

$$FFS = 65.8 \frac{km}{h}$$

- **Tasa de flujo (v_p)**

Se deben realizar ajustes al volumen horario de demanda (V) en ambos sentidos, teniendo en cuenta la pendiente, la presencia de los vehículos pesados, el factor de la hora de máxima demanda y el volumen de máxima demanda en ambos sentidos, para hallar la tasa de flujo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$v_p = \frac{V}{(FHMD)(f_{HV})(f_G)} \quad (4)$$

Donde:

f_{HV} = Factor ajuste por presencia de veh
pesados
 f_G = Factor de ajuste por pendiente
 $FHMD$ = Factor de la hora de máxima
demanda

Para realizar el cálculo del f_{HV} se usa la siguiente expresión:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1)} \quad (5)$$

Donde:

$P_T =$ Porcentaje de vehículos pesados

$E_T =$ Automóviles equivalentes a vehículo
pesado

Para este flujo vehicular el factor $E_T = 2,5$ (Ver anexo P).

$$f_{HV} = 0.662$$

Es necesario considerar el tipo terreno para determinar el valor de la pendiente que en este caso está entre 3 y 6 % ⁷ ya que el terreno es ondulado se escoge el factor de ajuste correspondiente (ver anexo P).

El factor de ajuste por pendiente: $f_G = 0.71$ (ver anexo Q).

Para determinar el factor de la hora de máxima demanda se tiene en cuenta que los valores típicos son 0.88 para carretera rurales y 0.92 para urbanas⁸.

$$FHMD = 0.92$$

⁷ Ibíd.

⁸ CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Op. Cit.

Obteniendo:

$$v_p = 1380 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{\text{hora}}{\text{ambos sentidos}}}$$

- **Velocidad media de viaje (ATS)**

Utilizando los datos hallados anteriormente, FFS y v_p e incluyendo el ajuste por porcentaje de zonas de no rebase (f_{np}), el cual en este caso es 2,5 (Anexo R), se reemplaza en la ecuación y se obtiene la velocidad media de viaje (ATS):

$$ATS = FFS - 0,0125(v_p) - f_{np} \quad (6)$$

$$ATS = 46 \frac{km}{h}$$

- **Porcentaje de tiempo empleado en seguimiento (PTSF)**

Para calcular el porcentaje de tiempo empleado en seguimiento es necesario utilizar el porcentaje base de tiempo empleado y el ajuste por el efecto combinado.

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} \quad (7)$$

Donde:

$BPTSF$ = Porcentaje base de tiempo
empleado en seguimiento para ambas
direcciones de viaje combinados

$f_{d/np}$ = Ajuste por el efecto combinado de

*la distribución direccional del tránsito
y el porcentaje de zonas de rebase*

Se utiliza la siguiente ecuación para hallar el valor del porcentaje base de tiempo, donde el valor de v_p es 1072 ya que fue recalculado tomando f_G como 1 y E_T como 1.8:

$$BPTSF = 100(1 - e^{-0,000879v_p}) \quad (8)$$

$$BPTSF = 61 \%$$

El valor de $f_{d/np}$ se utiliza de la tabla 20 -12 (ver anexo S), en este caso:

$$f_{d/np} = 11.2 \%$$

Para determinar el valor de $f_{d/np}$ es necesario conocer el porcentaje de zonas de no rebase y la distribución del flujo vehicular por sentidos, en donde se utilizó la información comprendida en el Manual NDS para carreteras de dos carriles⁹ (ver anexo T).

Reemplazando los valores se obtiene que:

$$PTSF = 72.2 \% \text{ de tiempo empleado}$$

⁹ RADELAT E., Guido; CERQUERA E., Flor Angela y LÓPEZ María Consuelo. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de Dos Carriles. Segunda versión. Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, Universidad del Cauca, Santa Fe de Bogotá. 1996

- **Determinación del nivel de servicio**

Teniendo en cuenta que es una carretera clase II, el nivel de servicio se basa únicamente en el porcentaje de tiempo consumido en seguimiento, observando la tabla 20-4 (ver anexo U) se obtiene que el sector opera a un nivel de servicio D, el cual representa que hay un flujo vehicular inestable, con maniobra de rebase difícil ya que la demanda por rebase es alta y la capacidad de rebase es casi cero por la circulación de vehículos lentos (tráfico pesado) ¹⁰.

Al realizar el mismo análisis sin tener en cuenta el volumen de vehículos pesados se obtiene que el porcentaje de tiempo empleado en seguimiento es 58.4 % por lo que el nivel de servicio mejora a un tipo C, donde hay un flujo significativo de vehículos lo que refleja disminución en la formación de grupos, aumentando en sector la capacidad de rebase.

b) Terreno Montañoso

Para el análisis de la vía Bucaramanga – Berlín se usa el método de carreteras de dos carriles con segmentos bidireccionales, teniendo en cuenta que el terreno es montañoso.

- **Velocidad de flujo libre (FFS)**

En el caso de la vía a estudiar y teniendo en cuenta que el terreno es montañoso el valor utilizado para la velocidad a flujo libre base es 70 km/h (ver anexo N), se realiza el ajuste por ancho de carril y ancho de acotamiento y el ajuste por puntos de acceso, con el valor de f_A que es 0 y el de f_{LS} que es 4.2 (ver anexo O, Tabla 1 y 2 respectivamente), se obtiene:

¹⁰ CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Op. Cit.

$$FFS = 65.8 \frac{km}{h}$$

- **Tasa de flujo (v_p)**

En este caso el valor de f_{HV} es 0.935, se considera que el terreno es montañoso y f_G es 0.99, y tomando el valor de $FHMD$ como 0.92 ya que es una carretera urbana:

$$v_p = 1743 \frac{\text{veh livianos}}{\text{hora}} \frac{1}{\text{ambos sentidos}}$$

- **Velocidad media de viaje (ATS)**

Usando FFS, v_p y teniendo en cuenta el ajuste por porcentaje de zonas de no rebase (f_{np}) que para este caso es 1.8 se reemplazan en la ecuación y se obtiene la velocidad media de viaje:

$$ATS = 42.2 \frac{km}{h}$$

- **Porcentaje de tiempo empleado en seguimiento (PTSF)**

Reemplazando en la ecuación ya mencionada en los tramos ondulados se obtiene el valor de BPTSF es 75.8 %, teniendo en cuenta que $f_{d/np}$ es 6.7 % y que se recalculo v_p obteniendo un resultado de 1613 veh livianos/hora/carril se puede conocer el valor del porcentaje de tiempo empleado en seguimiento:

$$PTSF = 82.5 \% \text{ de tiempo empleado}$$

- **Determinación del nivel de servicio**

La vía Bucaramanga – Berlín es de clase II y su nivel de servicio es tipo D, lo cual describe un flujo vehicular inestable. Los dos sentidos del tránsito empiezan a operar a niveles de volúmenes altos en función de la capacidad de rebase, la cual se aproxima a cero¹¹.

El porcentaje de tiempo empleado en seguimiento sin camiones es 77.3% lo que representa que el nivel de servicio es también en este caso D, observando que el porcentaje de vehículos pesados no es muy influyente en comparación con los vehículos livianos que en esta zona presentan un volumen elevado.

1.3.3.2 Carriles múltiples

a) Cuatro carriles

La vía Palenque – Te de Café Madrid es una carretera primaria que cumple con la función de conectar las cabeceras municipales de Bucaramanga y Girón. Para analizar el nivel de servicio en este corredor es necesario evaluar cada sentido de la doble calzada por separado, teniendo en cuenta que es un terreno plano ya que su pendiente longitudinal en promedio no supera el 3%¹².

- **Sentido Sur – Norte**

- **Tasa de flujo máxima (v_p)**

Para las carreteras de carriles múltiples a la ecuación para hallar v_p se le agrega el parametro N que representa el número de carriles por sentido, en este caso 2, los

¹¹ *Ibíd.*

¹² MINISTERIO DE TRANSPORTE. Op. Cit.

valores de f_{HV} y f_p son 0.9 y 1 respectivamente y $FHMD$ es 0.95 por que es una autopista suburbana:

$$v_p = \frac{V}{(FHMD)(N)(f_{HV})(f_p)} \quad (9)$$

$$v_p = 483 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{\text{hora}}{\text{carril}}}$$

- Velocidad de flujo libre (FFS)

Para hacer el cálculo de la velocidad es necesario hacer un ajuste teniendo en cuenta los siguientes factores según la ecuación:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID} \quad (10)$$

Donde:

f_{LW} = Ajuste por el ancho de carril

f_{LC} = Ajuste por distancia libre lateral

f_N = Ajuste por número de carriles

f_{ID} = Ajuste debido a intercambiadores

La velocidad a flujo libre base es 80 km/h¹³, ya que las características geométricas del tramo específico a analizar son, el ancho del carril 3.4 m y con una obstrucción lateral de 1.2 m, los valores de los ajustes son: $f_{LW} = 3.1$, $f_{LC} = 1.9$, $f_N = 7.3$ y $f_{ID} = 9.2$ (ver anexo V y W), por lo tanto:

¹³ Ibíd.

$$FFS = 58.5 \frac{km}{h}$$

- Determinación del nivel de servicio

Con valor de la densidad (D) se puede obtener el nivel del servicio del sentido.

$$D = \frac{v_p}{S} \quad (11)$$

$$D = 8 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{km}{\text{carril}}}$$

Teniendo la densidad calculada se compara con la presentada en la figura del anexo V, dando como resultado un nivel de servicio B, el cual está dentro del rango del flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación, la libertad de selección de las velocidades no se ve afectada, pero disminuye un poco la libertad de maniobra ya que la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno¹⁴.

Sin tener en cuenta lo vehículos de carga pesada, el valor de la densidad vehicular es 7 vehículos livianos/km/carril, lo cual representa un nivel de servicio A, observando que la libertad de maniobra mejora y los conductores pueden viajar a la velocidad deseada.

- **Sentido Norte - Sur**

- Tasa de flujo máxima (v_p)

¹⁴ CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J.

En el sentido norte – sur se tiene en cuenta que el número de carriles es también 2, f_{HV} es 0.9, f_p 1 y $FHMD$ es 0.95 como en el sentido sur – norte, por lo tanto, la tasa de flujo en este sentido es:

$$v_p = 388 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{\text{hora}}{\text{carril}}}$$

- Velocidad de flujo libre (FFS)

La velocidad a flujo libre base es también 80 km/h¹⁵ y los valores de los factores de ajuste por ancho de carril y distancia libre de carril cambian debido a que estas distancias difieren a las de la calzada del sentido sur – norte, ancho de carril 3.6 m y obstrucción lateral 1.2 m, por lo que los factores se modifican a: $f_{LW} = 0$ y $f_{LC} = 1.9$, pero $f_N = 7.3$ y $f_{ID} = 9.2$ se mantienen en el mismo valor (ver anexo V y W), por lo que:

$$FFS = 61.6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- Determinación del nivel de servicio

Ya que el valor de la densidad es:

$$D = 6 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{\text{km}}{\text{carril}}}$$

Representa un nivel de servicio A, el cual tiene una circulación a flujo libre, los usuarios están virtualmente exentos de la presencia de otros en la circulación,

¹⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Op. Cit.

poseen la libertad de elegir las velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito¹⁶.

La densidad vehicular sin camiones es 5 vehículos livianos/km/carril por lo que el nivel de servicio no varía sin la presencia de estos.

b) Seis carriles

Siendo una carretera primaria con terreno ondulado la vía Piedecuesta – Floridablanca presenta tres carriles en el sentido norte – sur y tres carriles en el sentido sur – norte, de igual manera se hacen el análisis para cada sentido.

- **Sentido Sur – Norte**

- **Tasa de flujo máxima (v_p)**

En este sentido se encuentran 3 carriles los cuales miden 3.3 m de ancho de carril cada uno y no presenta obstrucción lateral por lo que f_{HV} es 0.93 y f_p 1 con $FHMD$ de 0.95 porque es una autopista urbana:

$$v_p = 763 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{\text{hora}}{\text{carril}}}$$

¹⁶ CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Op. Cit.

- Velocidad de flujo libre (*FFS*)

La velocidad a flujo libre base es 80 km/h¹⁷, según las características geométricas ya mencionadas por lo que los valores de los ajustes son: $f_{LW} = 3.1$, $f_{LC} = 3.9$, $f_N = 4.8$ y $f_{ID} = 9.2$ (ver anexo V y W)), entonces:

$$FFS = 59 \frac{km}{h}$$

- Determinación del nivel de servicio

Hallando el valor de la densidad:

$$D = 13 \frac{veh \text{ livianos}}{\frac{km}{carril}}$$

Se obtuvo un nivel de servicio C, que pertenece al rango de flujo estable pero marca el inicio en que la operación de los usuarios se ve afectada de forma significativa por la interacción con los otros usuarios¹⁸.

Cuando no se tiene en cuenta en el análisis los vehículos pesados la densidad vehicular da como resultado 11 vehículos livianos/km/carril por lo cual el nivel de servicio cambia a B, lo que significa que la selección de velocidad deseada está relativamente inafectada, aunque aumenta un poco la velocidad de maniobra.

¹⁷ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Op. Cit.

¹⁸ CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Op. Cit.

Sentido Norte - Sur

- Tasa de flujo máxima (v_p)

Para el sentido norte – sur el número de carriles es 3, f_{HV} y f_p 0.93 y 1 ya que el ancho del carril es el mismo que en el sentido sur – norte, teniendo en cuenta que tampoco hay obstrucción lateral y con $FHMD$ de 0.95, la tasa de flujo es:

$$v_p = 914 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{\text{hora}}{\text{carril}}}$$

- Velocidad de flujo libre (FFS)

La velocidad a flujo libre base es también 80 km/h¹⁹ en este caso los valores de los factores de ajuste por ancho de carril y por número de carriles cambian por lo que: $f_{LW} = 3.1$, $f_{LC} = 3.9$, $f_N = 4.8$ y $f_{ID} = 9.2$ (ver anexo U), entonces:

$$FFS = 59 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- Determinación del nivel de servicio

Como el valor de la densidad es:

$$D = 15 \frac{\text{veh livianos}}{\frac{\text{km}}{\text{carril}}}$$

¹⁹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Op. Cit.

El nivel de servicio es C, flujo estable en donde la operación de los usuarios individuales se ve afectada por la presencia de otros usuarios, influyendo negativamente en la selección de velocidad y la libertad de maniobra se empieza a restringir²⁰.

Con una densidad de 14 veh livianos/km/carril se puede determinar que el tráfico pesado no es muy influyente en este sentido por lo que el nivel de servicio se mantiene en el tipo C.

1.4 DESCRIPCIÓN DE SOLUCIONES AL IMPACTO GENERADO POR EL TRÁNSITO PESADO

Los problemas de tránsito en el mayor de los casos son consecuencia de la existencia de un desbalance entre la oferta y la demanda. Debido a que la demanda depende de las necesidades de la población creciente este factor tiende a aumentar puesto que la oferta que es dependiente de las características físicas se encuentra con limitaciones a la hora de cubrir las necesidades.

Por lo cual las soluciones están enfocadas a aumentar la oferta o a hacer más eficiente la oferta existente, esto se traduce en incrementar la infraestructura vial o en disminuir la demanda optimizando el uso de las vías.

Además, la posible creación de vías alternas que busquen rodear el área metropolitana como corredores viales especializados y anillos viales metropolitanos que aparten el tráfico pesado de las zonas urbanas²¹.

²⁰ CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Op. Cit.

²¹ Plan Maestro de Movilidad área metropolitana de Bucaramanga (2011 – 2030)

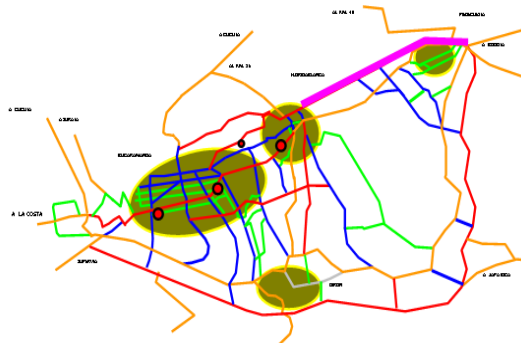
De acuerdo con el análisis de los volúmenes de tránsito pesado (con camiones y sin camiones) realizado en los puntos Bucaramanga – Rionegro, Piedecuesta – Floridablanca, Bucaramanga – Berlín y Palenque – Te de Café Madrid. Se describe a continuación las características estratégicas que darían solución a la problemática analizada en el presente proyecto:

- Para el sector Sur

Circunvalar de Mensulí

Este corredor sirve como prolongación de la actual Transversal Oriental hacia el sur desde el municipio de Floridablanca. Inicia desde la transversal del sur de Florida, por todo el borde del valle de Mensulí hasta el sector de Tres esquinas, pasando por el borde oriental del centro urbano de Piedecuesta, de longitud 5 km con un perfil vial del tipo 7, una calzada de dos carriles para corto plazo y un perfil vial tipo 5 de dos calzadas de dos carriles en el largo plazo²².

Figura 5. Circunvalar de Mensulí



Fuente: Tomado de la ficha de proyecto Plan Vial Metropolitano.

²² Fichas de Proyectos Plan Vial Metropolitano

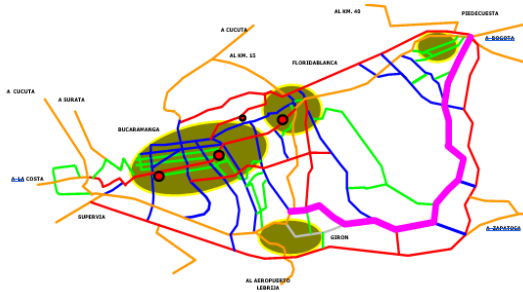
Anillo vial externo Metropolitano

Se divide en dos sectores:

El sector uno: Parte de Tres Esquinas en el municipio de Piedecuesta hasta el sitio de Llano grande por el costado derecho del Valle del Río de Oro, con una longitud de 18 km y un perfil vial tipo 4 de dos calzados dos carriles, para la primera vigencia del plan y ampliación a perfil vial tipo 1, es decir con habilitación de transporte masivo durante la vigencia de largo plazo del Plan.

El sector dos: parte de la Intersección de la Transversal de Llano Grande pasando por San Francisco, hasta conectar con la vereda Llanadas y de allí hasta la intersección con el Anillo Vial y la Transversal de Malpaso en una longitud de 10 km y un perfil vial tipo 7 una calzada dos carriles para primera vigencia del plan y un perfil tipo 4 de dos calzadas dos carriles a mediano plazo²³.

Figura 6. Anillo vial externo Metropolitano.



Fuente: Tomado de la ficha de proyecto Plan Vial Metropolitano.

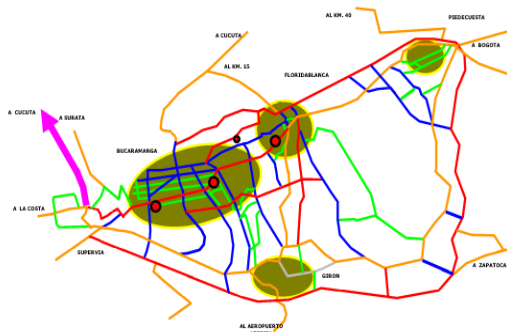
²³ Ibíd.

- Para el sector Norte

Vía a Cúcuta por el Alto del Escorial

Parte de la zona Norte de Bucaramanga, en el sitio denominado La Cemento, bordeando el Río Suratá, ascendiendo por el Cañón del mismo Río hasta encontrar el Macizo Oriental Santandereano generando conexión internacional de la Costa Pacífica Colombiana (Tribugá) y Costa Atlántica Venezolana (Maracaibo) ²⁴.

Figura 7. Vía a Cúcuta por el Alto del Escorial



Fuente: Tomado de la ficha de proyecto Plan Vial Metropolitano.

Expansión de la zona industrial de Bucaramanga sobre el corredor Palenque – Café Madrid, así como el desarrollo del complejo industrial y comercial de Floridablanca, donde se ubicará la “zona franca de Santander”, localizado sobre el anillo vial, entre Girón y Floridablanca. Estos proyectos permiten consolidar el corredor perimetral del anillo vial como zona de transporte de carga²⁵.

²⁴ *Ibíd.*

²⁵ Plan Maestro de Movilidad área metropolitana de Bucaramanga (2011 – 2030)

2. CONCLUSIONES

- Se obtuvo los volúmenes de tránsito a través de los aforos de campo y se contrastaron con la información suministrada por INVIAS, donde se ve como los datos aforados se comportan de forma creciente según lo visto en los datos históricos y como es de esperarse que se comporte con tendencia lineal según Cal y mayor, cabe resaltar que el aumento del tránsito promedio diario en la vía Bucaramanga – Berlín es muy alto en comparación con los datos históricos y los demás puntos críticos de análisis, posiblemente por los aumentos significativos en la cantidad de motocicletas que transitan esta zona y la actual situación del país vecino Venezuela que genera un alto flujo vehicular hacia el área metropolitana de Bucaramanga.
- Se identificó la cantidad de vehículos de carga pesada que transitan por los principales puntos de acceso al área metropolitana de Bucaramanga de tal manera que se pudo determinar cuál es el porcentaje de camiones que actúan en cada sector, dando como resultado un número menor en comparación con los vehículos livianos, aunque este resultado no se puede pasar por alto puesto que el espacio que ocupan es mucho mayor y la velocidad a la que transitan es menor.
- Se observó que en los puntos estudiados se presenta congestión teniendo en cuenta todos los tipos de vehículos que se desplazan y contrastándolo con un análisis sin tener en cuenta el tráfico pesado se evidenció que el congestionamiento disminuyó como es de esperarse, pero no de manera significativa.

- En los segmentos bidireccionales se observa que el nivel de servicio es deficiente debido a que estas vías presentan un porcentaje de tiempo empleado en seguimiento alto por la gran cantidad de vehículos que transitan, cabe resaltar que en la vía Bucaramanga – Rio negro al no tener en cuenta los vehículos de carga pesada el nivel de servicio cambia del tipo D al C mejorando significativamente, mientras que en la vía Bucaramanga – Berlín el porcentaje de tiempo empleado en seguimiento disminuye sin tener en cuenta el tráfico pesado pero esto no ocasiona un cambio en el nivel de servicio ya que el valor obtenido continua en el rango D del criterio para vías de dos carriles clase II.
- En el corredor vial de Piedecuesta – Floridablanca se presenta un nivel de servicio en ambos sentidos, al no tener en cuenta el tráfico pesado se observa que en la entrada de la ciudad (sentido sur – norte) la densidad vehicular disminuye, y varia el nivel de servicio a tipo B, pero en el sentido norte – sur la variación en el nivel de servicio no existe.
- Según lo calculado para la vía Palenque – Te de Café Madrid el nivel de servicio en este sector es A para el sentido Norte – Sur y B para Sur – Norte, ya que esta vía actúa como un ejemplo de anillo vial externo puesto que esta no atraviesa zonas urbanas lo cual hace que el transito sea dinámico.
- El corredor vial llamado Circunvalar de Mensulí crea la alternativa de transitar por este paralelamente a la vía actual de Floridablanca – Piedecuesta, partiendo desde el sector de Tres esquinas hasta la Transversal Oriental que permite rodear el municipio de Piedecuesta ya que los vehículos pesados que vienen del sur del país al tomar este corredor pueden transitar directamente hacia el oriente sin impactar la malla vial de Piedecuesta, Floridablanca y Bucaramanga.
- Al realizar el Anillo vial externo Metropolitano se veran beneficiados todos los municipios del área metropolitana ya que todo el trafico proveniente del sur del

país se aislará pasando por este corredor hacia el norte del país donde conecta con las dos puertas de salida de la ciudad disminuyendo la congestión generada por el tráfico pesado en las vías internas de los municipios.

- La vía a Cúcuta por el Alto del Escorial permite que los vehículos pesados que se dirigen hacia el oriente proviniendo del norte del país no tengan que acceder a la malla vial del municipio de Bucaramanga por ende no se verá un impacto generado por el tráfico pesado.
- La ejecución y el mejoramiento de la logística de discriminación y distribución de la carga proporcionara menos tiempos de recorrido y menos vehículos de carga pesada transitando por los municipios del área metropolitana.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO, A. Análisis integral del estado de la avenida Alberto Mendoza Hoyos (Tesis de Especialización). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia 2006. p. 19. [en línea] disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/736/1/anamariaagudelotorres.2006.pdf>

BULL, A. COMPILADOR. (). Congestión de tránsito, el problema y cómo enfrentarlo. CEPAL. Chile. 2003 [en línea] disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/S0301049_es.pdf;jsessionid=EFE18561AEFE660AC18C47556E86495C?sequence=1

CAL Y MAYOR, R., CÁRDENAS, J. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones. Alfaomega. 2007

Fichas de Proyectos Plan Vial Metropolitano.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño geométrico de carreteras. República de Colombia. 2008

Plan Maestro de Movilidad área metropolitana de Bucaramanga (2011 – 2030)

RADELAT E., Guido; CERQUERA E., Flor Angela y LÓPEZ María Consuelo. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de Dos Carriles. Segunda versión. Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, Universidad del Cauca, Santa Fe de Bogotá. 1996

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. National Research Council, Washington, D.C. 2000

ANEXOS

ANEXO A. FORMATO DE AFORO 24 HORAS

Tabla a. *Formato de aforo 24 horas*

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA											
Fecha: (DMA)		Hora Inicio:		Localización:				Hoja:			
Dia:		Hora Final:						De:			
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL											
TOTALS											
UIS											
CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO											
AFORADORES											
JEFE GRUPO		ASISTENTE									
FIRMA:		FIRMA:									
FECHA:		FECHA:									
ELABORO		REVISO									

Fuente: Proporcionado por el Director de proyecto, Ingeniero Especialista Luis David Arévalo.

ANEXO B. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – RÍO NEGRO (NORTE – SUR)

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA										
Fecha:	16/02/2018	Hora Inicio:	6:00 a.m.	Localización:	Bucaramanga - Río Negro (NORTE - SUR)	Hoja:		1		
Día:	Viernes	Hora Final:	6:10 a.m.			De:		8		
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS
6 - 7	0	33	15	11	10	19	7	2	8	76
7 - 08	0	43	22	14	16	25	7	1	12	73
8 - 9	4	76	22	9	25	18	8	4	10	103
9 - 10	2	75	34	10	23	16	3	5	10	85
10 - 11	4	54	21	11	22	11	12	7	8	69
11 - 12	3	51	28	10	23	10	3	7	10	86
12 - 13	5	59	21	7	15	16	4	4	9	74
13 - 14	3	73	27	12	21	11	2	11	12	104
14 - 15	2	57	28	14	17	10	3	5	6	94
15 - 16	1	69	32	11	16	6	5	2	18	93
16 - 17	5	66	20	13	14	12	6	3	12	97
17 - 18	6	60	21	16	18	12	5	7	17	142
18 - 19	1	60	23	20	12	12	3	4	14	145
19 - 20	4	79	23	15	13	8	2	4	9	129
20 - 21	9	46	16	6	3	16	6	2	7	86
21 - 22	4	31	16	2	3	1	0	4	5	85
22 - 23	5	25	15	2	6	6	0	7	6	52
23 - 24	5	7	6	0	4	8	1	0	4	22
24 - 1	3	4	2	1	7	7	4	1	3	8
1 - 2	0	11	0	0	0	9	0	1	2	5
2 - 3	0	8	0	0	3	17	2	0	2	9
3 - 4	1	26	1	2	4	22	0	0	14	5
4 - 5	2	25	9	8	8	25	4	0	11	9
5 - 6	4	39	19	2	7	24	3	1	13	26
TOTAL	73	1077	421	196	290	321	90	82	222	1677
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
JEFE GRUPO:			ASISTENTE :			AFORADORES				
FIRMA:			FIRMA:							
FECHA:			FECHA:							
ELABORÓ			REVISÓ							

ANEXO C. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – RÍO NEGRO (SUR – NORTE)

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA										
Fecha:	16/02/2018	Hora Inicio:	6:00 a.m.	Localización:	Bucaramanga - Río Negro (SUR - NORTE)	Hoja:		2		
Día:	Viernes	Hora Final:	6:10 a.m.			De:		8		
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS
6 - 7	10	27	28	13	11	17	4	2	14	109
7 - 08	12	29	38	6	15	16	4	0	24	97
8 - 9	4	54	44	16	15	16	5	2	28	90
9 - 10	1	53	26	14	13	11	5	6	13	91
10 - 11	2	58	16	9	8	20	3	10	19	79
11 - 12	0	48	20	10	16	12	4	5	16	48
12 - 13	0	47	19	9	13	20	8	2	16	76
13 - 14	2	65	21	9	11	14	0	3	13	90
14 - 15	3	48	14	4	13	16	6	6	15	90
15 - 16	2	83	25	8	30	21	2	2	6	102
16 - 17	2	83	24	13	20	31	7	8	16	105
17 - 18	2	108	26	12	21	18	3	5	25	145
18 - 19	6	95	27	27	29	21	7	1	16	86
19 - 20	3	79	20	12	31	21	3	3	15	81
20 - 21	3	68	20	8	18	12	2	1	11	48
21 - 22	2	39	10	1	18	9	2	4	16	51
22 - 23	2	20	3	1	15	8	0	3	8	46
23 - 24	5	26	2	1	4	12	5	0	8	12
24 - 1	2	6	2	3	5	18	3	0	12	4
1 - 2	0	5	5	0	8	15	0	0	4	9
2 - 3	0	10	1	0	7	10	5	3	5	8
3 - 4	2	18	11	2	4	11	0	1	12	13
4 - 5	3	17	9	4	7	13	3	2	13	35
5 - 6	2	18	14	4	1	16	4	0	12	69
TOTAL	70	1104	425	186	333	378	85	69	337	1584
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
JEFE GRUPO:			ASISTENTE:			AFORADORES				
FIRMA:			FIRMA:							
FECHA:			FECHA:							
ELABORÓ			REVISÓ							

ANEXO D. INFORMACIÓN PIEDECUESTA - FLORIDABLANCA (SUR – NORTE)

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA										
Fecha:	19/02/2018	Hora Inicio:	6:05 a.m.	Localización:	Piedecuesta - Floridablanca (SUR - NORTE)	Hoja:	3			
Día:	Lunes	Hora Final:	6:05 a.m.			De:	8			
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS
6 - 7	52	535	41	27	57	28	5	4	9	603
7 - 08	68	575	47	36	72	48	9	7	11	655
8 - 9	87	515	68	18	51	55	10	12	6	491
9 - 10	96	602	44	20	65	45	5	9	10	526
10 - 11	94	427	42	10	36	36	13	16	12	349
11 - 12	97	454	51	20	77	81	10	9	15	414
12 - 13	109	582	43	18	58	44	19	0	16	554
13 - 14	122	811	51	12	33	92	9	5	23	945
14 - 15	110	724	58	16	44	70	16	3	15	940
15 - 16	140	984	65	67	47	97	20	6	14	790
16 - 17	103	765	53	39	51	76	15	8	17	679
17 - 18	124	736	57	15	27	58	8	5	6	860
18 - 19	112	612	65	18	46	54	9	6	11	980
19 - 20	114	586	53	32	40	60	8	1	12	740
20 - 21	91	415	50	19	43	50	2	4	11	550
21 - 22	66	287	33	12	35	34	7	5	6	306
22 - 23	68	168	28	10	19	34	5	2	8	161
23 - 24	57	130	20	11	20	41	1	2	5	97
24 - 1	46	50	6	6	17	38	1	2	2	80
1 - 2	40	77	2	7	23	45	2	5	15	36
2 - 3	24	55	6	10	8	35	0	5	5	33
3 - 4	44	75	9	6	29	29	3	2	9	63
4 - 5	53	108	48	26	34	33	4	10	15	124
5 - 6	88	184	72	27	30	48	10	3	7	266
TOTAL	2005	10457	1012	482	962	1231	191	131	260	11242
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
JEFE GRUPO:			ASISTENTE:			AFORADORES				
FIRMA:			FIRMA:							
FECHA:			FECHA:							
ELABORO			REVISÓ							

ANEXO E. INFORMACIÓN PIEDECUESTA - FLORIDABLANCA (NORTE – SUR)

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA											
Fecha:	19/02/2018	Hora Inicio:	6:05 a.m.	Localización:	Piedecuesta - Floridablanca (NORTE - SUR)					Hoja:	4
Día:	Lunes	Hora Final:	6:05 a.m.							De:	8
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS	
6 - 7	114	632	37	127	38	21	7	9	4	765	
7 - 08	187	1171	58	128	71	24	19	7	1	995	
8 - 9	130	686	49	80	100	68	14	7	4	590	
9 - 10	154	611	34	64	84	58	11	11	5	680	
10 - 11	164	654	34	76	75	75	18	9	6	705	
11 - 12	158	690	29	61	57	65	20	14	3	755	
12 - 13	102	680	34	26	72	18	13	2	8	612	
13 - 14	139	833	43	44	71	26	10	3	4	868	
14 - 15	223	839	28	76	32	35	5	3	5	791	
15 - 16	172	843	30	87	46	45	7	4	5	674	
16 - 17	109	599	30	30	23	39	10	10	5	639	
17 - 18	112	664	35	34	25	31	9	6	5	1060	
18 - 19	135	707	46	35	31	41	5	5	9	1202	
19 - 20	103	488	28	30	21	21	12	12	3	656	
20 - 21	123	520	39	49	22	35	2	8	3	611	
21 - 22	125	489	37	23	33	16	4	7	2	553	
22 - 23	90	227	24	11	10	20	1	5	2	318	
23 - 24	71	116	10	10	7	22	2	0	2	166	
24 - 1	36	37	9	7	2	14	0	2	2	57	
1 - 2	48	30	8	4	2	0	5	3	1	27	
2 - 3	37	32	9	15	2	0	1	3	6	39	
3 - 4	46	44	10	6	12	18	3	5	3	28	
4 - 5	46	80	50	12	29	45	9	1	3	78	
5 - 6	60	247	37	28	35	40	5	4	4	271	
TOTAL	2684	11919	748	1063	900	777	192	140	95	13140	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO			
JEFE GRUPO:			ASISTENTE:			AFORADORES					
FIRMA:			FIRMA:								
FECHA:			FECHA:								
ELABORÓ			REVISÓ								

ANEXO F. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – BERLÍN

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA											
Fecha:	23/02/2018	Hora Inicio:	6:00 a.m.	Localización:	Bucaramanga - Berlín					Hoja:	5
Día:	Viernes	Hora Final:	6:00 a.m.							De:	8
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS	
6 - 7	61	180	16	24	19	22	3	4	1	565	
7 - 08	50	167	8	22	19	21	1	1	2	450	
8 - 9	34	137	8	14	29	19	0	1	0	311	
9 - 10	28	102	0	21	15	25	0	0	0	221	
10 - 11	30	89	1	20	18	18	1	1	1	197	
11 - 12	27	96	6	17	11	11	0	1	4	204	
12 - 13	24	77	1	14	6	20	0	0	2	246	
13 - 14	30	127	9	19	15	13	1	3	5	231	
14 - 15	35	132	21	14	18	17	4	0	1	231	
15 - 16	30	130	15	8	25	30	0	3	3	228	
16 - 17	37	139	13	13	10	26	0	2	2	176	
17 - 18	17	133	14	10	12	20	1	2	2	188	
18 - 19	23	96	32	4	8	9	0	4	5	148	
19 - 20	61	129	21	8	18	16	0	4	2	216	
20 - 21	51	135	26	7	18	16	1	1	3	177	
21 - 22	44	67	7	1	12	2	0	1	2	115	
22 - 23	57	50	12	6	8	13	1	0	1	82	
23 - 24	29	42	8	6	6	13	5	2	0	53	
24 - 1	18	37	9	2	13	11	0	0	2	13	
1 - 2	34	22	15	2	14	5	0	0	0	21	
2 - 3	21	17	9	2	7	3	0	1	1	9	
3 - 4	21	28	12	2	5	11	0	1	1	8	
4 - 5	21	24	3	2	8	2	0	0	1	30	
5 - 6	5	26	7	1	5	5	0	0	1	41	
TOTAL	788	2182	273	239	319	348	18	32	42	4161	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO			
JEFE GRUPO:			ASISTENTE:			AFORADORES					
FIRMA:			FIRMA:								
FECHA:			FECHA:								
ELABORO			REVISÓ								

ANEXO G. INFORMACIÓN BUCARAMANGA – BERLÍN

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA											
Fecha:	23/02/2018	Hora Inicio:	6:00 a.m.	Localización:	Bucaramanga - Berlín					Hoja:	6
Día:	Viernes	Hora Final:	6:00 a.m.							De:	8
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS	
6 - 7	85	233	34	41	17	8	5	1	6	400	
7 - 08	54	133	13	34	23	19	1	3	4	230	
8 - 9	59	154	5	26	21	16	2	1	3	203	
9 - 10	64	97	2	22	17	27	2	2	2	218	
10 - 11	51	112	3	20	18	15	1	3	7	205	
11 - 12	55	158	4	37	19	25	0	3	5	204	
12 - 13	47	165	2	33	16	17	0	1	7	294	
13 - 14	56	97	9	24	13	14	2	1	11	165	
14 - 15	54	92	9	9	7	9	0	1	2	169	
15 - 16	67	105	14	12	18	17	0	2	7	179	
16 - 17	44	122	15	16	10	10	3	2	2	211	
17 - 18	63	165	19	17	11	11	0	1	6	289	
18 - 19	48	141	11	9	16	11	0	2	7	258	
19 - 20	72	199	17	7	11	15	1	8	6	302	
20 - 21	63	157	12	6	8	28	3	4	3	223	
21 - 22	64	100	9	5	10	3	1	1	4	229	
22 - 23	53	61	7	4	3	8	0	0	9	76	
23 - 24	42	38	4	1	1	8	0	4	4	52	
24 - 1	26	17	7	2	3	12	3	0	1	15	
1 - 2	26	15	8	3	6	6	0	1	3	13	
2 - 3	25	11	7	5	8	8	0	1	0	11	
3 - 4	22	24	5	1	5	1	0	0	9	11	
4 - 5	22	23	18	2	3	12	0	0	10	11	
5 - 6	7	24	15	2	0	4	1	0	4	13	
TOTAL	1169	2443	249	338	264	304	25	42	122	3981	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO			
JEFE GRUPO:			ASISTENTE :			AFORADORES					
FIRMA:			FIRMA:								
FECHA:			FECHA:								
ELABORO			REVISÓ								

ANEXO H. INFORMACIÓN PALENQUE – CAFÉ MADRID (SUR – NORTE)

FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA										
Fecha:	26/02/2018	Hora Inicio:	6:00 a.m.	Localización:	Palenque - Café Madrid (SUR - NORTE)	Hoja:		8		
Día:	Lunes	Hora Final:	6:00 a.m.			De:		8		
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS
6 - 7	25	151	37	18	46	84	26	9	13	293
7 - 08	36	141	28	6	34	96	31	5	16	201
8 - 9	25	120	20	8	20	81	21	6	9	131
9 - 10	21	156	25	4	21	90	10	5	15	114
10 - 11	29	173	25	5	24	114	28	7	10	161
11 - 12	29	160	14	2	26	78	20	6	14	178
12 - 13	9	49	14	3	21	16	11	1	13	167
13 - 14	39	113	30	13	52	42	20	2	40	396
14 - 15	48	212	29	18	48	29	14	4	23	205
15 - 16	19	88	17	15	32	44	24	2	23	89
16 - 17	18	105	23	9	45	29	15	0	17	147
17 - 18	24	154	21	9	41	25	16	1	20	128
18 - 19	42	116	14	8	38	37	4	2	18	150
19 - 20	82	177	36	6	29	47	5	1	18	199
20 - 21	95	192	38	7	30	48	5	4	20	297
21 - 22	85	123	25	4	16	46	0	7	10	233
22 - 23	88	110	18	5	27	34	8	11	12	163
23 - 24	65	19	2	4	31	27	3	1	10	50
24 - 1	151	69	4	0	34	40	4	2	5	56
1 - 2	77	228	4	3	51	37	3	0	7	72
2 - 3	57	247	4	5	54	28	0	0	8	57
3 - 4	71	263	2	6	78	27	4	3	6	84
4 - 5	41	203	21	7	57	27	9	2	20	99
5 - 6	43	209	33	18	44	34	1	9	15	186
TOTAL	1219	3578	484	183	899	1160	282	90	362	3856
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
JEFE GRUPO:			ASISTENTE:			AFORADORES				
FIRMA:			FIRMA:							
FECHA:			FECHA:							
ELABORÓ			REVISÓ							

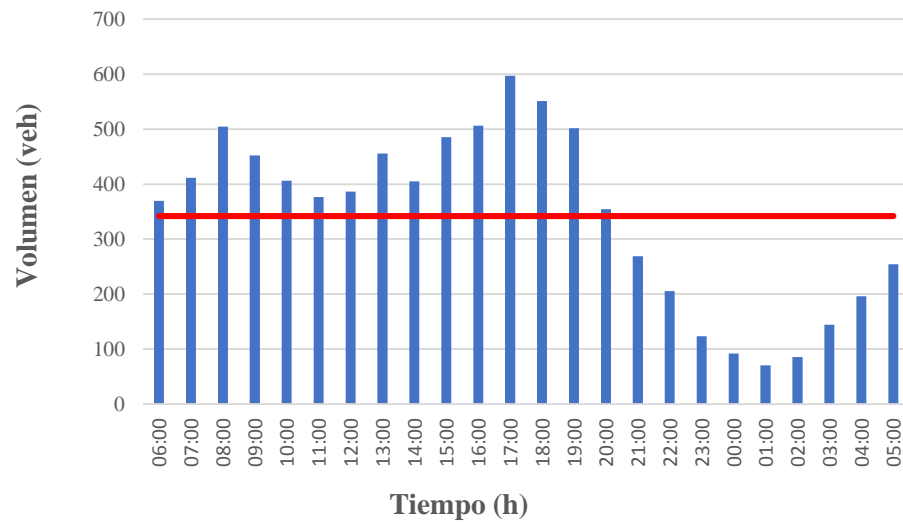
Fuente: Elaboración propia

ANEXO I. INFORMACIÓN PALENQUE – CAFÉ MADRID (NORTE – SUR)

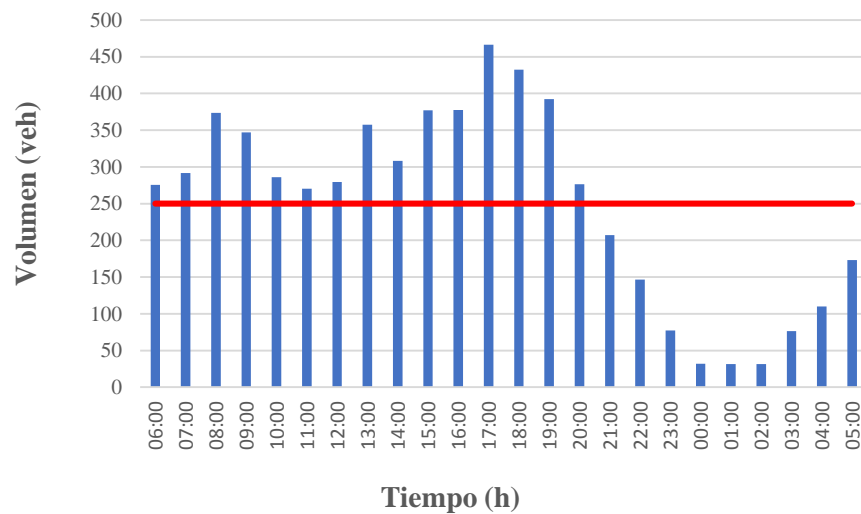
FORMATO DE AFORO 24 HORAS . VOLUMENES DE TRANSITO CARRETERA										
Fecha:	26/02/2018	Hora Inicio:	6:00 a.m.	Localización:	Palenque - Café Madrid (NORTE - SUR)				Hoja:	8
Día:	Lunes	Hora Final:	6:00 a.m.						De:	8
HORA	TAXIS	PART.	BUSES	BUSSETAS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥ C6	MOTOS
6 - 7	33	220	45	17	39	79	17	9	19	314
7 - 08	43	222	43	7	24	110	14	6	21	324
8 - 9	27	193	18	4	19	69	24	6	11	150
9 - 10	25	173	13	7	8	86	7	2	16	165
10 - 11	35	153	16	4	17	105	23	4	15	168
11 - 12	22	165	12	4	19	93	13	6	32	148
12 - 13	14	62	8	6	11	19	6	0	9	90
13 - 14	6	24	13	3	6	6	5	0	7	52
14 - 15	16	48	12	12	15	14	8	3	10	71
15 - 16	43	83	26	14	38	21	22	6	10	109
16 - 17	30	162	15	9	28	14	7	0	16	134
17 - 18	41	285	24	18	41	18	11	1	14	244
18 - 19	37	218	28	13	31	15	8	1	7	216
19 - 20	78	290	60	13	44	24	15	3	13	386
20 - 21	96	238	33	7	37	17	5	1	8	414
21 - 22	126	201	19	7	20	9	2	5	6	478
22 - 23	85	85	11	4	21	5	1	0	10	199
23 - 24	48	32	1	1	9	7	1	4	9	55
24 - 1	46	26	1	1	6	6	4	1	1	28
1 - 2	60	57	6	1	11	10	0	1	2	15
2 - 3	52	53	1	2	9	9	1	0	0	28
3 - 4	86	82	6	2	34	19	3	0	7	38
4 - 5	77	267	17	3	65	38	7	2	13	115
5 - 6	19	60	2	1	9	11	1	0	3	23
TOTAL	1145	3399	430	160	561	804	205	61	259	3964
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						UIS		CONTEO DE CAMPO PARA ESTUDIO		
JEFE GRUPO:			ASISTENTE:			AFORADORES				
FIRMA:			FIRMA:							
FECHA:			FECHA:							
ELABORÓ			REVISÓ							

ANEXO J. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO BUCARAMANGA – RÍO NEGRO

Gráfica 9. Variación del volumen horario con camiones Bucaramanga – Rio Negro.

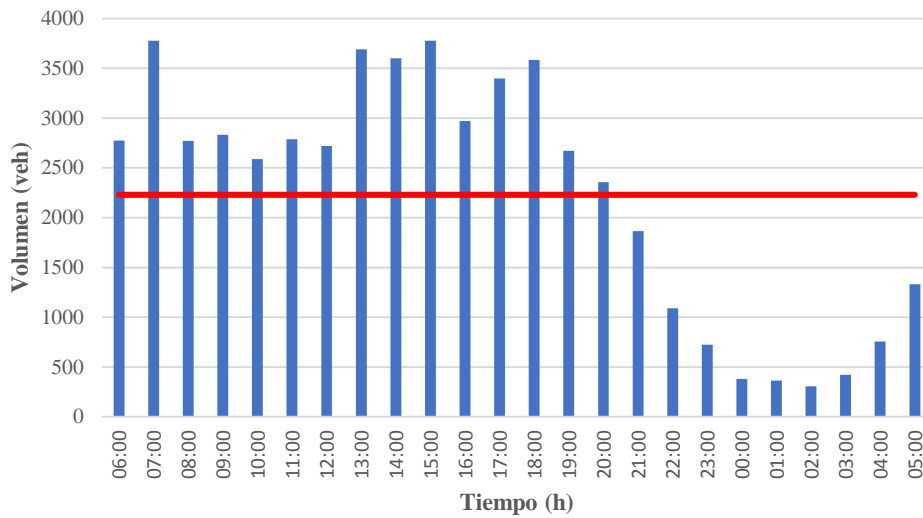


Gráfica 10. Variación del volumen horario sin camiones Bucaramanga – Rio Negro.

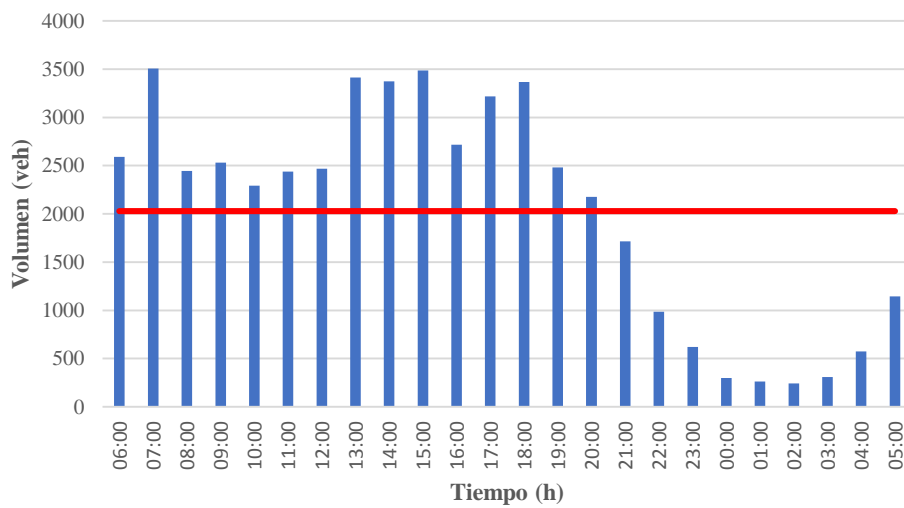


ANEXO K. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO PIEDECUESTA – FLORIDABLANCA

Gráfica 11. Variación del volumen horario con camiones Piedecuesta – Floridablanca.

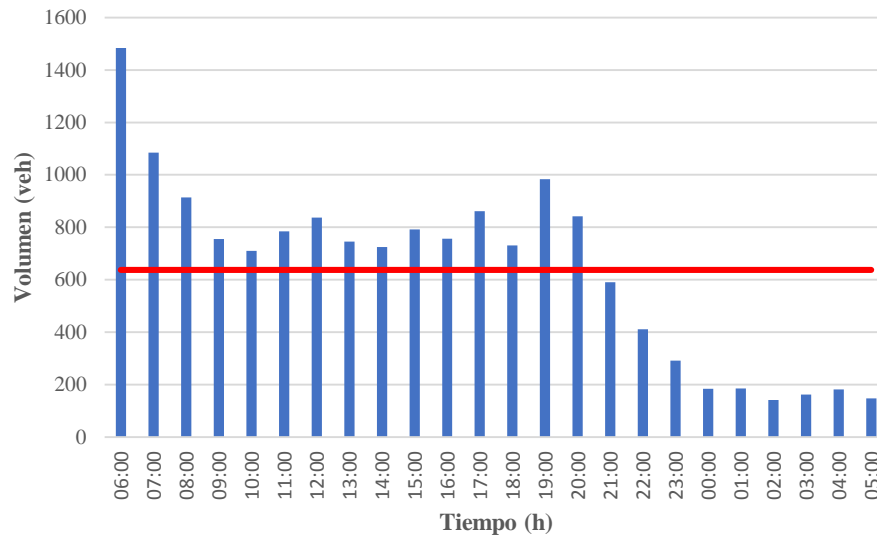


Gráfica 12. Variación del volumen horario sin camiones Piedecuesta – Floridablanca.

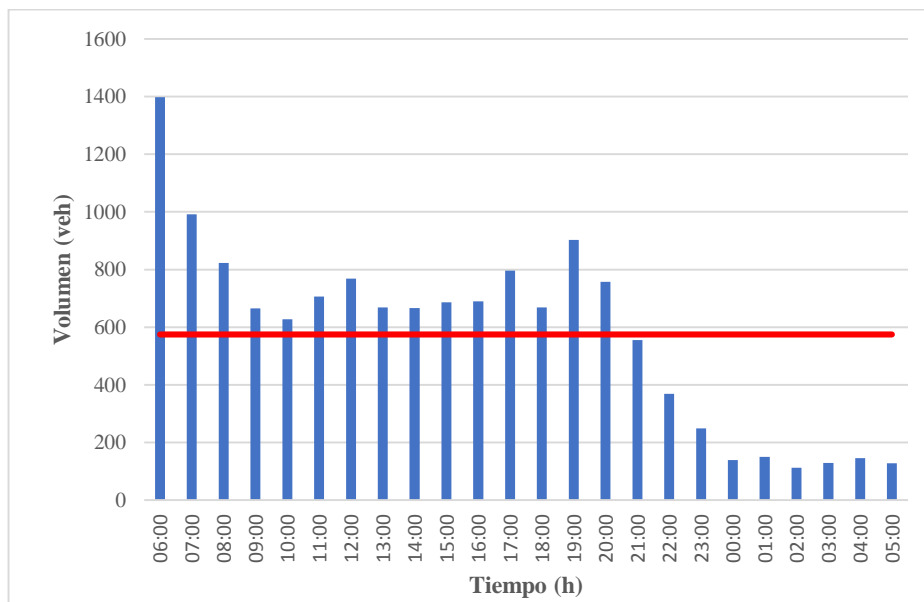


ANEXO L. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO BUCARAMANGA – BERLÍN

Gráfica 13. *Variación del volumen horario con camiones Bucaramanga – Berlín.*

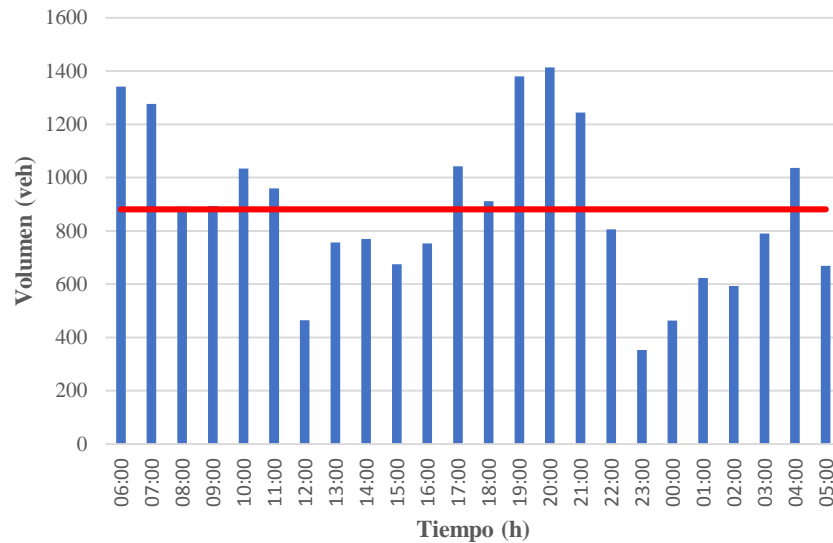


Gráfica 14. *Variación del volumen horario sin camiones Bucaramanga – Berlín.*

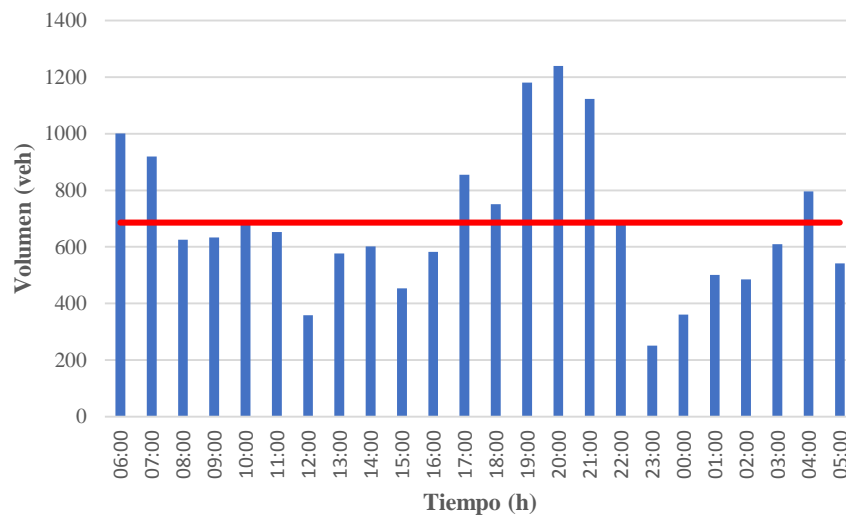


ANEXO M. GRÁFICAS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN HORARIO PALENQUE – TE DE CAFÉ MADRID

Gráfica 15. Variación del volumen horario con camiones Palenque – Te de Café Madrid.



Gráfica 16. Variación del volumen horario sin camiones Palenque – Te de Café Madrid.



ANEXO N. TABLA 2.1. VALORES DE VELOCIDAD DE DISEÑO

Tabla 2.1.

Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (V_{TR}) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano								///	///	///	///
	Ondulado								///	///	///	///
	Montañoso							///	///	///	///	///
	Escarpado							///	///	///	///	///
Primaria de una calzada	Plano								///	///	///	///
	Ondulado							///	///	///	///	///
	Montañoso						///	///	///	///	///	///
	Escarpado						///	///	///	///	///	///
Secundaria	Plano								///	///	///	///
	Ondulado							///	///	///	///	///
	Montañoso			///	///	///	///	///	///	///	///	///
	Escarpado			///	///	///	///	///	///	///	///	///
Terciaria	Plano			///	///	///	///	///	///	///	///	///
	Ondulado		///	///	///	///	///	///	///	///	///	///
	Montañoso	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///
	Escarpado	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///

Fuente: Tomado del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

ANEXO O. TABLAS DE FACTORES DE AJUSTE

Tabla 1. *Ajuste por puntos de acceso*

EXHIBIT 20-6. ADJUSTMENT (f_A) FOR ACCESS-POINT DENSITY

Access Points per km	Reduction in FFS (km/h)
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.0
≥ 24	16.0

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

Tabla 2. *Ajuste por ancho de carril y ancho de acotamiento*

EXHIBIT 20-5. ADJUSTMENT (f_{LS}) FOR LANE WIDTH AND SHOULDER WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in FFS (km/h)			
	Shoulder Width (m)			
	$\geq 0.0 < 0.6$	$\geq 0.6 < 1.2$	$\geq 1.2 < 1.8$	≥ 1.8
2.7 < 3.0	10.3	7.7	5.6	3.5
$\geq 3.0 < 3.3$	8.5	5.9	3.8	1.7
$\geq 3.3 < 3.6$	7.5	4.9	2.8	0.7
≥ 3.6	6.8	4.2	2.1	0.0

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO P. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CAMIONES A VEHICULOS LIVIANOS PARA DETERMINAR VELOCIDADES EN CARRETERAS DE DOS CARRILES

EXHIBIT 20-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND RVs TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Vehicle Type	Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
			Level	Rolling
Trucks, E_T	0-600	0-300	1.7	2.5
	> 600-1,200	> 300-600	1.2	1.9
	> 1,200	> 600	1.1	1.5
RVs, E_R	0-600	0-300	1.0	1.1
	> 600-1,200	> 300-600	1.0	1.1
	> 1,200	> 600	1.0	1.1

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO Q. FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE

EXHIBIT 20-7. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_G) TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
		Level	Rolling
0–600	0–300	1.00	0.71
> 600–1200	> 300–600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO R. FACTOR DE AJUSTE POR PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE

EXHIBIT 20-11. ADJUSTMENT (f_{np}) FOR EFFECT OF NO-PASSING ZONES ON AVERAGE TRAVEL SPEED ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Demand Flow Rate, v_p (pc/h)	Reduction in Average Travel Speed (km/h)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1200	0.0	1.3	2.0	2.6	3.0	3.4
1400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	0.9	1.3	1.7	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.5	1.7
2400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
2600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO S. FACTOR DE AJUSTE POR EL EFECTO COMBINADO DE LA DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRÁNSITO Y EL PORCENTAJE DE ZONAS DE REBASE

EXHIBIT 20-12. ADJUSTMENT ($f_{d/np}$) FOR COMBINED EFFECT OF DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF TRAFFIC AND PERCENTAGE OF NO-PASSING ZONES ON PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Flow Rate, v_p (pc/h)	Increase in Percent Time-Spent-Following (%)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
Directional Split = 50/50						
≤ 200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO T. PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE SEGÚN EL TIPO DE TERRENO

TIPO DE TERRENO	PORCENTAJE DE ZONAS DE NO REBASE, %
Plano	0 - 20
Ondulado	20 - 40
Montañoso y escarpado	40 - 100

Fuente: Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de Dos Carriles. Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, Universidad del Cauca, Santa Fe de Bogotá.

ANEXO U. CRITERIO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES CLASE II

EXHIBIT 20-4. LOS CRITERIA FOR TWO-LANE HIGHWAYS IN CLASS II

LOS	Percent Time-Spent-Following
A	≤ 40
B	> 40-55
C	> 55-70
D	> 70-85
E	> 85

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO V. TABLAS DE FACTORES DE AJUSTE PARA CARRILES MÚLTIPLES

Tabla 3. *Ajuste por el ancho de carril*

EXHIBIT 23-4. ADJUSTMENTS FOR LANE WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LW} (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

Tabla 4. *Ajuste por distancia libre lateral*

EXHIBIT 23-5. ADJUSTMENTS FOR RIGHT-SHOULDER LATERAL CLEARANCE

Right-Shoulder Lateral Clearance (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LC} (km/h)			
	Lanes in One Direction			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO W. CONTINUACIÓN TABLAS DE FACTORES DE AJUSTE PARA CARRILES MÚLTIPLES

Tabla 5. *Ajuste por número de carriles*

EXHIBIT 23-6. ADJUSTMENTS FOR NUMBER OF LANES

Number of Lanes (One Direction)	Reduction in Free-Flow Speed, f_N (km/h)
≥ 5	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

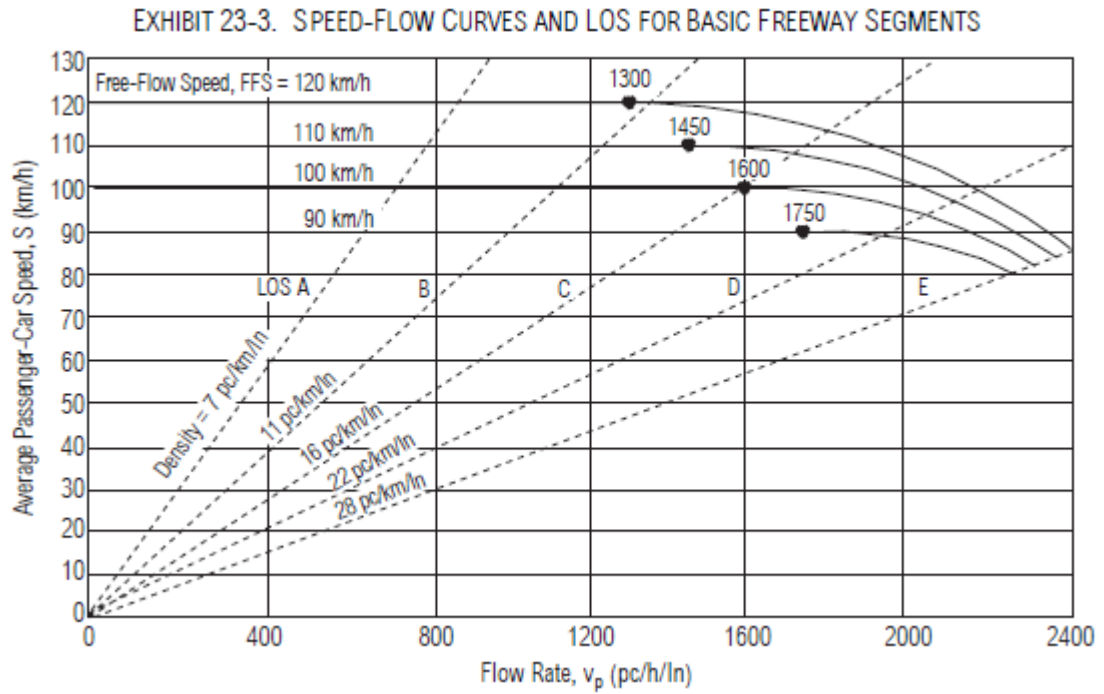
Tabla 6. *Ajuste debido a intercambiadores*

EXHIBIT 23-7. ADJUSTMENTS FOR INTERCHANGE DENSITY

Interchanges per Kilometer	Reduction in Free-Flow Speed, f_{ID} (km/h)
≤ 0.3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1

Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).

ANEXO X. CURVA VELOCIDAD – FLUJO



Fuente: Highway Capacity Manual. Transportation Research Board. (2000).