

**Análisis y diagnóstico de movilidad urbana en el sector aledaño a los equipamientos
universitarios ubicados entre las calles 8 y 11 y entre carreras 25 y 17 en la ciudad de
Bucaramanga**

Jesús Rodrigo Cruzate Cruzate

Mileydi Jhoana Ojeda Cortina

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director

Luis David Arévalo Duran.

Especialista en Administración de Empresas.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Descripción de la problemática.....	16
2. Caracterización de la zona en estudio	17
2.1 Ubicación	18
2.2 Zona de Influencia	18
2.3 Áreas de actividad.....	19
2.4 Población.....	20
2.5 Caracterización de la malla vial.....	22
2.5.1 Jerarquización vial.	22
2.5.2 Perfiles viales.	23
2.5.3 Estado de Andenes.	26
2.5.4 Estado del Pavimento.....	28
2.5.5 Señalización.	32
2.5.6 Volúmenes Vehiculares.	36
2.5.7 Volúmenes peatonales.	39
2.5.8 Accidentalidad.	41
2.6 Encuestas.....	42
3. Análisis de la situación actual de la zona en estudio	47

3.1 Creación del modelo.	47
3.2 Calibración y validación del modelo.	48
3.3 Intervenciones de mejoramiento en la zona de estudio a futuro.	50
3.4 Resultados de la situación actual	51
4. Estrategias de mitigación a los impactos negativos en la movilidad vehicular del sector.....	53
4.1 Tarificación Vial	55
4.2 Implementación de vías de sentido variable.	57
4.3 Implementación de un corredor peatonal en la calle 9 entre carreras 27 y 18, Bucaramanga.	57
4.4 Sistema de estacionamientos y parqueaderos.	59
4.5 Redistribución del flujo.....	60
4.6 Implementación de semáforos.	61
5. Estrategia de mitigación implementada.	62
5.1 Resultados de la implementación de la alternativa en la zona actual.	64
5.2 Comparación de los resultados de la alternativa implementada.	65
5.3 La información anterior se puede revisar en el Apéndice K.....	67
5.4 Proyección de flujo vehicular a corto, mediano y largo plazo.....	67
5.5 Resultados en escenarios futuros.	69
6. Conclusiones	71
7. Recomendaciones	73
Referencias Bibliográficas	75

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación del sector en estudio.	18
<i>Figura 2.</i> Zona de influencia del proyecto.....	19
<i>Figura 3.</i> Clasificación de vías en zona de estudio.	20
<i>Figura 4.</i> Clasificación de vías en zona de estudio.	23
<i>Figura 5.</i> Perfiles viales normativos. Ficha 10.	24
<i>Figura 6.</i> Cumplimiento general de ancho de calzadas.	25
<i>Figura 7.</i> Cumplimiento de ancho de andén.....	25
<i>Figura 8.</i> Cumplimiento de alto de andén. Fuente: Elaborado por autores.....	26
<i>Figura 9.</i> Material de andenes.	27
<i>Figura 10.</i> Cantidad de obstáculos en andenes.....	27
<i>Figura 11.</i> Cumplimiento de rampas en nivel de accesibilidad básico según la NTC 4143.	28
<i>Figura 12.</i> Ubicación de daños en pavimento flexible.	29
<i>Figura 13.</i> Tipo de daños presente en el pavimento flexible.....	30
<i>Figura 14.</i> Daños en pavimento flexible.	30
<i>Figura 15.</i> Ubicación de daños en pavimento flexible.	31
<i>Figura 16.</i> Tipo de daños presente en el pavimento rígido.	31
<i>Figura 17.</i> Daños en pavimento rígido.	32
<i>Figura 18.</i> Ubicación de señales verticales en la zona.	33

<i>Figura 19.</i> Clasificación de señales verticales.....	33
<i>Figura 20.</i> Estado físico de señales verticales.	34
<i>Figura 21.</i> Ubicación de señales horizontales en la zona.	35
<i>Figura 22.</i> Estado físico de las señales horizontales.	35
<i>Figura 23.</i> Estación de aforos vehiculares.....	36
<i>Figura 24.</i> Codificación movimientos viales norma Rilsa.	37
<i>Figura 25.</i> Comparación de intersección Cra 25-Cl 10.....	38
<i>Figura 26.</i> Comparación de intersección Cra 17-Cl 9.....	38
<i>Figura 27.</i> Comparación de vehículos equivalentes cra 25-cl 10.....	39
<i>Figura 28.</i> Estación de aforos peatonales.	40
<i>Figura 29.</i> Distribución peatonal horaria de la zona de influencia.....	40
<i>Figura 30.</i> Participación en la demanda peatones por cada equipamiento universitario.....	41
<i>Figura 31.</i> Registro de accidentalidad.	41
<i>Figura 32.</i> Tamaño de la población y número de encuestas.	43
<i>Figura 33.</i> Municipio de residencia de los encuestados	43
<i>Figura 34.</i> Medio de transporte en el que se dirige al sector.....	44
<i>Figura 35.</i> Propósito del viaje.	45
<i>Figura 36.</i> Uso de los parqueaderos aledaños a los equipamientos universitarios.....	46
<i>Figura 37.</i> Intervalo del tiempo de uso de parqueadero.	46
<i>Figura 38.</i> Trazado de la malla vial, distribución de centroides.	48
<i>Figura 39.</i> Corredores viales con ciclorruta proyectada.....	50
<i>Figura 40.</i> Corredores viales de la zona de influencia con futuro mejoramiento de andenes.....	51
<i>Figura 41.</i> Parámetros teóricos indicativos del modelo.	51

<i>Figura 42.</i> Niveles de servicio teóricos de la situación actual calculados con base a la información del modelo.	53
<i>Figura 43.</i> Estacionamiento en vía calle 9 entre cra 18 y cra 19, justo esquina de la USTA.....	54
<i>Figura 44.</i> Estacionamiento en vía cra 24 entre cll 8 y cll 9, justo esquina de la UDI.	55
<i>Figura 45.</i> Tarificación vial en Londres.	56
<i>Figura 46.</i> Calle Real en Armenia.	58
<i>Figura 47.</i> ZER (Zona de estacionamiento Regulado).	59
<i>Figura 48.</i> Redistribución del flujo de la calle 9 entre carreras 27 y 18.....	61
<i>Figura 49.</i> Intersección semaforizada.....	62
<i>Figura 50.</i> Parqueaderos actualmente en funcionamiento ubicados dentro de la zona de influencia.....	63
<i>Figura 51.</i> Niveles de servicio teóricos en corredores para la situación actual con la implementación de la alternativa de mitigación de efectos negativos.	64
<i>Figura 52.</i> Parámetros teóricos indicativos del modelo actual con la implementación de la alternativa de mitigación.	65
<i>Figura 53.</i> Comparación parámetros teóricos indicativos situación actual vs alternativa de mitigación.	66
<i>Figura 54.</i> Comparación niveles de servicio situación actual vs alternativa de mitigación.	66
<i>Figura 55.</i> Tendencia poblacional.	68
<i>Figura 56.</i> Tendencia del parque automotor.....	68
<i>Figura 57.</i> Parámetros indicativos teóricos de la alternativa de mitigación a corto, mediano y largo plazo.....	70

Figura 58. Análisis de parámetros teóricos indicativos para la alternativa de mitigación implementada a corto, mediano y largo plazo. 70

Figura 59. Análisis de niveles de servicio teóricos a corto, mediano y largo plazo. 70

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Factores de equivalencia</i>	37
Tabla 2. <i>Resultados de validación del modelo</i>	49

Lista de Apéndices

Ver documentos adjuntos en el CD y pueden ser visualizados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A-Inventario de locales comerciales en la zona de estudio

Apéndice B-Población al año 2019 en la zona de estudio

Apéndice C-Perfiles viales

Apéndice D-Estado de andén

Apéndice E-Daños en pavimento

Apéndice F-Señalización

Apéndice G-Volúmenes vehiculares

Apéndice H-Volúmenes peatonales

Apéndice I-Tamaño de muestra y resultado de encuestas

Apéndice J-Matriz origen destino y validación del modelo

Apéndice K-Resultados de la modelación

Apéndice L-Modelos en Aimsun 8.2 (Situación actual y Alternativas)

Resumen

Título: Análisis y diagnóstico de movilidad urbana en el sector aledaño a los equipamientos universitarios ubicados entre las calles 8 y 11 y entre carreras 25 y 17 en la ciudad de Bucaramanga*.

Autores: Jesús Rodrigo Cruzate Cruzate
Mileydi Jhoana Ojeda Cortina**

Palabras Claves: Transporte, Congestión, Motorización, Peatón, Estacionamientos

Descripción:

Las universidades son equipamientos que debido a su actividad dotacional atraen una gran cantidad de viajes a un sector específico, lo que las hace propensas a presentar congestión y obstrucción en la movilidad dentro de sus zonas de influencia. Este es el caso del sector ubicado entre las calles 8 y 11 y entre las carreras 25 y 17 del municipio de Bucaramanga, el cual se está viendo gravemente afectado en temas de movilidad vehicular. Es así como el presente proyecto de investigación expone la evaluación de los principales conflictos existentes con el fin de implementar estrategias que mitiguen esta problemática y ofrezca a los usuarios mejores condiciones para realizar sus desplazamientos. Con base en información obtenida en campo por medio de la realización de aforos vehiculares, la caracterización de la malla vial, la aplicación de encuestas y una revisión de información secundaria, se identificaron las principales problemáticas de movilidad en el sector. Finalmente, se estudiaron diferentes estrategias de mitigación a las problemáticas encontradas, de manera que se establecieron propuestas de solución evaluando su desempeño de acuerdo con las características particulares de la zona. Con base en información obtenida en campo por medio de la realización de aforos vehiculares, la caracterización de la malla vial, la aplicación de encuestas y una revisión de información secundaria, se identificaron las principales problemáticas de movilidad en el sector. Finalmente, se estudiaron diferentes estrategias de mitigación a las problemáticas encontradas, de manera que se establecieron propuestas de solución evaluando su desempeño de acuerdo con las características particulares de la zona.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Luis David Arévalo Duran. Especialista en Administración de Empresas

Abstract

Title: Analysis and diagnosis of urban mobility in the sector adjacent to university equipment diagnosed between streets 8th and 11th and between races 25th and 17th in the city of Bucaramanga *.

Authors: Jesús Rodrigo Cruzate Cruzate
Mileydi Jhoana Ojeda Cortina **

Keywords: Transportation, Congestion, Motorization, Pedestrian, Parking

Description:

Universities are facilities that due to their endowment activity attract a large number of trips to a specific sector, which makes them prone to present congestion and obstruction in mobility within their areas of influence. This is the case of the sector located between streets 8 and 11 and between races 25 and 17 of the municipality of Bucaramanga, which is being seriously affected in terms of vehicle mobility. This is how this research project exposes the evaluation of the main existing conflicts in order to implement strategies to mitigate this problem and offer users better conditions for their journeys. Based on information obtained in the field through vehicle gauging, the characterization of the road network, the application of surveys and a review of secondary information, the main mobility problems in the sector were identified. Finally, different strategies were studied to mitigate the problems encountered, so that solution proposals were established evaluating their performance according to the particular characteristics of the area.. Based on information obtained in the field through vehicle gauging, the characterization of the road network, the application of surveys and a review of secondary information, the main mobility problems in the sector were identified. Finally, different strategies were studied to mitigate the problems encountered, so that solution proposals were established evaluating their performance according to the particular characteristics of the area..

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Luis David Arévalo Duran. Especialista en Administración de Empresas

Introducción

El sistema de transporte es una parte fundamental para la dinámica de las ciudades (Cordero, 2014). Con el paso de los años el área metropolitana de Bucaramanga ha experimentado un crecimiento demográfico, social y económico, que en términos de movilidad ha producido un aumento acelerado en el parque automotor, como consecuencia del incremento en la demanda de viajes que exceden el suministro de la infraestructura vial de la ciudad. Adicionalmente, el inadecuado mantenimiento de carreteras y la débil disciplina de los conductores (Gakenheimer, 1998), han generado deficiencias en el espacio público y la infraestructura vial existente, aumentando los índices de congestión, las demoras en los tiempos de viaje y en gran medida la accidentalidad en la ciudad.

Las problemáticas antes mencionadas, son comunes en la ciudad y son fácilmente identificables cerca de equipamientos que son focos importantes de atracción de viajes, como el caso de las universidades y sectores con alta demanda de actividades educativas. Por tal razón surge el planteamiento del presente proyecto de investigación, el cual realiza un análisis y diagnóstico de movilidad urbana en el sector aledaño a los equipamientos universitarios UDI y USTA, ubicados en el sector norte de la ciudad a la altura del barrio “La Universidad”.

Para tal fin como primera instancia se hizo la caracterización de la zona de influencia del sector en estudio, lo que permitió conocer las condiciones de operación y funcionalidad de la infraestructura vial con el objetivo de dar un diagnóstico de la situación actual que permitiera evidenciar el comportamiento de la movilidad y establecer las principales características del

sistema vial. Posteriormente, se plantearon posibles estrategias de mitigación de los conflictos de movilidad definidas desde un contexto global y local que buscan complementar las propuestas de solución según las características específicas de la zona de estudio.

Así mismo se construyeron modelos de microsimulación que buscan ser una representación precisa de la situación actual del transporte en la zona de estudio, con el objeto de obtener resultados como: demoras totales, número de paradas, tiempos totales de paradas, velocidad promedio, tiempos de viaje, niveles de servicio, entre otras. Lo anterior como soporte para el análisis y evaluación de estrategias de mitigación, que fueron propuestas a partir de una investigación exhaustiva sobre casos de estudios similares que permitieron vislumbrar y evaluar algunas propuestas de solución para el sector.

1. Descripción de la problemática

Uno de los principales problemas que afecta la movilidad de una ciudad es la congestión del tránsito, la cual se deriva de factores como el incremento desproporcionado del parque automotor que circula por el municipio, en comparación con el desarrollo de la infraestructura vial y la falta de control de la autoridad vial (Gakenheimer, 1998)

Estos problemas se intensifican en los equipamientos urbanos de la ciudad que son puntos importantes de acopio de viajes. Es usual que, en sectores de actividad educacional, exista poca presencia de las autoridades de tránsito, lo que finalmente genera comportamientos inadecuados como el parqueo sobre vías, la invasión del espacio público por parte de vendedores ambulantes y

automotores, y la disminución de forma directa de los niveles de servicio de los corredores a causa de la disminución en la capacidad de los mismos, afectando así al comportamiento de la movilidad en la zona.

El sector en el que se desarrolla el presente proyecto, no es ajeno a esta problemática. Es así, como se hace evidente la necesidad de intervenir de forma inmediata dicho comportamiento en el sector en estudio, de tal forma que se puedan mitigar los impactos negativos generados sobre la movilidad vehicular, para satisfacer la demanda de los usuarios brindando orden y comodidad a la población afectada.

2. Caracterización de la zona en estudio

La caracterización de la zona en estudio se realizó mediante un trabajo organizado de levantamiento en campo, a través del cual, inicialmente se identificó y se delimitó la zona de influencia. Posteriormente se realizó la recolección de información secundaria referente a la identificación de las áreas de actividad, geometría de los corredores, perfiles viales, estado de la infraestructura vial y peatonal, señalización horizontal y vertical, inventario de locales comerciales, y volúmenes vehiculares y peatonales.

2.1 Ubicación

La zona en estudio se encuentra ubicada en la comuna 3, Barrio Comuneros, norte del municipio de Bucaramanga, capital del departamento de Santander. Los corredores que comprenden el sector de estudio conectan al norte con el sector de la comuna 2 Nororiental, al oriente con la carrera 27, al sur con el sector comercial San Francisco (Plaza San Francisco, locales comerciales, entre otros), y al occidente con la carrera 15. Otros equipamientos cercanos al sector son la Universidad Industrial de Santander, el Colegio de Santander, la estación UIS del sistema integrado de transporte masivo Metrolínea, el Colegio del Sagrado Corazón de Jesús, el Estadio Alfonso López y el Instituto Tecnológico Dámaso Zapata.



Figura 1. Ubicación del sector en estudio.

2.2 Zona de Influencia

La zona de influencia se determinó con base en un reconocimiento de campo de las vías que se ven afectadas por la presencia de los equipamientos universitarios en la zona en estudio. Este

ejercicio se soportó en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bucaramanga y el análisis de la red vial actual del sector. Se estableció la zona delimitada de norte a sur desde la calle 7 (Solo entre carreras 24 y 25) hasta la calle 11 y de oriente a occidente desde la carrera 25 hasta la carrera 17.

Los ejes viales que involucran la zona de influencia están comprendidos entre las carreras 17 y 25 y las calles 7 y 11, como se muestra en la “Figura 2”.



Figura 2. Zona de influencia del proyecto.

2.3 Áreas de actividad

Según el POT de Bucaramanga, las áreas de actividad son zonas delimitadas para la asignación de usos en los suelos urbanos y de expansión (Secretaría de planeación municipal, 2013). Para la zona en estudio, se encontró la presencia de áreas dotacionales, áreas comerciales y áreas de servicios livianos y al por menor, además de áreas residenciales con comercio y servicios localizados, los cuales satisfacen la necesidades de la comunidad. Específicamente se identificó en la zona locales como papelerías, tiendas, micromercados, cafeterías y restaurantes. El inventario de locales

comerciales se puede evidenciar en el **Apéndice A**. A continuación se presenta la caracterización de las áreas de actividad expuestas anteriormente.

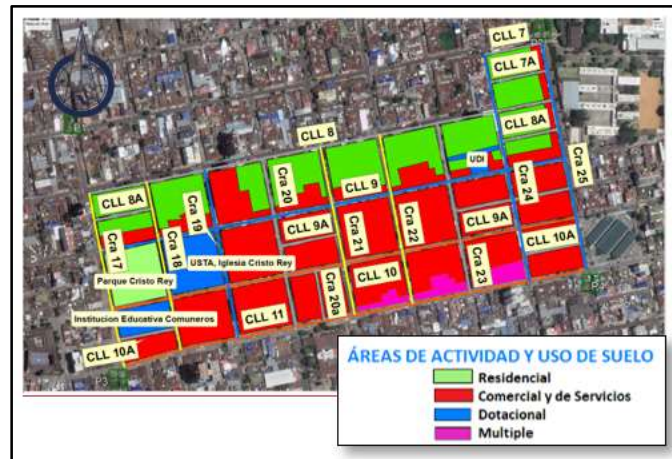


Figura 3. Clasificación de vías en zona de estudio. Nota. Modificado de: POT de Bucaramanga,

2.4 Población

El tamaño de la población de la zona en estudio se determinó ingresando al Geoportal, la base de datos pública del DANE, en la cual se puede encontrar la población clasificada por manzanas según el censo realizado en el año 2005. Se consideró esta información debido a que los datos más actualizados del censo realizado en el 2018, hasta el momento solo se encuentran disponibles a escala nacional.

Para realizar la proyección de la población de la zona en estudio del año 2005 al año 2019, fue necesario determinar la tasa de crecimiento poblacional del municipio de Bucaramanga utilizando las proyecciones de población aportadas por el DANE para toda la cabecera municipal, donde se estima para el año 2005 y 2019 una población de 509135 y 522353 habitantes, respectivamente.

Se utilizó la ecuación (1) (Torres-Degró, 2011), con la cual se encontró una tasa de crecimiento anual de 0.2%.

$$i = \sqrt[n]{\frac{P_{t+n}}{P_t}} - 1 \quad (1)$$

Donde:

i= Tasa crecimiento de población anual.

n = número de años desde el censo anterior hasta el año considerado.

P_{t+n} =Población proyectada para el año en consideración.

Con los datos de población al año 2005 por manzanas, y la tasa de crecimiento poblacional se calcula la población futura al año 2019 para la zona de influencia, utilizando la ecuación (2) :

$$P_f = P_i(1 + \iota)^n \quad (2)$$

Donde:

P_f = Población futura, **P_i** = Población inicial, **ι** = Tasa de crecimiento anual y **n** = Número de años en consideración

Finalmente se determinó que la población proyectada para el año 2019 en la zona de influencia es de 12.616, donde, 5022 corresponden a la población de derecho (aquella población que está empadronada en un determinado lugar) y 7594 a una población de hecho (corresponde a aquellas personas que se radican durante un tiempo en un lugar sin intención de permanecer en él) proveniente principalmente de la Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI) con 4603 personas, y de la Universidad Santo Tomás (USTA) con 2991 personas (Ministerio de Educación, s.f.). Los resultados de población de hecho proyectada por manzanas se muestran en el **Apéndice B**.

2.5 Caracterización de la malla vial

Mediante la caracterización de la malla vial, fue posible identificar las condiciones actuales de la infraestructura peatonal, de los perfiles viales correspondientes, del nivel de accesibilidad para aquellas personas con movilidad reducida, del comportamiento del flujo vehicular y de la señalización presente en la zona.

2.5.1 Jerarquización vial. Con base a la jerarquización vial definida en el POT 2013-2027 de Bucaramanga, se determinó que en la zona de influencia existen dos arterias secundarias, las calles 10 y 11, que son complemento para la articulación vial de Bucaramanga con otras cabeceras municipales, como Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

Adicionalmente existen cuatro arterias terciarias, las carreras 17, 18, 21 y 22, las cuales conectan a la zona de estudio con vías arterias secundarias y terciarias. Asimismo, hay cuatro vías locales nivel 1, como son las carreras 19, 24 y 25 y la calle 9, que se encargan de comunicar el sector urbano con la red arterial y finalmente 4 vías locales nivel 2, como son las carreras 20 y 23 y las calles 7 y 8, quienes funcionan como acceso a terrenos y predios. En la siguiente figura se presenta la jerarquización vial actual para el sector en estudio.



Figura 4. Clasificación de vías en zona de estudio. Nota. Modificado de: POT de Bucaramanga,

2.5.2 Perfiles viales. Se llevó a cabo la verificación del cumplimiento normativo de los perfiles viales con respecto a los estipulados en las fichas normativas del POT de Bucaramanga (Secretaría de Planeación, 2013), con el fin de establecer si la zona en estudio cuenta con una eficiente infraestructura vial para los conductores y peatones, según la normativa vigente.

Para el análisis de este ítem, se comparó la información obtenida en campo con la ficha normativa F-10, del POT de Bucaramanga, donde se identificaron 4 tipos de perfiles, según la malla vial presente en la zona de influencia. Además, se presentan los lineamientos correspondientes a cada perfil vial, del anexo zonas normativas de POT de Bucaramanga.

PERFILES VIALES PROYECTADOS				
TIPO PERFIL	Perfil 10 m A	Perfil 15 m D	Perfil 15 m F	Perfil 19 m A
Ejes Viales	Cl 10A, Cl 9A, Cl 8A, Cl 7A	Cra 17, Cra 18, Cra 19, Cra 20, Cra 22, Cra 23, Cra 24, Cra 25, Cl 7, Cl 8	Cl 9, Cl 10, Cl 11	Cra 21
Calzada (m)	6	7	7	9,6
No. Carril	2.00	2.00	2.00	3
No. Calzadas	1.00	1.00	1.00	1
Separador (m)	-	-	-	-
Franja Circulación (m)	2	2	2,6	3
Franja Ambiental (m)	-	2	1,4	1,7
Ciclomuta (m)	-	-	-	-

Figura 5. Perfiles viales normativos. Ficha 10.

Nota: Tomado del POT Bucaramanga.

- **Calzada**

Para esta sección inicialmente se identificó el número de carriles por corredor vial, y mediante inspección visual se determinó un punto de corte el cual recogiera de forma general las características de cada tramo vial, y con cinta métrica se tomaron medidas de ancho de calzada y ancho de carril.

Con lo anterior se pudo establecer de forma general que, en términos de ancho de calzada, el 36 % de los corredores viales no cumplen con las dimensiones mínimas establecidas en el POT de Bucaramanga según el perfil al que corresponden, entre estos se encuentran la carrera 20, la carrera 24, la calle 8, la calle 10 y la calle 11.



Figura 6. Cumplimiento general de ancho de calzadas.

- **Infraestructura peatonal**

Para los andenes, utilizando cinta métrica se registraron dimensiones de ancho y alto de andén (Ministerio de Transporte, 2005), respecto a la superficie de la calzada en el punto medio de cada tramo vial, exceptuando aquellos tramos donde se presentaron cambios notables de sección, en los cuales se hizo la respectiva medición antes y después de la alteración encontrada.

En el análisis realizado se determinó que, de los 180 andenes medidos en campo, 97 no cumplen con las dimensiones mínimas de ancho de andén establecidas en la normatividad municipal, es decir el 53.88% de los andenes.

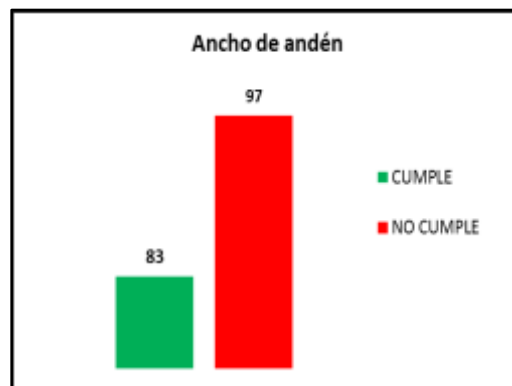


Figura 7. Cumplimiento de ancho de andén.

Y respecto al alto de los andenes, medido desde la superficie de la calzada, se encontró que 47 el equivalente a 26.1% de los andenes no cumplen con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC-4279, la cual establece que la diferencia de nivel entre la vía de circulación peatonal y la calzada no debe ser mayor a 18 cm ni menor a 3 cm.

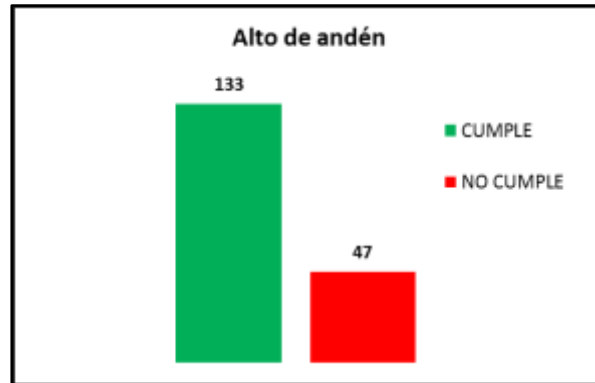


Figura 8. Cumplimiento de alto de andén. Fuente: Elaborado por autores

Sin embargo, después de relacionar altos de andenes, ancho de andenes y ancho de la calzada por corredor vial presente en la zona de estudio, se determinó que ningún corredor vial cumple en su totalidad con los parámetros mínimos necesarios, para el adecuado servicio a los peatones, establecido en la ficha normativa F-10. La información antes consignada, puede verificarse en el Apéndice C.

2.5.3 Estado de Andenes. Para identificar el estado actual de la infraestructura peatonal en la zona de influencia se llevó a cabo un levantamiento en campo donde inicialmente se determinó el tipo de material del andén. Como resultado se encontró, que el más común es el mortero con un cubrimiento en la zona de estudio del 89.6%, siendo el 10.4% de los andenes de tipo vitrificado.



Figura 9. Material de andenes.

Así mismo, se realizó un registro de los obstáculos permanentes que interrumpen el tránsito peatonal en los andenes tales como árboles o jardineras, postes de energía, escalones, y bancas. Se encontró un total de 1401 obstáculos, clasificados como se muestra en la “Figura 9”.

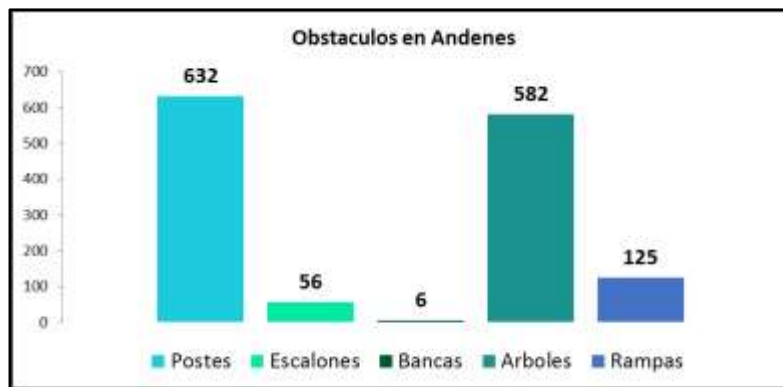


Figura 10. Cantidad de obstáculos en andenes.

Adicionalmente, se evidencio durante el levantamiento la presencia de vehículos motorizados estacionados en la franja de circulación peatonal, lo que implica que los peatones deban hacer uso de la calzada vehicular para efectuar sus desplazamientos, comportamiento que atenta contra la seguridad de los usuarios.

Por otro lado, se realizó un registro de las rampas existentes sobre el andén para cada tramo vial. Se realizaron mediciones de largo, ancho y alto de cada una de las rampas respecto a la superficie de la calzada. Lo anterior, con el fin de identificar si en el sector existe la infraestructura adecuada para el desplazamiento de personas en condición de movilidad reducida según los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC-4143 (Ministerio de Transporte, 2009).

Se identificaron 125 rampas, de las cuales 93 no cumplen con un nivel de accesibilidad básico, dado que sobrepasan la pendiente máxima permitida del 12 %. La información anterior se evidencia en el **Apéndice D**.

En la “**Figura 10**” se presentan los porcentajes de cumplimiento de los parámetros normativos, para las rampas inventariadas en el sector en estudio.

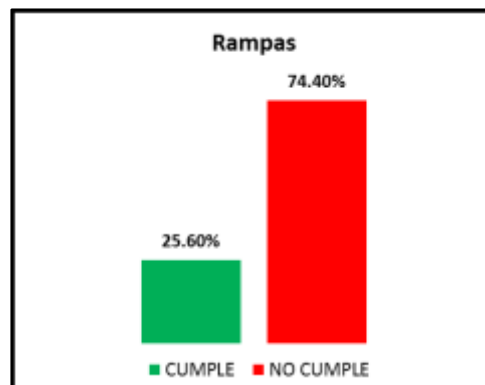


Figura 11. Cumplimiento de rampas en nivel de accesibilidad básico según la NTC 4143.

2.5.4 Estado del Pavimento. Se realizó una revisión en campo de las condiciones actuales de la capa de rodadura, con el fin de identificar puntos críticos que pudieran entorpecer el tránsito del sector. Se identificó inicialmente el tipo de pavimento de cada tramo vial y se identificaron los daños o fallas presentes en la zona.

Se encontró que la zona de estudio posee pavimento rígido a la altura de la calle 11 entre las carreras 25 y 17, y la calle 10 entre las carreras 23 y 17. Existe pavimento flexible en el caso de los demás corredores.

A continuación, se presenta un análisis sobre los daños identificados en la carpeta asfáltica según el tipo de pavimento.

- **Daños en pavimento flexible.**

Se identificaron 538 daños en la carpeta asfáltica de la zona de estudio, los cuales fueron clasificados según el manual para inspección visual de pavimentos flexibles del Instituto Nacional de Vías (INVIA) (Ministerio de Transporte, 2006), además se estableció su estado según lo observado en leve, severo y crítico.



Figura 12. Ubicación de daños en pavimento flexible.

El tipo de daño que más se presentó en el pavimento flexible de la zona de influencia fue el bacheo con un 23%, sin embargo, en su mayoría se encuentra en estado leve, mientras que el daño que más presenta un estado crítico, corresponde al descascaramiento de la vía, el cual se entiende como un deterioro de la capa asfáltica superficial.

En la “**figura 13**” se presentan la cantidad de daños y el estado de cada uno.

Tipo de Daño	Leve	Severo	Critico	Total
Perdida de capa asfáltica	21	4	3	28
Descascaramiento	13	11	74	98
Bache	8	25	64	97
Bacheo	117	5	1	123
Deformacion	5	22	3	30
Fisuras	19	12	4	35
Desgaste	10	42	0	52
Hundimiento	1	2	0	3
Falla de borde	0	1	6	7
Tapa de alcantarilla	7	0	0	7
Rampa sobre pavimento	2	3	16	21
Piel de cocodrilo	2	24	0	26
Cemento sobre pavimento	4	0	0	4
Otros	4	3	0	7
Total				538

Figura 13. Tipo de daños presente en el pavimento flexible.

A continuación, se presenta un resumen gráfico de la información recolectada y analizada.

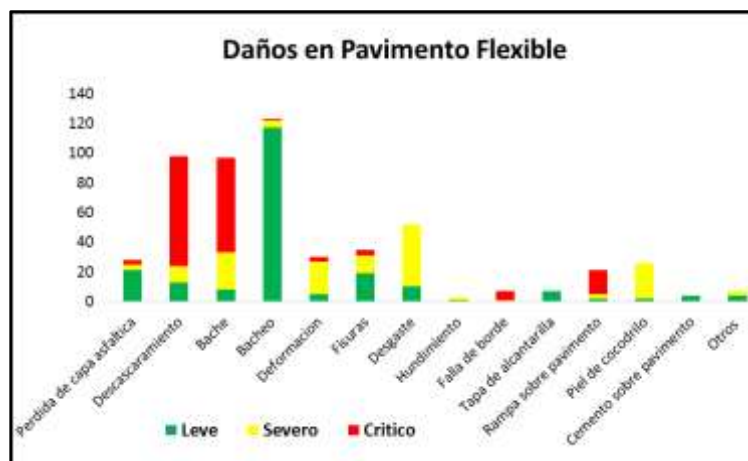


Figura 14. Daños en pavimento flexible. Fuente: Elaborado por autores.

- **Daños en pavimento rígido.**

Se identificaron 11 daños en el pavimento rígido de la zona de estudio, los cuales fueron clasificados según el manual para inspección visual de pavimentos rígidos del Instituto Nacional

de Vías (INVIAS) (Ministerio de Transporte, 2006), además se estableció su estado según lo observado en leve, severo y crítico.



Figura 15. Ubicación de daños en pavimento flexible.

El tipo de daño que más se presentó en el pavimento rígido de la zona de influencia fue el descascaramiento correspondiente a un 45%, al cual le siguen las fisuras, grieta transversal y deterioro del sello de la junta, en general, el estado de estos daños es leve; solo un daño, el cual es deterioro de sello, se encuentra en estado severo.

A continuación, se presenta la “Figura 16” en la cual se pueden observar los diferentes daños encontrados y el estado en el que se encuentran.

Tipo de Daño	Total	Leve	Severo	Crítico
Descascaramiento	5	5	0	0
Fisuras	4	4	0	0
Grieta Transversal	1	0	1	0
Deterioro de sello	1	1	0	0
Total				11

Figura 16. Tipo de daños presente en el pavimento rígido.

En la “Figura 14” se observa un resumen gráfico de la información anterior.

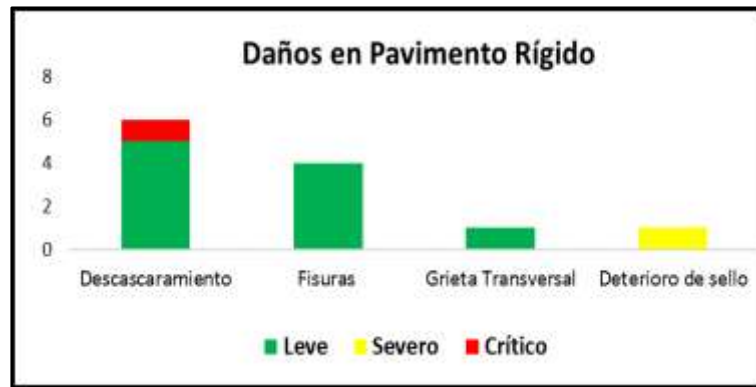


Figura 17. Daños en pavimento rígido.

La información sobre el estado de pavimentos en la zona de estudio, se evidencia en el Apéndice E.

2.5.5 Señalización. Para la caracterización de la señales de tránsito en la zona de influencia se realizó un levantamiento de campo en el cual se registrarón las señales presentes en la zona, clasificandolas en señales verticales y señales horizontales, y teniendo en cuenta sus respectivas características.

- **Señalización Vertical**

Se registraron 67 señales verticales en la zona de influencia, entre estas se encuentran señales de pare, obra en construcción, sentido único de circulación, zona escolar, maquinaria en la vía, entrada de volquetas, no pase, prohibido parquear, proximidad de cruce peatonal, proximidad de resalto, salida de volquetas, velocidad máxima 30 km/h y parada de Metrolínea.

Estas se clasificarón en informativas, preventivas, reglamentarias y transitorias según los lineamientos del Manual de Señalización Vial 2015 (INVIAS) (Ministerio de Transporte, 2015),

además se verificó el estado en el que se encuentran y se tomaron medidas del ancho del tablero, las distancias A,B,C, las cuales representan la separación entre la calzada y la señal, la separación entre la señal y el ancho del sendero peatonal, y la altura de la señal, respectivamente.



Figura 18. Ubicación de señales verticales en la zona.

De las 67 señales verticales existentes el 66% son señales reglamentarias, el 28% son señales preventivas y el 6% restante son señales informativas.



Figura 19. Clasificación de señales verticales. Fuente: Elaborado por autores.

Se identificó el estado en el que se encuentra cada señal, clasificando como estado bueno aquellas señales que no se encuentran torcidas, oxidadas o con pintura decolorada, estado regular, a aquellas señales las cuales se encuentran deterioradas y estado malo a aquellas señales que ya no cumplen con su función dado que se encuentran en condición de deterioro considerable. Como se puede observar en la “Figura 17”, un 76% de las señales verticales se encuentran en buen estado, un 19% en estado regular y solo un 5% en mal estado.

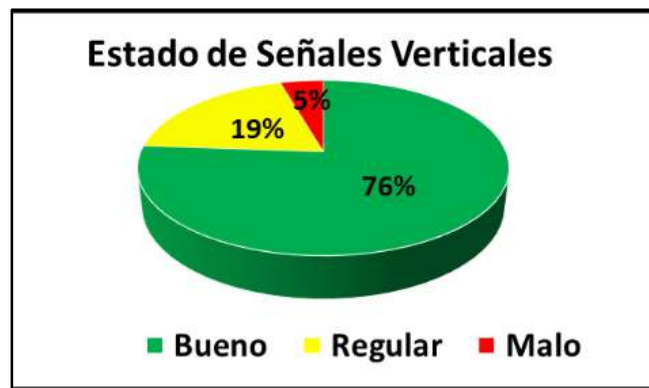


Figura 20. Estado físico de señales verticales.

- **Señalización Horizontal**

Se registraron 218 señales horizontales en la zona de influencia, entre las que se encuentran señales de pare, paso peatonal, zona escolar, paradero de bus, flechas de giros permitidos y prohibido parquear.

Inicialmente se tomaron medidas de cada dimensión y se registró el estado de cada señal, donde aquellas que eran perfectamente visibles clasificaban como estado bueno, aquellas donde se evidenciaban desgastes en la pintura se clasificaban como estado regular y finalmente, aquellas señales que ya no eran visibles debido al desgaste total de su pintura se clasificaban como estado malo (Ministerio de Transporte, 2015). En la “Figura 18”, se muestra el mapa con la

georreferenciación de las señales horizontales encontradas en la zona de estudio, así como el estado en que se encontraron cada una de ellas.



Figura 21. Ubicación de señales horizontales en la zona.

Se encontró que el 74% de las señales horizontales están en buen estado, lo que quiere decir que 153 señales tienen su pintura en buen estado y presta un correcto servicio a los usuarios. Un 20% en estado regular y el 6% restante está en mal estado. Se puede decir que en su mayoría las señales presentes en el sector cumplen con su función regulando y orientando a los conductores que transitan por la zona. La información anterior se puede revisar en el Apéndice F.

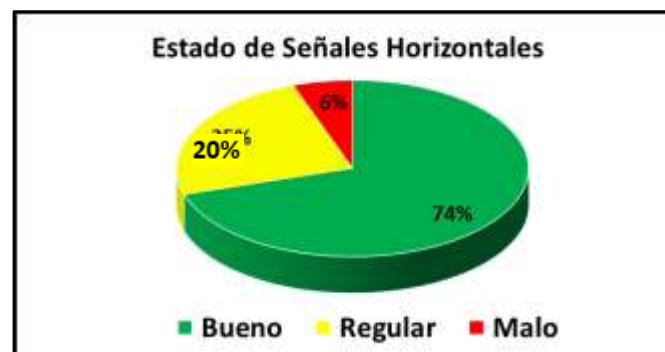


Figura 22. Estado físico de las señales horizontales. Fuente: Elaborado por autores.

2.5.6 Volúmenes Vehiculares. Para el estudio del tránsito en la zona de influencia se realizó un trabajo de campo donde se identificaron 8 puntos correspondientes a las intersecciones con mayor flujo vehicular. Los registros de aforos vehiculares de todos los giros de cada intersección fueron tomados del proyecto de investigación “Análisis de la implementación de un corredor peatonal en el sector educativo calle 9 entre carreras 27 y 18 en Bucaramanga Santander”, realizados el día típico (miércoles) 27 de septiembre de 2017, en un horario comprendido entre las 5:30 y las 19:30 horas.

Al revisar la información secundaria suministrada se determinó la necesidad de actualizar la información de 2 de las 8 intersecciones identificadas, aforos que fueron realizados el día típico (jueves) 6 de junio 2019 en 3 franjas horarias con intervalos de 2 horas, así, 6:30 a 8:30 horas, de 11:15 a 13:15 horas y de 17:30 a 19:30 horas.

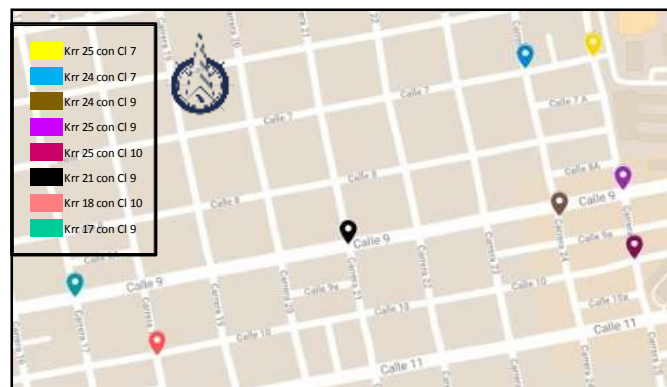


Figura 23. Estación de aforos vehiculares. Nota. Modificado de: Google Maps.

Para codificar los giros permitidos en cada intersección se tuvo en cuenta lo establecido en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración de Tránsito y Transporte.

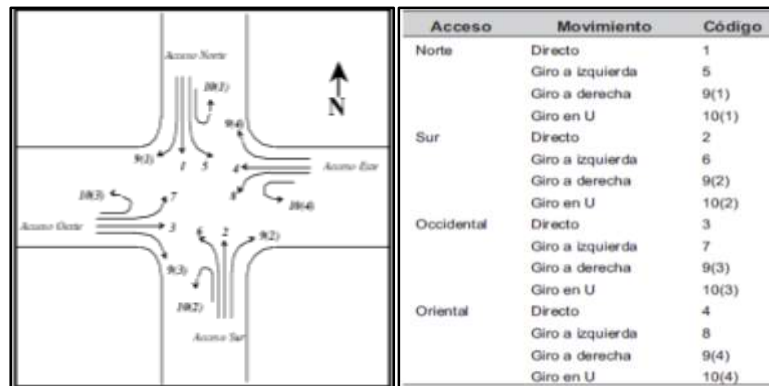


Figura 24. Codificación movimientos viales norma Rilsa. Fuente: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y del transporte de Bogotá.

Para cada giro se clasificaron los vehículos en 4 tipos, liviano, que encerraban autos y taxis; bus, que comprendía los buses y las busetas; camión que contiene desde C2 hasta >C6 y por último motocicleta. Posterior a esto, para determinar los movimientos permitidos más cargados en cada intersección y establecer la hora pico del día, se convirtieron los flujos vehiculares mixtos a vehículos equivalentes utilizando los factores de equivalencia según el modo de transporte, estos se tomaron del Plan Maestro de movilidad de Bucaramanga.

Tabla 1.

Factores de equivalencia

Modo	Factor de Equivalencia
Bicicleta	0.3
Motocicleta	0.5
Liviano	1
Bus	2
Camión	2.5

Fuente: obtenido de: Plan Maestro de movilidad de Bucaramanga.

Posterior a la actualización de los aforos requeridos, se comparó la información del año 2017 con la información del año 2019 de estos 2 puntos actualizados, para determinar su crecimiento por giro. A continuación, se muestra la comparación mencionada.

Para la intersección correspondiente a la carrera 25 con calle 10:

INTERSECCION 1	AÑO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN	MOTO	MIXTO
	2017	2498	1702	70	4643	8913
	2019	5130	1602	178	8576	15486
	% CRECIMIENTO	105%	-6%	154%	85%	74%

Figura 25. Comparación de intersección Cra 25-Cl 10.

Para la intersección correspondiente a la carrera 17 con calle 9:

INTERSECCION 2	AÑO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN	MOTO	MIXTO
	2017	3325	984	361	8244	12914
	2019	3949	884	377	9431	14641
	% CRECIMIENTO	19%	-10%	4%	14%	13%

Figura 26. Comparación de intersección Cra 17-Cl 9.

Con base en lo anterior fue posible conocer el comportamiento, en términos de crecimiento del flujo vehicular del sector. Se identificó que la intersección 1 presentó mayor variación entre el 2017 y 2019, con un porcentaje de crecimiento de todos los modos de transportes de 74%. El crecimiento se debe dado que en esta intersección concurren una gran cantidad de conductores y peatones.

A partir de esto, surgió la necesidad de comparar la información en una gráfica que representa el comportamiento de los volúmenes vehiculares más críticos.

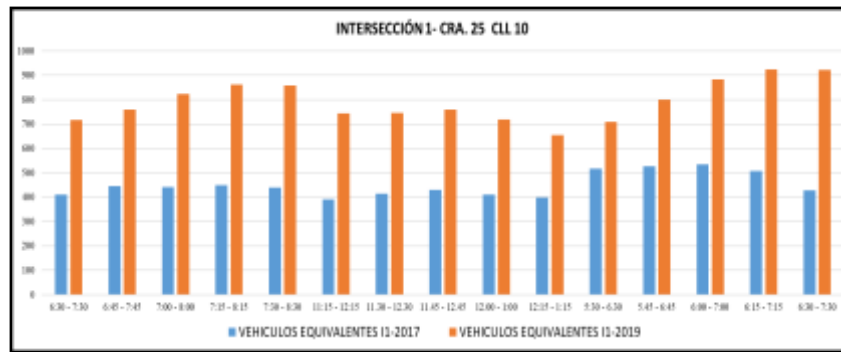


Figura 27. Comparación de vehículos equivalentes cra 25-cl 10

La información anterior se puede revisar en el Apéndice G.

Como se puede observar en la “Figura 22” existen 2 periodos picos a lo largo del día, los cuales son desde las 7:15 am a 8:15 am y de 6:15 pm a 7:15 pm, sin evidenciar cambios drásticos en el comportamiento y reflejando una tendencia de crecimiento constante.

Posterior a esto, se consolidó la información de los conteos vehiculares en los 8 puntos importantes de la zona de influencia y se estableció que la hora de máxima demanda corresponde al intervalo entre las 11:45 y las 12:45 del día.

2.5.7 Volúmenes peatonales. Para el estudio del comportamiento del flujo peatonal se centra la atención en los dos equipamientos universitarios presentes en la zona de influencia, los cuales son, la Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI) y La Universidad Santo Tomás. Para este análisis, los registros de aforos peatonales de los equipamientos anteriormente mencionados se obtuvieron de la información secundaria consignada en el proyecto de investigación “Análisis de la implementación de un corredor peatonal en el sector educativo calle 9 entre carreras 27 y 18 en Bucaramanga Santander”, realizados el día típico (jueves) 20 de septiembre de 2018 en una franja horaria desde 5:45 horas a las 20 horas.



Figura 28. Estación de aforos peatonales. Fuente: Google Maps, modificada por autores.

A partir de estos, se realizó una distribución temporal de los flujos, la cual permitió identificar el comportamiento peatonal de sector y los picos de mayor intensidad a lo largo del día, como se muestra a continuación.



Figura 29. Distribución peatonal horaria de la zona de influencia.

Como se puede observar en la “Figura 24”, existen 3 picos horarios a lo largo del día, los cuales son desde las 7: 15 am a 8:15 am, 11:00 am a 12:00 m y 4:30 pm a 5:30 pm.

Se encontró que el equipamiento con más participación peatonal es la Universidad de Investigación y Desarrollo(UDI), con un 62%, y en segundo lugar se encuentra la Universidad Santo Tomás (USTA), con un 38%.



Figura 30. Participación en la demanda peatones por cada equipamiento universitario.

La información anterior se puede revisar en el Apéndice H.

2.5.8 Accidentalidad. Con base al Geoportal del Observatorio Nacional de Seguridad Vial fue posible identificar información pertinente referente a los accidentes vehiculares registrados en la zona de influencia. Entre el año 2014 y 2018 se evidenciaron en accidentes de tránsito 7 víctimas fatales, entre esos 2 peatones y sólo en el año 2018 fueron registrados 21 accidentes con 33 personas lesionadas.



Figura 31. Registro de accidentalidad. Nota. Tomado de: Geoportal del Observatorio Nacional de Seguridad vial.

2.6 Encuestas

En el desarrollo del estudio surgió la necesidad de contar con instrumentos de medición tipo encuesta para poder identificar la percepción de la movilidad en la zona de influencia. Para su desarrollo fue necesario estar presentes en los puntos de interés, la UDI y la USTA, con el objetivo de aplicar las encuestas a los peatones que transitaban a su alrededor o se dirigían directamente a estos equipamientos. Esta labor se llevó a cabo los días 2 y 3 de octubre de 2019 en el horario comprendido desde las 8:00 am y las 2pm.

Para realizar la aplicación de la encuesta, se definió el tamaño de la muestra con base a los aforos peatonales detallados en el ítem 3.5.7, en donde se determinó que el número total de peatones que transitan por los puntos de interés ya mencionados es de 26891. Dicha información es señalada en el *Apéndice I*.

Como soporte para el cálculo del tamaño de la muestra, se usó la ecuación (3), encontrada en la literatura del Departamento de Estadística e I.O de la Universidad de Valladolid, la cual es usada para una población finita.

$$n = \frac{Z^2 * N * P * (1 - P)}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * P * (1 - P)} \quad (3)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño total de la población en estudio

Z = Nivel de confianza, típico 95%; Z=1,96

P = Probabilidad de ocurrencia; P=50%

e = Margen de error máximo aceptado; e=8%

Como resultado, se obtuvo un tamaño total de la muestra de 149 encuestas, según se ilustra en la “Tabla 7”.

Encuesta a:	Población	Tamaño Población	Muestra
Peatones	Peatones que transitan por la UDI Y USTA	26891	149

Figura 32. Tamaño de la población y número de encuestas. Fu

Una vez aplicada el instrumento de medición y analizados los datos recolectados por medio del mismo, se encontró que de las 149 personas encuestadas el 42% son hombres y el 58% mujeres; el 30% son jóvenes con edades entre 15 a 20 años, el 45% son adultos jóvenes con edades entre 21 y 35 años, el 15% son adultos con edades entre los 36 a 45 años, el 6% adultos con edades entre los 46 a 55 años y el 3% adultos mayores con edades superiores a 56 años.

Adicionalmente se encontró que el 61% de los encuestados residen en barrios del municipio de Bucaramanga y el restante 39% en municipios aledaños como Floridablanca, Girón, y Piedecuesta, como se evidencia a continuación.

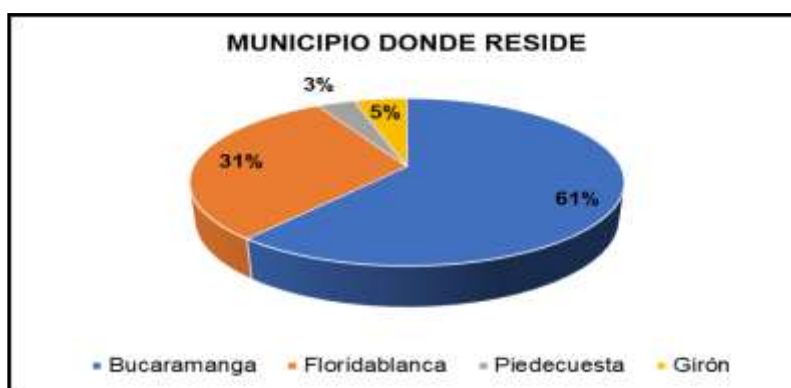


Figura 33. Municipio de residencia de los encuestados. Fuente: Elaborado por autores.

Además, se evidenció que el 43% de los residentes en Bucaramanga caminan para llegar a la zona, mientras que el 50% de las personas de Floridablanca utilizan la moto y las personas encuestadas de girón y Piedecuesta hacen uso de los buses del servicio público.

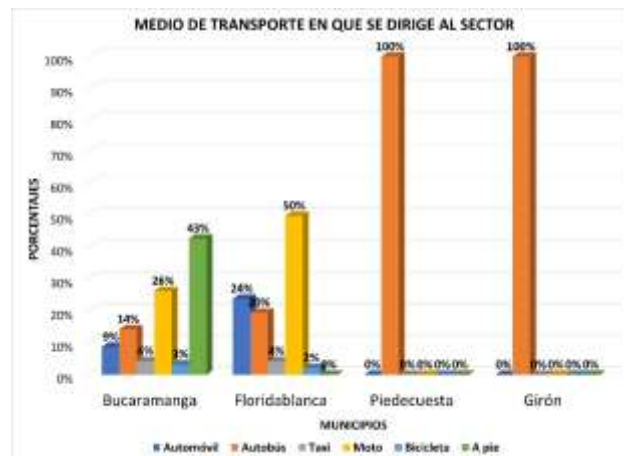


Figura 34. Medio de transporte en el que se dirige al sector.

El principal motivo de viaje hacia el sector por las personas de Bucaramanga, Floridablanca y Girón es por estudios, con un 58%, 57% y 86%, respectivamente, mientras que los encuestados residentes en Piedecuesta coinciden en que se dirigen al sector por estudios con un 40% y por diligencias de asunto personal con un 40%. El motivo de viaje que presenta concurrencia en segundo lugar es dirigirse al trabajo para los residentes de Bucaramanga con un 21% y para los de Floridablanca con un 24%.

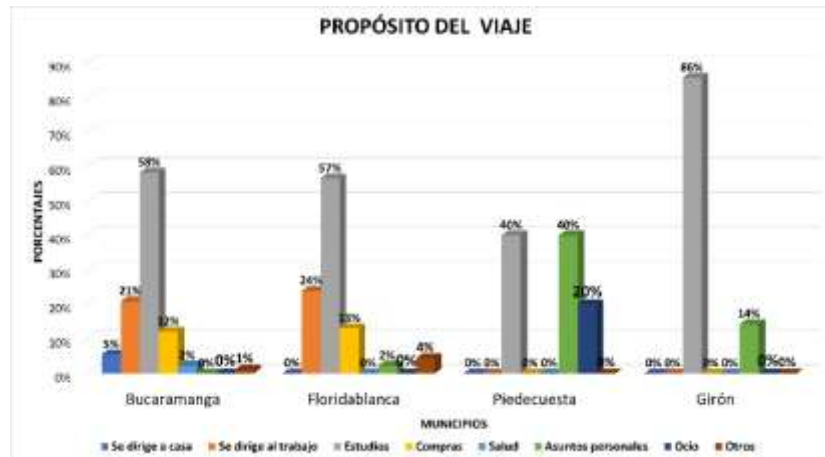


Figura 35. Propósito del viaje.

Se identificó que de la población encuestada el 66% de las personas que arriban a la zona en un vehículo motorizado propio como moto o carro, optan por no parquear su vehículo en los parqueaderos públicos de la zona mientras realizan sus actividades en el sector, y sólo el 34% optan por usar los parqueaderos públicos aledaños a los equipamientos universitarios.

Al conocer la razón por la cual no hacen uso de esos establecimientos el 63% de los encuestados residentes de Bucaramanga y el 71% de los de Floridablanca coincidieron en argumentar que era más fácil y les tomaba menos tiempo parquear sus vehículos sobre los corredores viales cercanos a su lugar de destino, inclusive algunas personas comentaron que tenían poca información sobre la existencia de parqueaderos cercanos en el sector.



Figura 36. Uso de los parqueaderos aledaños a los equipamientos universitarios.

Por otra parte, se indagó sobre los tiempos de uso de estacionamientos para quienes si los utilizan y se encontró que el 56% de los encuestados residentes en Bucaramanga generalmente los utilizan por un intervalo de 3 a 6 horas, al igual que el 32% de los encuestados de Floridablanca. La información presentada en este capítulo puede precisarse en el **Apéndice I**.



Figura 37. Intervalo del tiempo de uso de parqueadero.

3. Análisis de la situación actual de la zona en estudio

A partir de la información recolectada en la caracterización vial del sector y de los resultados obtenidos en el análisis del mismo, se dio paso al análisis de la situación actual, para lo cual se tomó como base la realización de un modelo de microsimulación para la representación de la problemática de la zona de estudio y como herramienta para la proyección de las estrategias de mitigación como solución de movilidad para la zona.

3.1 Creación del modelo.

Con base en la información obtenida en la caracterización de la malla vial y en la información secundaria, se realiza el modelo de microsimulación apoyado en el software de modelado Aimsun 8.2, con el fin de representar matemáticamente la situación actual del sector y finalmente, obtener los parámetros cuantitativos del modelo.

Inicialmente se realizó el trazado de las vías que componen la zona de influencia teniendo en cuenta, el número de carriles, las medidas obtenidas en la caracterización del sector y asignándole a cada una la jerarquía vial correspondiente. En las intersecciones se especificaron los movimientos viales permitidos y la señalización existente, como pasos peatonales y pases, teniendo en cuenta la información de señalización recolectada en campo (Tobar, 2014).

Después de trazada la red de simulación y con base en los aforos vehiculares realizados en la zona de influencia en un día típico, se estructuraron en el software los cuatro (4) modos de

transporte mencionados en el ítem 3.5.6. del presente artículo. Se utilizó el método estocástico para la asignación de vehículos, el cual consiste en predecir el comportamiento de magnitudes aleatorias que varían con el tiempo y caracterizar una sucesión de variables aleatorias



Figura 38. Trazado de la malla vial, distribución de centroides. Nota. Modificado: Aimsun 8.2,

A la hora de representar la problemática actual del sector, se eliminó en el modelo las secciones de carriles donde se evidencia en campo el parqueo sobre el corredor vial.

3.2 Calibración y validación del modelo.

Para la correcta calibración del modelo de micro simulación es preciso configurar eficientemente los diferentes parámetros que posee el software, tales como: geometría de los corredores viales, reguladores de tráfico (señales de tránsito) reflejando las características específicas del sector de estudio, comportamiento del conductor y metodología para la distribución del flujo vehicular.

Una vez se da por finalizada la calibración, se da paso a ejecutar la validación del modelo. Para tal fin, se realiza una comparación mediante la diferencia absoluta y la diferencia relativa entre el conjunto de valores de la media resultante de cinco replicaciones del modelo y un conjunto de

datos reales establecidos como detectores, para así analizar las desviaciones en cada detector, los cuales fueron localizados en todos los accesos de la red y corresponden a los datos de los aforos realizados en campo, con el fin de garantizar que el modelo realizado esté lo más cercano a la realidad posible.

Como herramienta para la validación del modelo, se emplea el indicador GEH, según el criterio de parámetros de aceptación para la calibración de modelos emitidos por Wisconsin DOT Freeway. Ver Apéndice J.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (W - V)^2}{W + V}} \quad (4)$$

Donde W representa el flujo simulado y V representa el aforo realizado en campo.

Para garantizar que un modelo de asignación de tráfico está calibrado correctamente, se debe cumplir con que al menos el 60% obtengan un GEH inferior a 5, el 95% de los corredores analizados deben contar con un GEH inferior a 10 y para el 100% de los corredores analizados el GEH debe ser inferior a 12 (Granda Tola & Martínez Ulloa, Analisis de tráfico en las principales intersecciones del área de influencia de Universidad del Azuay”, 2017). Para efectos del modelo de la situación actual de la zona de influencia, el resultado arrojado respecto a la validación se evidencia en la Tabla 12 y se concluye que el modelo está en condiciones de aceptación de la validación.

Tabla 2.

Resultados de validación del modelo

% de segmentos con GEH <5	64%
% de segmentos con GEH <10	100%
% de segmentos con GEH <12	100%

La información anterior se puede revisar en el Apéndice J.

3.3 Intervenciones de mejoramiento en la zona de estudio a futuro.

Se consideró la implementación de proyectos que se programan o que están en ejecución en la ciudad, con el objetivo de representar de manera precisa la situación actual. Es pertinente tener en cuenta la información contenida en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bucaramanga, donde se proyecta el paso de la ciclorruta en tres de los corredores del sector de influencia correspondientes a la calle 9 entre las carreras 17 y 25, la carrera 21 entre las calles 8 y 11, y finalmente la carrera 25 entre las calles 9 y 11, como se ilustra en la Tabla 13 (POT (2013-2027), 2013).

Eje vial	Desde	Hacia	Tramos en zona de estudio
Cll 9	Kr 15	Kr 27	Kr 17 a Kr 25
Cra 25	Cll 9	Cll 104	Cll 9 a Cll 11
Cra 21	Cll 55	Cll 5	Cll 11 a Cll 8

Figura 39. Corredores viales con ciclorruta proyectada.

Nota. Tomado de: POT de Bucaramanga.

Adicional a esto, con el objetivo de optimizar ciertas franjas de circulación peatonal en la ciudad, se planea hacer una reforma en andenes, donde están algunos corredores que hacen parte de la zona de influencia (POT (2013-2027), 2013).

Eje vial	Desde Cll	Hasta Cll	Tramos en zona de estudio
Cra 17	4	61	Cll 8 a Cll 11
Cra 18	4	55	Cll 8 a Cll 11
Cra 21	5	58	Cll 8 a Cll 11
Cra 22	5	58	Cll 8 a Cll 11

Figura 40. Corredores viales de la zona de influencia con futuro mejoramiento de andenes.

Nota. Tomado de: POT de Bucaramanga.

3.4 Resultados de la situación actual

Una vez realizado el modelo de micro simulación, se procedió al análisis de diferentes parámetros que evidencian las características de la zona en temas de movilidad vehicular. Los parámetros utilizados son el tiempo total de paradas, el cual representa la sumatoria del tiempo sin movimiento dentro de la zona de todos los vehículos que entraron y salieron de ella, el número de paradas totales, el tiempo total del viaje que requirió cada vehículo, la velocidad teórica promedio del viaje, y el tiempo total de demoras, la cual representa un parámetro indicativo de congestión en la zona analizada.

Parámetros	Resultados
Tiempo total de paradas [s]	7102,17
No Total de paradas	13109,10
Tiempo total de Viaje [s]	23457,87
Velocidad Promedio [km/h]	33,05
Demoras totales [s]	9624,13

Figura 41. Parámetros teóricos indicativos del modelo.

Se debe tener en cuenta que las velocidades obtenidas son teóricas, no se verificaron en campo, por lo tanto, en estudios futuros deben verificarse para ajustar los resultados según las velocidades, pero, para los parámetros contemplados los resultados esperados son los obtenidos.

Se concluye que los viajes que realizan los usuarios desde sus orígenes hacia la zona se están viendo severamente afectados por las demoras y el tiempo que emplean para realizar las paradas; como consecuencia aumentan considerablemente los tiempos totales de viaje, además, la velocidad teórica disminuye, generando conflictos en la movilidad del sector.

Posterior a esto se identifican los niveles de servicio (NS) teóricos para los corredores analizados en la zona de estudio, con base a la información arrojada por el modelo de micro simulación, teniendo en cuenta que son una medida cualitativa, la cual describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por los usuarios. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la seguridad vial y la conveniencia (Sánchez, 2012)

El Manual de Capacidad de Carreteras 2000 (HCM 2000) ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, siendo A el nivel de mejor condición operativa, y F el peor.

Para el cálculo del NS teórico se tuvo en cuenta el tiempo de demoras en segundos sobre vehículos (s/veh) arrojados en el modelo de micro simulación y la relación de flujo de vehículos sobre la capacidad del corredor vial (V/C) (Council).

En la “**Tabla 12**” se evidencia lo obtenido para el análisis actual. Se debe tener en cuenta que los niveles de servicio reales deben calcularse con base a las velocidades verificadas en campo.

Corredor Vial	Tiempo de Demoras (s/veh)	V/C	Nivel de Servicio
Cl 10 entre Cra 17 y Cra 25	23	0,40	C
Cl 9 entre Cra 17 y Cra 25	14	0,52	D
Cl 7 entre Cra 24 y Cra 25	2	0,51	D
Cra 25 entre Cl 7 y Cl 11	16	0,27	C
Cra 24 entre Cl 7 y Cl 11	11	0,25	C
Cra 22 entre Cl 8 y Cl 9	2	0,06	B
Cra 21 entre Cl 8 y Cl 11	1	0,25	B
Cra 19 entre Cl 8 y Cl 9	1	0,01	B
Cra 18 entre Cl 8 y Cl 11	23	0,59	E
Cra 17 entre Cl 8 y Cl 11	18	0,55	D

Figura 42. Niveles de servicio teóricos de la situación actual calculados con base a la información del modelo.

Se determinó que los corredores con mejor operación de flujo vehicular según la información del modelo son la carrera 21, la carrera 22 y la carrera 19 con un nivel de servicio teórico B, y el corredor con peor operación de flujo vehicular es la carrera 18, con un nivel de servicio teórico E, seguido de la calle 7, la calle 9, y la carrera 17 con un nivel de servicio teórico D. Estos resultados pueden deberse a que la carrera 18 es un corredor por el cual transita un gran número de vehículos debido a su cercanía a la Universidad Santo Tomás, la cual se convierte en un punto atractor de visitantes diariamente; seguido de la calle 9 que es un corredor en su mayoría transitado por vehículos de servicio público.

4. Estrategias de mitigación a los impactos negativos en la movilidad vehicular del sector.

De acuerdo con los resultados de la caracterización realizada al sector y a los resultados del modelo de micro simulación, se determinó que la variable crítica en la situación del sector es la congestión vial de la zona. Dicha congestión es ocasionada directamente por el ejercicio de las actividades

misionales de los equipamientos universitarios objeto del presente estudio. Siendo la UDI y la USTA centros importantes de atracción de usuarios, se genera una alta demanda de espacios de estacionamiento que actualmente se suple en los espacios viales aledaños a dichos equipamientos, ignorando muchas veces las indicaciones de prohibido parquear, según señal horizontal encontrada en el lugar.

Estos estacionamientos indebidos ocasionan una afectación directa en la capacidad vial de los corredores viales del sector en estudio e indirectamente en las velocidades promedios de operación de los mismos, lo que se traduce en la afectación de las condiciones de operación (niveles de servicio) del sector. Dichos parqueos indebidos se presentan principalmente en los alrededores de los equipamientos universitarios ubicados en la zona, como se muestra en la “**Figura 33 y 34**” (POT (2013-2027), 2013).



Figura 43. Estacionamiento en vía calle 9 entre cra 18 y cra 19, justo esquina de la USTA.



Figura 44. Estacionamiento en vía cra 24 entre cll 8 y cll 9, justo esquina de la UDI.

Después de identificar las principales problemáticas del sector, se dio paso a realizar una extensa investigación en el contexto nacional y mundial que permitiera identificar implementaciones realizadas, que hubiesen arrojado resultados favorables y que fueran reproducibles en el contexto estudiado. A continuación, se presentan algunas de las estrategias estudiadas.

4.1 Tarificación Vial

Es concebida como una efectiva herramienta de gestión del tráfico para la mitigación de los impactos negativos en la movilidad y promover a su mejoría, sobre todo en grandes puntos atractores de viajes. Esta medida consiste en realizar un cobro por ingreso a zonas o vías específicas durante las horas pico del día, cuando el fenómeno de la congestión es notorio, así el conductor podrá percibir que su participación en el lugar atribuye un costo añadido a los demás automóviles que también circulan por la zona.

Este costo añadido se traduce en un mayor número de paradas, lo que incrementa el tiempo total de viaje por automóvil, mayor consumo de combustible y, por ende, más gasto. Lo anterior

ocasionará que solo quienes estén dispuestos a pagar la tarifa podrán circular en su automóvil particular durante las horas de máxima congestión, lo cual significará una disminución en el flujo vehicular a esa hora específica.

Los casos más consolidados de tarificación vial por congestión son en Londres, donde la medida que es implementada desde el 2003 ha disminuido en un 40% la congestión vial y todo lo recaudado va dirigido al transporte público e infraestructura para peatones y ciclistas. Otro caso es en Estocolmo, donde se implementa desde el 2006 y ha disminuido la congestión en un 20%. Finalmente, en Singapur, que fue la primera ciudad en el mundo en 1975 en implementar con éxito esta medida (CETMO, 2012).



Figura 45. Tarificación vial en Londres.

Nota. Tomado de: Trucos Londres. Portal Web.

Al evaluar la viabilidad de esta propuesta en la zona de influencia, se determinó que no era aplicable debido a que esta alternativa tiene su campo de acción en sectores mucho más grandes con un problema de congestión mayor, el cual no es el caso de esta zona.

4.2 Implementación de vías de sentido variable.

La propuesta se basa en el uso de vías de sentido variable, el cual consiste en modificar a lo largo del día su sentido de circulación según los volúmenes de tránsito, con el objetivo de favorecer el desplazamiento de los flujos mayores. De esta manera, es posible invertir el sentido de circulación de una vía unidireccional o generar un solo sentido cuando existen dos, suministrando temporalmente mayor capacidad para abarcar los desplazamientos masivos que caracterizan la estructura de viajes y ritmo general de funcionamiento de las ciudades.

Esta variación suele suceder en horas pico de la mañana desde las zonas residenciales hacia las zonas de trabajo, y se invierte el desplazamiento en horas pico de la tarde. Esta medida ha sido utilizada en seis ejes importantes de la ciudad de Santiago de Chile (Chile) en el año 2001, donde se ha demostrado un ahorro promedio de 43% en los tiempos totales de viaje. (Bull, Congestión de tránsito: El problema y como enfrentarlo, 2003)

Debido a que no hay un problema en el sector de fondo, se determinó que no era aplicable ya que esta alternativa tiene su campo de acción en sectores mucho más grandes con un problema de congestión mayor.

4.3 Implementación de un corredor peatonal en la calle 9 entre carreras 27 y 18, Bucaramanga.

Esta estrategia parte de la necesidad de solucionar los problemas de movilidad provenientes de los equipamientos institucionales (UDI y USTA) debido a las malas condiciones de la infraestructura vial, la falta de garantías para los desplazamientos de los peatones, incumplimiento de las

normativas que aseguran la accesibilidad del medio físico y carencia e irrespeto de la señalización que en consecuencia se traduce en inseguridad vial en cruces o intersecciones dadas entre medios de transporte.

Es así como los corredores peatonales plantean una alternativa para el mejoramiento de la movilidad, recuperación del espacio público dirigida a el transporte no motorizado y potenciación de la economía del sector y la ciudad. Este tipo de medidas se empezaron a implementar en el país, en políticas públicas de movilidad en ciudades como Bogotá, Cartagena, Neiva, Bucaramanga, Medellín, entre otras (Castañeda & Durán, 2019).

Por motivo a que este estudio ya se realizó en la zona de influencia, se decidió no volver a realizar el mismo análisis, motivo por el cual no se implementará en nuestra modelación.



Figura 46. Calle Real en Armenia.

Nota. Tomado de: Lomby, C. Descubre ideas sobre Panamericana. Recuperado de: <https://co.pinterest.com/pin/510877151468232460/>

4.4 Sistema de estacionamientos y parqueaderos.

En Madrid, España, se creó un proyecto SER (Servicio de estacionamiento regulado) para el control y la regulación del estacionamiento de vehículos motorizados en la vía pública, con el fin de ordenar y racionalizar el uso del espacio público.

En Barcelona, España, en el año 1984, se implanto el concepto del estacionamiento regulado en la calzada, cuyo objetivo era aumentar la rotación de los vehículos estacionado en el centro de la ciudad.

En Colombia esta estrategia se implementa en la ciudad de Medellín, bajo el nombre de ZER (zona de estacionamiento regulado), la cual proporciona una alternativa de estacionamiento para la gran demanda de este recurso, solucionando los problemas de movilidad en la ciudad de manera integral, controlar el parqueo en el espacio público y recobrar la infraestructura peatonal para el peatón. El proyecto cuenta con 12 zonas con 1387 plazas que operan de lunes a sábado en horarios de 7 a.m. a 7 p.m.

Uno de sus aportes más importantes es promover el uso de los parqueaderos para desincentivar el parqueo desordenado de vehículos en la vía pública (Orozco & Bejarano, 2016).



Figura 47. ZER (Zona de estacionamiento Regulado).

Nota. Tomado de: Secretaría de movilidad Medellín. Portal web.

En un acercamiento al contexto local, la congestión vehicular es un factor negativo que afecta la movilidad con antigüedad en la ciudad de Bucaramanga. Por lo tanto, en el año 2006 mediante el acuerdo 065 se estableció un marco conceptual para el sistema de estacionamientos y parqueaderos en el municipio. Este se apoya en lineamientos anteriores como el Decreto 089 del año 2004, donde se prioriza la recuperación del espacio público, buscando reglamentar de manera general los estacionamientos de toda clase de vehículos en el sector urbano, enfocando las acciones al establecimiento de áreas para estacionamiento y a la desestimulación de todo tipo de parqueos sobre el espacio público (Consejo Municipal de Bucaramanga, 2006).

4.5 Redistribución del flujo.

La redistribución del flujo consiste en cambiar la distribución del tránsito vehicular de un corredor vial específico, con el fin de mejorar la movilidad en las zonas afectadas, permitiendo una buena operación en el corredor que requiere ser intervenido. Los resultados de la implementación de este tipo de estrategias pueden llegar a ser muy favorables.

Esta alternativa ya fue contemplada en el proyecto de investigación “Análisis de la implementación de un corredor peatonal en el sector educativo calle 9 entre carreras 27 y 18 en Bucaramanga Santander”, donde se evidencia a través de la modelación, que la calle 10 puede albergar el tráfico que cruza actualmente por la calle 9, siempre y cuando se ejerza un control estricto por parte de las autoridades competentes, asegurando que la capacidad de las vías funcione en su totalidad y no se vea reducida. Por tal motivo, se decidió no volver a realizar el mismo estudio, por tanto, no se implementará en nuestra modelación.



Figura 48. Redistribución del flujo de la calle 9 entre carreras 27 y 18.

Nota. Tomado de: Análisis de la implementación de un corredor peatonal en la calle 9, Bucaramanga.

4.6 Implementación de semáforos.

El objetivo de la semaforización de una intersección es encontrar una solución y un orden en la movilidad entre los vehículos, y la movilidad entre peatones, con el flujo vehicular presentes de los volúmenes vehiculares en las diferentes intersecciones, de modo que se encuentre un equilibrio entre movilidad, seguridad y accesibilidad, a través de la regulación que ofrecen los semáforos, permitiendo una operación óptima y eficiente de las carreteras y calles del sector. No obstante, durante el estudio de su aplicación en la zona de influencia, se decidió descartar debido a que las intersecciones presentes en la zona no cumplían con los criterios mínimos de flujo vehiculares, flujo peatonal, intersecciones complejas, accidentalidad, y otros factores de acuerdo lo contemplado en el manual de señalización vial, en el HCM y en la ley 769 2002 Código Nacional de Tránsito.



Figura 49. Intersección semaforizada.

Nota. Tomado de: Alcaldía de Cali. Portal web

5. Estrategia de mitigación implementada.

Con base en las posibles estrategias expuestas anteriormente y teniendo en cuenta los antecedentes locales de las mismas, se implementa como estrategia de mitigación reforzar el sistema de estacionamientos y parqueaderos en la zona con el objetivo del despeje de las vías afectadas. El despeje genera conciencia y disciplina ciudadana en torno al tema del cumplimiento de las normas sobre estacionamientos y parqueos, incentivando a las personas que arriban a la zona al desempeño de sus actividades cotidianas, el uso de los parqueaderos públicos de la zona.

Es importante tener en cuenta que la existencia o ausencia de parqueaderos en cercanía de los destinos del viaje o un costoso valor para su uso son factores que influyen en el estacionamiento indebido sobre la vía (Bull, Medidas de Control de la Congestión de tránsito, 2001), por ende, en la “**Tabla 13**” se presenta una descripción detallada sobre los parqueaderos situados dentro de la zona de influencia especificando su ubicación, capacidad y tarifa según tiempo específico.

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	DIRECCIÓN	TIPO DE ESTABLECIMIENTO	CAPACIDAD (MOTOS)	CAPACIDAD (AUTOS)	TARIFA (MOTOS)	TARIFA (AUTOS)
Yematos	Cra. 24 entre CIB y 10	Parqueadero	10	12	6 Horas por \$1.000	6 Horas por \$5000
"	Cra. 23 entre CIB y 8	Parqueadero de motos	60		6 Horas por \$1.000	
Parqueadero de Motos la Documenta de la UDE	Cl 9 entre Cra. 23 y 24	Parqueadero de motos	90		3 Horas por \$1.000	
JF Santander	Cl 9 entre Cra. 23 y 24	Parqueadero de motos	60		3 Horas por \$1.000	
"	Cl 9 entre Cra. 23 y 24	Parqueadero de motos	80		3 Horas por \$1.000	
LA 22	Cra. 22 entre CIB y 9	Parqueadero	20	10	12 Horas por \$2.000	12 Horas por \$4.000
Parqueadero San Francisco	Cl 12 entre Cra. 22 y 23	Parqueadero	90	60	12 Horas por \$1.000	12 Horas por \$5.000
Parqueadero UDE	Cra. 25 entre CIB y 8	Parqueadero de motos	150		Mensualidad por \$25.000	
Lubricantes y parqueadero JBI	Cra. 19 entre CIB y 10	Parqueadero	80	110	1 Hora por \$300	1 Hora por \$1.000
Parqueadero la 19	Cra. 19 entre CIB y 10	Parqueadero de motos	70		1 Hora por \$500	
Parqueadero USTA	Cl 10 entre Cra. 18 y 19	Parqueadero	100	125	Mensualidad por \$30.000	Mensualidad por \$90.000
"	Cl 7 entre Cra. 22 y 23	Parqueadero	15	10	12 Horas por \$2.000	12 Horas por \$5.000

Figura 50. Parqueaderos actualmente en funcionamiento ubicados dentro de la zona de influencia.

De lo anterior es posible asegurar la existencia de 12 parqueaderos públicos dentro de la zona de estudio, que, según propietarios, a pesar de su bajo costo y amplio horario de servicio no obtienen la demanda suficiente. Esa apreciación es coherente con los resultados arrojados en la encuesta realizada a las personas que arriban a la zona en su vehículo personal, donde se verificó que no optan por hacer uso de los parqueaderos disponibles, lo contrario, optan por parquear sus vehículos indiscriminadamente en las calles, ocasionando obstrucción en la vía y problemas de congestión.

Por lo tanto, es necesario realizar mantenimiento a las señales horizontales y verticales presentes en la zona, además verificar que donde estén ubicadas sean visibles, y que se encuentren en óptimas condiciones, y dichas adecuaciones deben transmitirse ampliamente mediante campañas de socialización, para que nadie alegue de desconocimiento (Bull, Congestión de tránsito: El problema y como enfrentarlo, 2003).

Es pertinente que los equipamientos objeto de este estudio al ser los principales generados de viaje en la zona de estudio sean los pioneros en realizar estas socializaciones mediante campañas

de divulgación de información y concientización sobre cultura vial, con el fin de promover el uso de los parqueaderos públicos de la zona y de evidenciar los problemas que generan el parqueo sobre el corredor vial, y como esta problemática afecta a toda la comunidad del sector.

5.1 Resultados de la implementación de la alternativa en la zona actual.

Se realiza el modelo de la alternativa de mitigación siguiendo todos los lineamientos utilizados en la modelación de la situación actual, habilitando en el trazado de la malla vial las secciones de carriles afectadas por el estacionamiento sobre el corredor vial.

A continuación, se evidencian los resultados obtenidos al final de la calibración y la validación del modelo en términos de nivel de servicio teórico, con base a la información arrojada por el modelo de micro simulación, teniendo en cuenta la relación volumen/capacidad y el tiempo de demora de los vehículos dentro de la zona. En la “**Tabla 14**” se observa que los corredores viales y sus respectivos niveles de servicio teóricos han tenido una notoria mejoría, teniendo en cuenta los parámetros establecidos anteriormente.

Corredor Vial	Tiempo de Demoras (s/veh)	V/C	Nivel de Servicio
Cl 10 entre Cra 17 y Cra 25	2	0,45	C
Cl 9 entre Cra 17 y Cra 25	17	0,33	C
Cl 7 entre Cra 24 y Cra 25	16	0,18	C
Cra 25 entre Cl 7 y Cl 11	17	0,32	C
Cra 24 entre Cl 7 y Cl 11	11	0,14	B
Cra 22 entre Cl 8 y Cl 9	2	0,05	B
Cra 21 entre Cl 8 y Cl 11	1	0,24	B
Cra 19 entre Cl 8 y Cl 9	1	0,01	B
Cra 18 entre Cl 8 y Cl 11	17	0,50	D
Cra 17 entre Cl 8 y Cl 11	13	0,49	C

Figura 51. Niveles de servicio teóricos en corredores para la situación actual con la implementación de la alternativa de mitigación de efectos negativos.

Los niveles de servicio reales deben calcularse con base a las velocidades verificadas en campo.

En la evaluación de parámetros teóricos que evidencian las características de la zona con la alternativa implementada se observa lo siguiente:

Parámetros	Resultados
Tiempo total de paradas [s]	5993,10
No Total de paradas	12964,60
Tiempo total de Viaje [s]	22094,04
Velocidad Promedio [km/h]	33,83
Demoras totales [s]	8443,20

Figura 52. Parámetros teóricos indicativos del modelo actual con la implementación de la alternativa de mitigación.

Se evidencia que la implementación de la alternativa de mitigación de conflictos, efectivamente realiza mejoramientos de movilidad vehicular en el sector de estudio, ya que se presentan cambios significativos a nivel general de la malla vial como lo es el aumento de la velocidad de viaje y la disminución de parámetros teóricos como número total de paradas y tiempo total de paradas.

Se debe tener en cuenta que las velocidades obtenidas son teóricas, no se verificaron en campo, por lo tanto, en estudios futuros deben verificarse para ajustar los resultados según las velocidades, pero, para los parámetros contemplados los resultados esperados son los obtenidos.

5.2 Comparación de los resultados de la alternativa implementada.

De lo anterior, se plantea una comparación entre la situación real actual y la implementación de la alternativa de mitigación de factores negativos arrojados en el análisis y diagnóstico realizado en el presente proyecto.

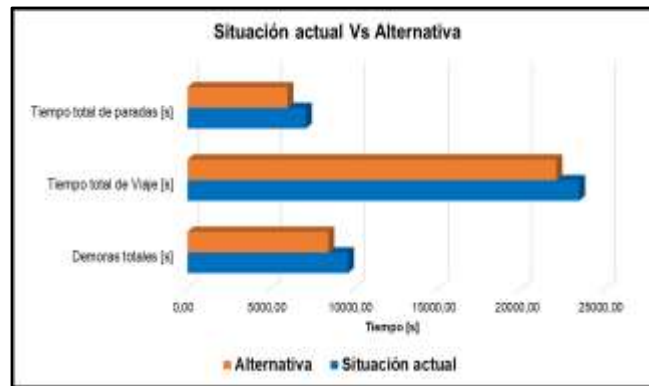


Figura 53. Comparación parámetros teóricos indicativos situación actual vs alternativa de mitigación.

En la “Figura 40” se puede observar como la alternativa mejora el resultado de los parámetros teóricos indicativos como lo son las demoras totales de cada vehículo, el tiempo total de viaje por cada vehículo y el tiempo total en termino de paradas, indicándonos así, que el despeje de los corredores afectados en la zona de estudio aportaría significativamente a la mejora de la movilidad.

Es preciso, realizar una comparación entre ambas posiciones en términos del nivel de servicio teórico, así:

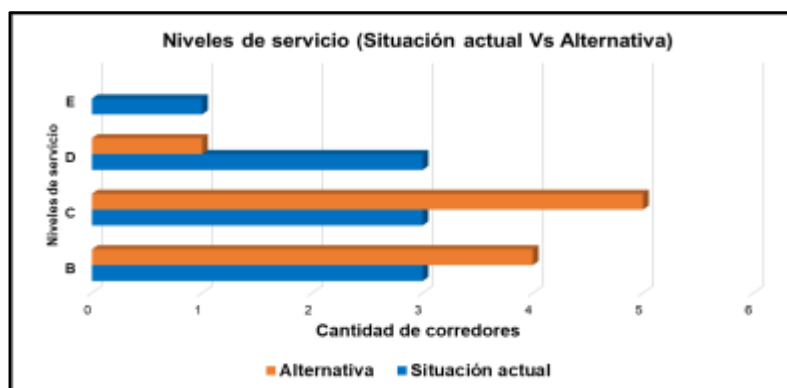


Figura 54. Comparación niveles de servicio situación actual vs alternativa de mitigación.

Respecto a los niveles de servicio teóricos de cada corredor se evidencia una mejor operación de flujo vehicular, al encontrar que los corredores más críticos como la cl 9, cl7, y la cra 21 cambiaron de NS teórico D a NS teórico C, y la cra 18 paso de un NS teórico E a un NS teórico D.

5.3 La información anterior se puede revisar en el Apéndice K.

Análisis de la alternativa de mitigación a corto, mediano y largo plazo.

Posterior a la comparación de la situación actual y la implementación de la alternativa propuesta en la zona, donde se observó una mejoría de movilidad vehicular en términos de niveles de servicio teóricos, se procedió a analizar el comportamiento de la alternativa de mitigación a diferentes intervalos de tiempo. Estos intervalos equivalen a corto, mediano y largo plazo, lo que representan a 1 año, 5 años y 10 años, periodos para los cuales se hizo necesaria la realización de una proyección de los flujos vehiculares. Revisar apéndice G.

Al crear los nuevos escenarios se contempló en el trazado de la malla vial del modelo la ciclorruta planeada para construcción en los corredores viales contenidos dentro de la zona de estudio, calle 9 y carrera 21, la cual tiene un ancho de carril de 2.6 m.

5.4 Proyección de flujo vehicular a corto, mediano y largo plazo.

Para el desarrollo de este ítem, se realizó la apreciación de los volúmenes vehiculares futuros del sector por medio del método de crecimiento de viajes, el cual consiste en relacionar los viajes actuales con una tasa de crecimiento, así:

$$T_i = F_i * t_i \quad (5)$$

$T_i = \text{Viajes futuros del sector } i$

$t_i = \text{Viajes actuales del sector } i$

$F_i = \text{Factor de crecimiento}$

El factor de crecimiento se define como la relación de población y parque automotor actual y futuro, como se observa a continuación:

$$F = \frac{P_i * M_i}{P_o * M_o} \quad (6)$$

Donde P representa a la población y M es el número de motorizados. Los subíndices i referencian los valores del año proyectado, y el subíndice o representa el año de referencia.

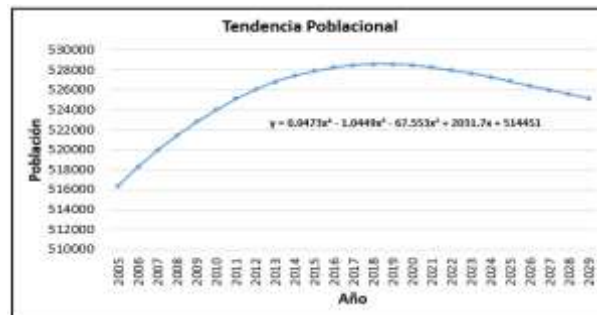


Figura 55. Tendencia poblacional.



Figura 56. Tendencia del parque automotor.

El cálculo de los factores P y M, se basó en un estudio amplio que se encuentra en el **apéndice G**, donde se evidencia el seguimiento realizado al crecimiento poblacional del parque automotor, se siguió la tendencia, y finalmente se halló el factor.

El dato de la población del municipio fue tomado de las proyecciones proporcionadas por el DANE iniciando en el año 2005, y el dato de la motorización se tomó del archivo histórico del parque automotor del área metropolitana de la ciudad obtenido de la Dirección de Transito de Bucaramanga.

La proyección vehicular a corto plazo (al año 2020) arroja un factor de 1.0416, lo cual indica que la matriz vehicular aumentará en un 4.16%. Para mediano plazo (al año 2024) el factor es de 1.208 con lo cual el aumento es del 20.8% y para largo plazo (al año 2029) el factor es de 1.4151, lo que indica que la matriz vehicular se incrementó en un 41.51%.

Estos factores van a multiplicar a las matrices OD en cada modo de transporte, y en su respectivo escenario.

5.5 Resultados en escenarios futuros.

Posterior a la proyección de los flujos vehiculares futuros y a la distribución de la matriz Origen-Destino por modo de transporte se procedió al análisis de los resultados obtenido en el software de micro simulación Aimsun 8.2, como se evidencian de manera tabulado en la “**Tabla 16**” y de manera gráfica en la “**Figura 44**”.

	Situación actual	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Demoras totales [s]	9624,13	8549,33	19408,49	33570,05
Tiempo total de Viaje [s]	23457,87	22105,34	40210,05	61436,41
Tiempo total de paradas [s]	7102,17	6124,23	15910,10	29335,43

Figura 57. Parámetros indicativos teóricos de la alternativa de mitigación a corto, mediano y largo plazo



Figura 58. Análisis de parámetros teóricos indicativos para la alternativa de mitigación implementada a corto, mediano y largo plazo.

Adicional, se identificaron las variaciones en los niveles de servicio teóricos de cada corredor a través del tiempo con la implementación de la alternativa y se observó como a corto y a mediano plazo el NS teórico B predominó.

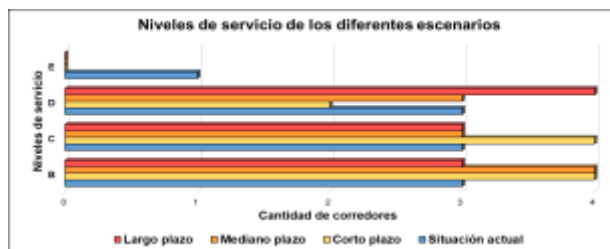


Figura 59. Análisis de niveles de servicio teóricos a corto, mediano y largo plazo.

Con los resultados del modelo de micro simulación se evidencia como la estrategia implementada presenta un óptimo desempeño a corto plazo, pero en los escenarios futuros de

mediano y largo plazo, debido al crecimiento vehicular no tendría viabilidad alguna. La no viabilidad se debe a que se generarían conflictos en la movilidad, al aumentar el tiempo de paradas de los vehículos dentro de la zona, por lo tanto, el tiempo total de viaje y las demoras totales. La información anterior se puede revisar en el Apéndice K.

6. Conclusiones

El diagnóstico del área en estudio permitió identificar problemas de movilidad para el tránsito peatonal relacionados con la invasión de andenes por el comercio informal, estacionamiento de motocicletas y vehículos particulares en calzada y andén y carencia de señalización peatonal ya que sólo el 15% de las señales verticales y 19% de las señales horizontales están destinadas al tránsito peatonal. Lo anterior sumando la presencia de 1401 barreras físicas que obstaculizan el tránsito de peatones en 6 km de vía contenidos en la zona de influencia, en especial de las personas con movilidad reducida.

La señalización horizontal y vertical permiten una óptima organización del tráfico, sin embargo, en la zona en estudio se encontró que las condiciones en las que se encuentran están afectando el comportamiento del mismo; de las 218 señales horizontales presentes 31% se encuentra en estado regular o malo, y de las 67 señales verticales el 23% están con algún tipo de deterioro.

En cuanto a las rampas que están destinadas para el acceso de personas con movilidad reducida, un 74% no están cumpliendo con las dimensiones establecidas por la norma NTC 4143 de accesibilidad al medio físico y el Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga; por lo general

se debe a que sobrepasan la pendiente máxima establecida correspondiente al 12%, por lo cual es preciso realizar un inventario más específico que clasifique las rampas en el sector con viabilidad de reparación y se defina cuales deben reconstruirse para garantizar la movilidad del peaton en el sector.

Al actualizar los aforos vehiculares de la interseccion calle 9 con carrera 17 fue posible conocer el crecimiento de todos los modos de transportes que es del 74% entre los años 2017 y 2019, producto de la cercanía de establecimientos comerciales como panaderías, papelerías o tiendas, estación de Metrolínea y universidades, como la UDI y la UIS.

Con el análisis de volúmenes peatonales obtenidos del proyecto de investigación “Análisis de la implementación de un corredor peatonal en el sector educativo calle 9 entre carreras 27 y 18 en Bucaramanga Santander”, se encontró que en el sector existe un alto transito de peatones a causa de los equipamientos universitarios objetos de este estudio, donde se registró un tránsito de 26891 peatones en el intervalo de 6:00-17:30 horas, evidenciando de esta forma y con referencia a la Guía Práctica de la Movilidad Peatonal Urbana y al Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, que la infraestructura peatonal existente presenta un déficit para abarcar la alta demanda peatonal.

El análisis de la modelación del tráfico actual de la zona en estudio, muestra que se presentan bajos niveles de servicios teóricos en corredores importantes como las calles 9 y 10 y las carreras 17, 18. Según este análisis teórico, las mejores condiciones de movilidad se presentan en la carreras 21 con un nivel de servicio teórico B, que se deriva de las buenas condiciones geométricas de la vía, el estado de señalización, entre otros. El peor escenario se da en la calle 9 y en la carrera 18, con un nivel de servicio teórico D y E respectivamente, a causa de los altos volúmenes vehiculares que se dan por la cercanía a importantes instituciones educativas.

En la situación actual, no se tuvo en cuenta como estrategia inmediata de solución la semaforización, dado que los flujos en todas las intersecciones de la zona no cumplían con las condiciones para semaforizar, establecidos en el manual de señalización vial, y en el HCM.

Se observa que para la situación actual y a corto plazo la alternativa presenta resultados satisfactorios con un mejor desempeño en cuanto a tiempos de viajes, tiempos de paradas y demoras que la situación actual sin intervención, mientras que para mediano y largo plazo la alternativa debería ser complementada con estrategias adecuadas que suplan las exigencias del flujo vehicular en el sector.

Al final de esta investigación es preciso resaltar que la congestión es un problema de gran extensión y contundencia, el cual es difícil de erradicar solo empleando medidas unilaterales o erráticas. Por el contrario, para lograr mantenerla bajo control y asegurar un mínimo de sostenibilidad de los niveles de vida urbanos, es vital realizar un esfuerzo multidisciplinario, que incluya el mejoramiento de los hábitos de conducción, la provisión de mejor infraestructura (manejo de la oferta) y medidas de gestión de tránsito (manejo de la demanda).

7. Recomendaciones

Debido a que las condiciones de las señales de la zona de influencia están afectando el comportamiento vehicular y peatonal, se sugiere reparar las señales afectadas reforzando su pintura y ubicación para garantizar su visibilidad, de tal manera que cumpla con los requerimientos vigentes y aporte a la mejoría de la organización de la movilidad.

Al proyectar la situación actual, por medio de los resultados obtenidos en la micro simulación se determinó que a mediano y largo plazo se presentará un gran crecimiento del parque automotor que sumado a la nueva construcción de la ciclorruta disminuirán la capacidad de servicio de los corredores de la zona de influencia, siendo oportuna la semaforización de intersecciones como la carrera 17 con calle 9, la carrera 18 con calle 10, y la carrera 21, por lo tanto, se recomienda realizar un estudio técnico en estos intervalos de tiempo que incluya la realización de conteos peatonales y vehiculares de todos los giros de las intersecciones nombradas para determinar su posible semaforización.

Se recomienda con el fin de fortalecer los resultados obtenidos en esta investigación, que se realice mediante un trabajo de campo la toma de las velocidades reales del sector en estudio, y posteriormente se incluya este parámetro en la calibración del modelo del mismo para ajustar a la realidad los resultados que referencian la capacidad del servicio de los corredores, arrojados por el software.

Se sugiere que en caso de ejecución de la estrategia planteada no debe perderse de vista que se debe hacer seguimiento y evaluación ya que se pueden generar repercusiones en otros aspectos de la circulación vehicular, los cuales deben anticiparse para prevenir efectos negativos.

Se recomienda que se implementen campañas pedagógicas que concienticen a las personas de la zona afectada sobre la importancia de dar uso a los parqueaderos públicos y motiven al uso del mismo. Asimismo, que los propietarios de los parqueaderos den a conocer su servicio por medio de redes sociales o uso de volantes informativos.

Referencias Bibliográficas

- Bull, A. (2001). Medidas de Control de la Congestión de tránsito. *Boletín facilitación del comercio y el transporte en américa latina y el caribe.*, 1(182), 2-8.
- Bull, A. (2003). *Congestión de transito: El problema y como enfrentarlo*. Santiago de Chile : CEPAL.
- Castañeda, M., & Durán, M. A. (2019). *Análisis de la implementación de un corredor peatonal en el sector educativo calle 9 entre carreras 27 y 18 En Bucaramanga Santander - caso de estudio Bucaramanga. Trabajo de grado de Ingeniería Civil*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico mecánicas.
- CETMO. (2012). *Tarificaciòn vial: Aspectos clave y situaciòn en diversos païses*.
- Consejo Municipal de Bucaramanga. (2006). *Acuerdo 065 de 2006*.
- Cordero, L. F. (2014). La movilidad sostenible en campus universitarios: Una comparación de las mejores prácticas en Estados Unidos y Europa. Aplicabilidad en Universidades venezolanas. *Revista de la facultad de Ingenierias U.C.V.*, 29(2), 23-40.
- Council, N. R. (s.f.). *Highway Capacity Manual 2000*. TRB.
- Gakenheimer, R. (1998). Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo. *Departamento de estudios Urbanos y Planificación, Instituto Tecnológico de Massacgusetts.*, 24(72), 33-52.
- Granda Tola, C. F., & Martínez Ulloa, I. P. (2017). *Analisis de tráfico en las principales intersecciones del área de influencia de Universidad del Azuay*". Cuenca, Ecuador.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.-ICONTEC. (2005). Norma Técnica Colombiana NTC 4279, Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, Espacios Urbanos y Rurales. Vías de Circulación peatonales horizontales. Bogotá.

Instituto Colombianos de Normas Tecnicas y Certificación-ICONTEC. (2009). 4143, *Norma Técnica Colombiana-NTCAccesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos, Rampas fijas adecuadas y básicas*. Bogotá: ICONTEC.

Ministerio de Educación. (s.f.). *SNIES-Sistema nacional de información de la Educación Superior*. Recuperado el 12 de Mayo de 2019, de <https://www.mineduacion.gov.co/sistemasinfo/Informacion-a-la-mano/212400:Estadisticas>.

Ministerio de Transporte. (2005). *Norma Técnica Colombiana NTC 4279 “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, Espacios Urbanos y Rurales. Vías de Circulación peatonales horizontales”*. Bogotá.

Ministerio de Transporte. (2009). *Norma Técnica de Transporte NTC 4143 “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos, Rampas fijas adecuadas y básicas*. Bogotá.

Ministerio de Transporte. (2015). Generalidades de las señales verticales. En *Manual de señalización vial* (págs. 17-30).

Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de señalización vial Demarcaciones - Señales Horizontales*.

Ministerio de Transporte, I. N. (2006). Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras. En *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. (págs. 1-65). Bogotá.

Ministerio de Transporte, I. N. (2006). Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. En *Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras*. (págs. 2-56). Bogotá.

Orozco, J. O., & Bejarano, T. I. (2016). *ZER Propuesta para la implementación de zonas de estacionamiento regulado en el municipio de palmira*. Cali, Valle del Cauca.

Porras Diaz, H., & Otros. (2010-2030). Plan Maestro de Movilidad. 92.

Sánchez, J. M. (2012). Capacidad y Nivel de servicio. En *Analisis de Capacidad y niveles de servicio de segmentos basicos de autopistas, segmentos trazados, y rampas de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 aplicando mathCad*. (págs. 1-8). Mexico.

Secretaria de Planeación. (2014). *Estacionamiento den vias, Plan de ordenamiento territorial de Bucaramana Segunda Generación 2013-2027*, pp. 88. Bucaramanga.

Secretaria de Planeación. (2013). Ficha normativa F-10, Perfiles Viales. En *Plan de ordenamiento territorial de segunda generación 2013-2027*. (pág. Plancha 5/6). Bucaramanga.

Secretaria de Planeación. (2014). *Corredores con futura implentación de ciclo ruta. Plan de Ordenamiento territorial de Bucaramana Segunda Generación 2013-2027*. pp 130. Bucaramanga.

Secretaria de Planeación Bucaramanga. (2014). *Corredores viales con plan de mejoramiento. Plan de ordenamiento territorial. Segunda Generación 2013-2027*. pp 126. Bucaramanga.

Secretaria de planeación municipal. (2013). Zonas Normativas. En *Plan de ordenamiento territorial de segunda genración 2013-2027*. Bucaramanga.

Tobar, C. M. (2014). *Guia de uso de Aimsun 8.02 para análisis microscopico, mesoscopico, hibrido y macriscopico*. Cuenca.

Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital*, 2(1), 143-162.