

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN DE
MOVILIDAD DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA PLAZA SAN FRANCISCO EN
EL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA.

BRANDON STEVEN ARIZA PINZÓN
JORGE IVÁN HERNÁNDEZ DELGADO

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

2019

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN DE
MOVILIDAD DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA PLAZA SAN FRANCISCO EN
EL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA.

BRANDON STEVEN ARIZA PINZÓN
JORGE IVÁN HERNÁNDEZ DELGADO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR
JHON JAIRO CÁCERES JIMÉNEZ
Ph.D. INGENIERÍA CIVIL Y COSTERA

CODIRECTOR
NELSON DEIWER BAZA SOLARES
INGENIERO CIVIL

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

2019

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	17
2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	18
2.1. UBICACIÓN	18
2.1.1. Accidentalidad en la zona	19
2.1.2. Zona de Influencia	20
2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MALLA VIAL	21
2.2.1. Jerarquización vial	21
2.2.2. Infraestructura vial	22
2.2.3. Estado del pavimento	24
2.2.4. Andenes y Rampas	26
2.2.5. Señalización	29
2.2.6. Aforos Vehiculares	32
2.3. INVENTARIO DE RUTAS DE TRANSPORTE.....	37
2.4. POBLACIÓN	39
2.5. ENCUESTAS DE PERCEPCIÓN DE LA MOVILIDAD	40
2.5.1. Resultados de las encuestas aplicadas a vendedores	41
2.5.2. Resultados de las encuestas aplicadas a compradores	42
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	45
3.1. CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL MODELO	45

3.2. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.	46
3.3. CONSIDERACIONES ESPECIALES	47
3.4. RESULTADOS DEL MODELO DE MICROSIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	48
 4. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS DE MOVILIDAD IDENTIFICADAS	51
4.1. ESTRATEGIAS EN PUNTOS ATRACTORES DE VIAJES	51
4.1.1. Aprovechamiento del urbanismo con base en la actividad comercial	51
4.1.2. Sistema de beneficios para incentivar el uso del transporte público	52
4.1.3. Estacionamiento rotativo tarifado	53
4.1.4. Contexto local	54
4.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTA PARA LA ZONA DE ESTUDIO	56
4.2.1. Alternativa 1: Semaforización y adecuación de los sentidos viales	56
4.2.2. Alternativa 2: Adecuación de los sentidos viales	57
4.2.3. Alternativa 3: Organización y despeje de la infraestructura	57
 5. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ALTERNATIVA ESTUDIADA	59
5.1. RESULTADOS DEL MODELO DE MICROSIMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA	59
5.2. PROYECCIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS	60
5.2.1. Proyección de volúmenes vehiculares	60

5.2.2. Resultados del desempeño de la alternativa a corto, mediano y largo plazo	62
5.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESCENARIO ACTUAL CON LA ALTERNATIVA ESTUDIADA	62
6. CONCLUSIONES.....	64
7. RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sector en estudio.	19
Figura 2. Puntos críticos de accidentalidad.	20
Figura 3. Zona de influencia del proyecto.	21
Figura 4. Clasificación de la malla vial de la zona de influencia.	22
Figura 5. Ancho de Calzada.	24
Figura 6. Localización de daños en pavimento flexible.	25
Figura 7. Daños en pavimento flexible.	26
Figura 8. Material de los andenes.	27
Figura 9. Ancho de los andenes.	27
Figura 10. Alto de los andenes.	28
Figura 11. Estado de los andenes.	28
Figura 12. Rampas.	29
Figura 13. Tipificación del estado de las señales.	30
Figura 14. Localización de las señales horizontales.	30
Figura 15. Estado de las señales horizontales.	31
Figura 16. Localización de las señales verticales.	31
Figura 17. Tipo de señales verticales.	32
Figura 18. Estado de las señales verticales.	32
Figura 19. Puntos de Aforo Vehicular.	33
Figura 20. Codificación de movimientos viales norma Rilsa.	34
Figura 21. Distribución horaria de vehículos equivalentes día típico.	36
Figura 22. Distribución Modal día típico.	36
Figura 23. Distribución horaria de vehículos equivalentes día atípico.	37
Figura 24. Distribución Modal día Atípico.	37
Figura 25. Uso de los estacionamientos en vendedores.	42
Figura 26. Percepción de los motivos de la problemática actual de movilidad.	42
Figura 27. Uso de los estacionamientos en compradores.	43
Figura 28. Factores que impiden el uso de los parqueaderos.	44

Figura 29. Tiempo de uso de los estacionamientos.	44
Figura 30. Trazado de la malla vial, situación actual.	46
Figura 31. Mercado de Santa Caterina-Barcelona.	52
Figura 32. Plaza Markthal-Rotterdam.	52
Figura 33. Parque Nacional Yorkshire Dales.	53
Figura 34. Señal Indicativa de estacionamiento tarifado en Cali.	54
Figura 35. Centro de reubicación de vendedores informales en Bucaramanga. ..	55
Figura 36. Intersección semaforizada	56
Figura 37. Resultados de la situación actual vs. la alternativa.	63
Figura 38. Niveles de servicio para los corredores evaluados.	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Perfiles viales proyectados.	23
Tabla 2. Estado actual del pavimento de la Calle 12 con Carrera 23.	25
Tabla 3. Factores de equivalencia	35
Tabla 4. Rutas de transporte público en el sector.	38
Tabla 5. Crecimiento Anual.....	39
Tabla 6. Tamaño de la población y número de encuestas	41
Tabla 7. Resultados de validación	47
Tabla 8. Corredores viales con ciclorruta proyectada.....	48
Tabla 9. Corredores viales con mejoramiento de andén proyectado	48
Tabla 10. Resultados situación actual	49
Tabla 11. Niveles de Servicio de los corredores evaluados	50
Tabla 12. Resultados de la alternativa propuesta.....	59
Tabla 13. Niveles de Servicio de los corredores evaluados con la implementación de la alternativa	60
Tabla 14. Resultados de la alternativa en el tiempo vs. Situación Actual.....	62

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Perfiles Viales.

ANEXO B. Daños en el pavimento flexible y rígido.

ANEXO C. Estado de los andenes y rampas.

ANEXO D. Señalización Horizontal y Vertical.

ANEXO E. Aforos Vehiculares

ANEXO F. Encuestas de percepción de la movilidad

ANEXO G. Validación del modelo de microsimulación

ANEXO H. Proyecciones Vehiculares.

Los anexos están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS.

RESUMEN

TÍTULO: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA PLAZA SAN FRANCISCO EN EL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA.*

AUTORES: BRANDON STEVEN ARIZA PINZÓN
JORGE IVÁN HERNÁNDEZ DELGADO**

PALABRAS CLAVE: Aimsun, Alternativas, Diagnóstico, Microsimulación, Movilidad, Plaza de mercado.

Las plazas de mercado son equipamientos urbanos que debido a su actividad comercial generan una gran atracción de viajes, siendo propensas a presentar altas tasas de congestión y obstrucciones en la movilidad tanto peatonal como vehicular dentro de sus zonas de influencia. Esta problemática se acrecienta más si la infraestructura vial existente dentro y fuera de la zona de influencia de este tipo de equipamientos no presenta las características y el estado adecuados para recibir la cantidad de viajes que se atraen diariamente. Un ejemplo claro de esta problemática se encuentra en la plaza de mercado de San Francisco ubicada en la zona norte de la ciudad de Bucaramanga y que en los últimos años se ha visto gravemente afectada en temas de movilidad. Es así como en el presente proyecto de investigación se plantea la evaluación de los principales conflictos de movilidad existentes alrededor de este equipamiento de la ciudad de Bucaramanga con el fin de implementar estrategias que mitiguen las problemáticas existentes y se ofrezca a los usuarios una mejor experiencia al momento de ir a este sector de la ciudad. Con base en información obtenida en campo, toma de aforos vehiculares, caracterización de la malla vial, aplicación de encuestas y una revisión de información secundaria se identificaron las diferentes problemáticas de movilidad en el sector. Posteriormente mediante un análisis basado en micro simulación mediante uso de herramientas de modelos de transporte se proponen estrategias de mitigación que deriven en posibles escenarios de mejoramiento. Finalmente, se realiza un análisis comparativo entre cada una de las alternativas propuestas y la situación actual, evaluando el desempeño de la alternativa para un horizonte de 1, 5 y 10 años y definiendo indicadores de transporte acordes con las características particulares de la zona.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Jhon Jairo Cáceres Jiménez, Doctor en Ingeniería Civil y Costera. Codirector: Nelson Deiwer Baza Solares, Ingeniero Civil.

ABSTRACT

TITLE: DIAGNOSIS OF THE CURRENT SITUATION AND PROPOSED SOLUTION OF MOBILITY OF THE INFLUENCE AREA OF PLAZA SAN FRANCISCO IN THE MUNICIPALITY OF BUCARAMANGA.*

AUTHORS: BRANDON STEVEN ARIZA PINZÓN
JORGE IVÁN HERNÁNDEZ DELGADO**

KEYWORDS: Aimsun, Alternatives, Diagnosis, Marketplace, Microsimulation, Mobility.

Market places are urban facilities that, due to their commercial activity, generate a great attraction of trips, being prone to present high congestion rates and obstructions in both pedestrian and vehicular mobility within their areas of influence. This problem is further increased if the existing road infrastructure inside and outside the area of influence of this type of equipment does not have the appropriate characteristics and status to receive the number of trips that are attracted daily. A clear example of this problem is in the market square of San Francisco located in the north of the city of Bucaramanga and that in recent years has been severely affected in mobility issues. Thus, in this research project, the evaluation of the main mobility conflicts around this equipment in the city of Bucaramanga is proposed in order to implement strategies that mitigate existing problems and offer users a better experience in Time to go to this sector of the city. Based on information obtained in the field, vehicle capacity capture, road network characterization, application of surveys and a review of secondary information, the different mobility problems in the sector were identified. Subsequently, through an analysis based on micro simulation using transport model tools, mitigation strategies are proposed that result in possible improvement scenarios. Finally, a comparative analysis is carried out between each of the proposed alternatives and the current situation, evaluating the performance of the alternative for a horizon of 1, 5 and 10 years and defining transport indicators according to the characteristics of the area.

*Graduation project

**Physical-mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering Department. Director: Jhon Jairo Cáceres Jiménez, Ph.D. Civil and Coastal Engineering. Codirector: Nelson Deiwer Baza Solares, Civil Engineer.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional en el país se ha condensado principalmente en las ciudades, de forma que en los últimos diez años, la población colombiana se ha caracterizado por ser principalmente urbana (DANE, 2016). Bucaramanga no es ajena a esta problemática, siendo el quinto centro urbano más destacado del país (Gerson, 2014) la ciudad se ha densificado albergando mayor cantidad de habitantes en una misma área. Sin embargo, este crecimiento no se ha reflejado proporcionalmente en su infraestructura, lo que ha generado deficiencias en el espacio público y la infraestructura vial existente, las cuales se someten día a día a el aumento en la demanda de los flujos vehiculares, peatonales y en la demanda de estacionamientos, que se hacen cada día más escasos (Hermann Geraldine, 2010).

El presente proyecto de investigación busca plantear una propuesta de solución que contribuya con la mitigación de los conflictos de movilidad existentes en una zona de la ciudad de Bucaramanga donde las problemáticas anteriormente mencionadas son evidentes. Este sector corresponde al área de influencia de la Plaza de Mercado de San Francisco ubicada en la zona Norte del casco urbano de la ciudad de Bucaramanga.

Durante el desarrollo de este trabajo se hizo una caracterización de la zona de influencia que permitió conocer las condiciones de operación y funcionalidad de la infraestructura vial con el fin de dar un diagnóstico de la situación actual que permita evidenciar el comportamiento de la movilidad y establecer las principales características del sistema vial. Se plantearon posibles estrategias examinadas dentro de un contexto global y local que pueden complementar la propuesta de solución según las características específicas de la zona de estudio. Adicionalmente se realizaron modelos de microsimulación que representan de manera clara la situación actual de transporte en la zona, con el objetivo de recolectar datos relevantes de movilidad tales como tiempos de viaje, número de paradas, tiempos

totales de paradas, demoras totales y niveles de servicio para un posterior análisis y comparación de resultados con la propuesta planteada junto con los posibles escenarios futuros que den lugar en el corto, mediano y largo plazo.

1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La falta de planeación, junto con la carente infraestructura vial, el deterioro que presentan las vías, la mala semaforización y la constante invasión del espacio público han generado que haya una movilidad “insostenible” en la ciudad de Bucaramanga (“Un estudio advierte que el caos vial tiende a empeorar en Bucaramanga | Vanguardia.com,” n.d.).

El aumento del parque automotor también se ve reflejado en los equipamientos urbanos de la ciudad, entre ellos las plazas de mercado, que por su variedad de servicios normalmente presentan una alta concentración de servicios en su zona de influencia. Es común encontrar en este tipo de equipamientos poco control por parte de las autoridades de tránsito y el desarrollo de las actividades de forma desordenada, invasión del espacio público por parte de vendedores ambulantes y el parqueo sobre la vía (Chaves Tapias & Silva Rueda, 2017). Además de la ausencia de infraestructura especial requerida para el cargue y descargue de la mercancía la cual se reglamenta en horarios que suelen ser desobedecidos.

La movilidad es un caos en los alrededores de los centros de acopio de Bucaramanga ya que estos se encuentran invadidos de ventas ambulantes, de motocicletas y carros mal parqueados, de basura sin recoger, de transportadores ilegales y, en general, registran un desorden vial los cuales obstruyen la circulación tanto vehicular como peatonal (“El caos rodea las plazas de mercado de Bucaramanga | Vanguardia.com,” n.d.).

Siendo las plazas de mercado importantes centros atractores y generadores de viajes, es imperativo que los sistemas de tránsito y transporte brinden un adecuado funcionamiento para satisfacer la demanda de los usuarios con unos niveles de servicio eficientes.

2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La caracterización geométrica y operativa de la zona de estudio se llevó a cabo inicialmente mediante información secundaria y una visita preliminar del sector. Una vez se establecieron las características generales del sector en estudio, se definieron actividades de campo que permitieran delimitar la zona de influencia directa e identificar las principales vías del sector, así como definir la geometría, perfiles viales, estado de los andenes y calzadas, señalización horizontal, señalización vertical, inventario de rutas de transporte e identificación de volúmenes vehiculares en días típicos y atípicos en el sector en estudio.

2.1. UBICACIÓN

El sector en estudio se encuentra ubicado en la comuna 3 San Francisco, norte del municipio de Bucaramanga en el departamento de Santander. Las vías que comprenden la zona de estudio conectan al oriente con la carrera 27, al norte con el sector de universidades, al sur con el sector comercial San Francisco, y al occidente con la carrera 15, además importantes corredores como el Bulevar Bolívar Bulevar Santander y la calle 9; otros equipamientos cercanos son el parque San Francisco, el Estadio Alfonso López, la Universidad Industrial de Santander , el Instituto Tecnológico Dámaso Zapata y la estación UIS del sistema integrado de transporte masivo Metrolínea.

En la figura 1 se muestra la ubicación del sector en estudio.

Figura 1. Ubicación del sector en estudio.



2.1.1. Accidentalidad en la zona. La mala organización del espacio público y los problemas de movilidad que se presentan a su causa pueden ocasionar que los usuarios de la vía se vean propensos a sufrir de accidentes los cuales pueden llegar a ser incluso fatales. Debido a los conflictos de movilidad que se encuentran en el sector, la accidentalidad es un factor clave para una la caracterización de la zona de estudio.

Según los registros del observatorio de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, se definen los puntos de accidentalidad en los tramos aledaños a la Plaza San Francisco en la ciudad de Bucaramanga.

En la figura 2 se muestran los puntos críticos de accidentalidad de la zona.

Figura 2. Puntos críticos de accidentalidad.



2.1.2. Zona de Influencia. La zona de influencia fue definida con base en el reconocimiento previo del sector en estudio, observando hasta que puntos se concentraban la actividad comercial referente a la plaza de mercado, los vendedores informales, los vehículos estacionados sobre la vía y las colas de carros ocasionadas por la congestión en la zona. Se estableció la zona delimitada de norte a sur desde la calle 11 hasta la calle 14 y de oriente a occidente desde la carrera 24 hasta la carrera 21, cubriendo un área total de 80.610m^2 . En la figura 3 se observa el área comprendida entre las calles y las carreras mencionadas.

Figura 3. Zona de influencia del proyecto.



2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MALLA VIAL

La caracterización de la malla vial permitió evidenciar de manera detallada el estado en que se encuentran actualmente los perfiles viales, la infraestructura peatonal, los accesos para las personas en situación de discapacidad, la señalización y la operatividad vehicular, evidenciando las causas de los conflictos de movilidad en que se ven involucrados los usuarios de las vías del sector.

2.2.1. Jerarquización vial. La jerarquía de las vías es importante ya que permite conocer la capacidad de un corredor vial, su velocidad límite, el tipo de vehículo que puede circular en él, en la ciudad de Bucaramanga esta clasificación se encuentra en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT); la malla vial existente en la zona de influencia se encuentra conformada por vías arterias secundarias, arterias terciarias, vías locales nivel 1 y vías locales nivel 2. En la figura 4 se observa la clasificación de las vías de la zona de influencia:

Figura 4. Clasificación de la malla vial de la zona de influencia.



Además de los expuesto anteriormente, se realizó un levantamiento por medio de un drone que permitió obtener una ortomosaico, con el cual se pudo identificar algunas de las características relacionadas con el perfil vial, la señalización y el estado del pavimento. Posteriormente se verificó la información consignada en campo, mediante un operativo de levantamiento de información en el cual se identificaron las principales configuraciones geométricas, se registraron las medidas de ancho de calzada, ancho de carril, número de carriles, ancho, altura de separador, daño del pavimento, entre otros.

2.2.2. Infraestructura vial. Como parte de la caracterización realizada, se verificaron los perfiles viales normativos presentes en las zonas de estudio. La verificación consistió en una comparación de los perfiles que se contemplan en el POT con los existentes en la zona de estudio con el fin de determinar si las dimensiones existentes cumplen con lo proyectado en la normatividad vigente. En la tabla 1 se muestran los perfiles viales proyectados de acuerdo con la ficha F-10 comprendida en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) (POT Alcaldía de Bucaramanga, n.d.). Ver Anexo A.

Tabla 1. Perfiles viales proyectados.

PERFILES VIALES PROYECTADOS					
TIPO PERFIL	Perfil 15.00 F	Perfil 17.00 A	Perfil 17.00 B	Perfil 19.00 A	Perfil 20.50 A
Ejes Viales	Cll.11 Cll.12 Cll.12A Cra.23 Cra.24	Cra.22	Cll.14	Cra.21	Cll.13
Calzada (m)	7.00	9.00	7.00	9.60	10.50
No. Carril	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
No. Calzadas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Separador (m)	-	-	-	-	-
Franja Circulación (m)	2.60	2.60	3.40	3.00	3.00
Franja Ambiental (m)	1.40	1.40	1.60	1.70	2.00
Ciclorruta (m)	-	-	-	-	-

Fuente: Tomada de perfiles viales, POT, Municipio de Bucaramanga 2014-2027.

Se encontró que gran parte de los perfiles viales la calzada, se encontró que el 33% de los tramos viales no cumplen con el ancho mínimo requerido.

Figura 5. Ancho de Calzada.



2.2.3. Estado del pavimento. Con base en el levantamiento de información realizado, se determinó que existe infraestructura vial con daños que puede afectar el normal funcionamiento de movilidad de la zona en estudio. Por tal razón y con el fin de determinar el estado real de la infraestructura del sector, se clasificaron las fallas en el pavimento tomando como referencia el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (INVIAS, 2006a) y el manual de inspección visual de pavimentos rígidos (INVIAS, 2006b). Las vías presentan deterioro como: fisuras, baches, parches, descascaramiento, piel de cocodrilo entre otras.

En la tabla 2 se presenta como ejemplo, la descripción del estado en el que se encuentra la intersección de la Calle 12 con Carrera 23, evidenciando el deterioro que esta posee, los demás registros se encuentran en el inventario de estado del pavimento. Ver Anexo B.

Tabla 2. Estado actual del pavimento de la Calle 12 con Carrera 23.

Calle 12 con Carrera 23	
	Observaciones
	En esta intersección se observa el deterioro del pavimento flexible, presentando fisuras transversales, descascaramiento y baches.

Se identificaron 169 daños en el pavimento flexible de la zona de estudio; el corredor más afectado por daños en el pavimento es la Calle 12, en la figura 6 se muestra la localización de cada uno de ellos y su severidad.

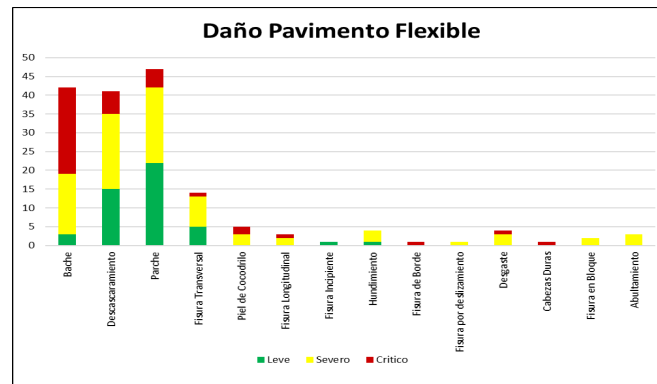
Figura 6. Localización de daños en pavimento flexible.



De los daños encontrados se evidenció que el 77% de los daños corresponden a daños de tipo parche (28%), descascaramiento (24%) y baches (25%), siendo estos

últimos los que más dificultan el tránsito de los vehículos ya que el 55% se encuentran en estado crítico.

Figura 7. Daños en pavimento flexible.

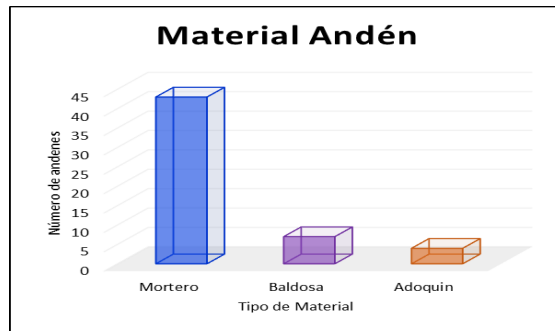


El único corredor vial dentro de la zona de influencia que posee pavimento rígido es la Calle 11, esta solo presenta tres daños tipificados como descascaramiento con una severidad leve a la altura de la Carrera 23.

2.2.4. Andenes y Rampas. Durante el levantamiento de campo se realizaron las actividades necesarias para conocer el estado actual de la infraestructura peatonal y la accesibilidad al medio físico de la zona de estudio, dichas actividades comprenden mediciones de altura, ancho y largo, además del tipo de material de los andenes y estado de estos. Adicionalmente se realizó un registro de los obstáculos presentes a lo largo de la infraestructura peatonal, tales como árboles, bancas y postes. Para las rampas de acceso, se tomaron medidas de largo, ancho y alto con lo cual se puede verificar las dimensiones y la pendiente de las rampas de acceso para personas en situación de discapacidad y establecer si cumplen con lo dispuesto en la norma técnica colombiana (Documentación, MENDOZA SUÁREZ Viceveedor Distrital, & ARMANDO GIL TOVAR Veedor Distrital Delegado para la Eficiencia Administrativa Presupuestal, n.d.). El resultado del levantamiento se encuentra en el Anexo C.

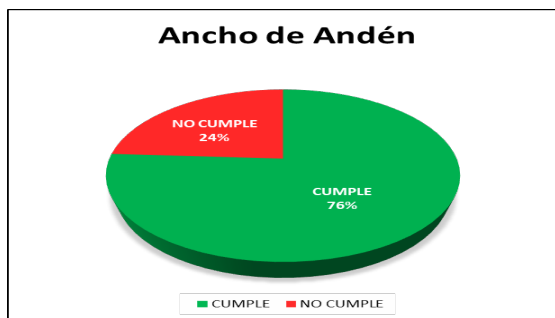
En el levantamiento de andenes, se encontró que el material de estos está distribuido de la siguiente manera: el 80% de los andenes están hechos en mortero, el 13% son baldosas y el 7% restante es de adoquín.

Figura 8. Material de los andenes.



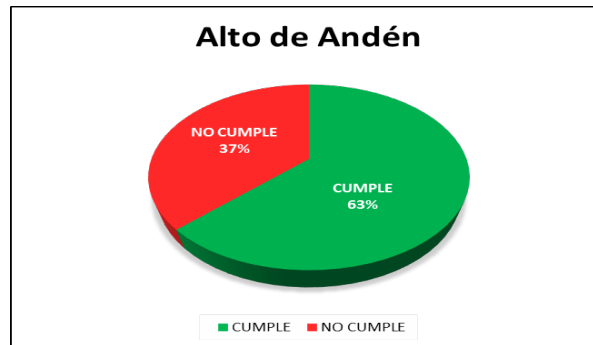
Adicionalmente se encontró que de los 54 tramos de andén que hay en la zona de influencia, el 24% no cumple con las dimensiones mínimas establecidas en el POT.

Figura 9. Ancho de los andenes.



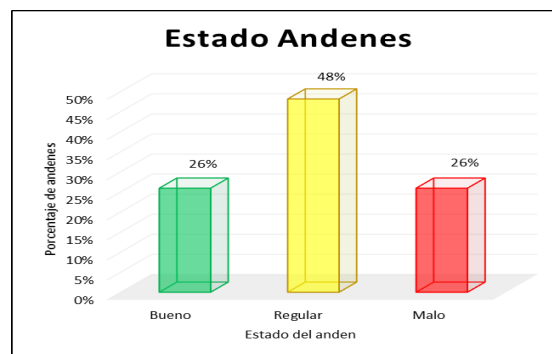
Por otra parte, para el alto de los andenes se determinó que el 37% de los andes no está cumpliendo con lo estipulado en el Plan de Ordenamiento Territorial para la diferencia de altura entre la calzada y andén.

Figura 10. Alto de los andenes.



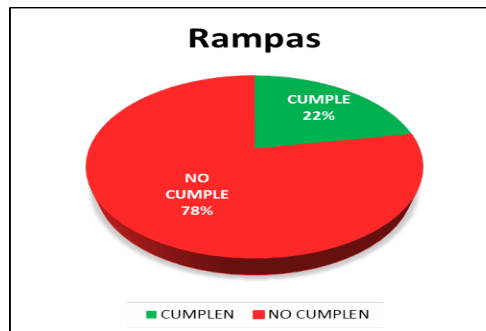
Uno de los aspectos importantes en el levantamiento de andenes fue el estado de estos, para ello se determinó como bueno aquellos que se encontraran en óptimas condiciones para el tránsito de peatones, regular aquellos que tienen tramos con algún deterioro, y malo aquellos que están en deterioro eminente dificultando el tránsito peatonal. En la figura 11 se muestra el porcentaje de andenes según su estado.

Figura 11. Estado de los andenes.



Para el caso de las rampas solo se encontraron nueve en el sector en estudio considerando que en cada esquina debe existir por lo menos una rampa para un adecuado acceso al medio físico se observa que hay un déficit considerable. De las nueve rampas tan sólo dos rampas (22%) cumplen con las dimensiones establecidas por la norma NTC 4143, principalmente debido a que superan la pendiente máxima permitida.

Figura 12. Rampas.



2.2.5. Señalización. Con base en lo establecido en el manual de señalización vial (Ministerio de Transporte, 2015) se llevó a cabo un inventario de la señalización vertical, de acuerdo a su clasificación: reglamentarias, preventivas, transitorias e informativas; se estableció una codificación para el sentido de las señales donde A representa los sentidos Sur y Este, B corresponde a Norte y Oeste; y el estado actual de las, mismas en bueno, regular y malo, donde bueno representa un tablero, letras y pintura en perfecto estado, regular, las señales con algún desgaste y malo aquellas que no son legibles. Además, se hizo registro de distancias A, B, C que corresponden a la altura del tablero, separación entre calzada y la señal y el ancho del sendero peatonal respectivamente. Para las señales horizontales se tomaron medidas correspondientes a cada dimensión y se clasificó su estado en bueno, regular y malo, donde bueno representa aquellas señales que su pintura está en buen estado, regular aquellas que tienen deterioros o desgastes parciales de pintura y malo aquellas que no son legibles. Los resultados del inventario de la señalización se muestran en el anexo D. En la figura 13 se observa la codificación de señales según su estado (bueno, regular y malo).

Figura 13. Tipificación del estado de las señales.



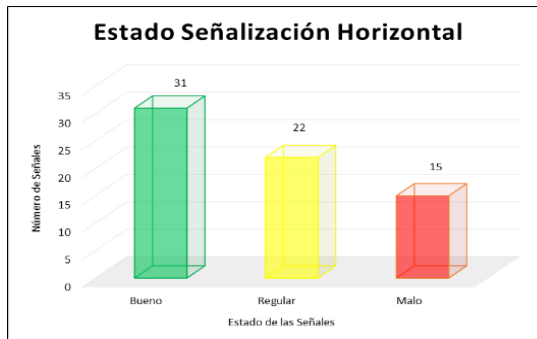
Se encontraron 68 señales horizontales en el sector de estudio a las cuales se les realizó su respectiva clasificación y calificación, adicionalmente se realizó su georreferenciación como se muestra se muestra en la figura 14.

Figura 14. Localización de las señales horizontales.



Del total de las señales horizontales existentes, un 46% estaba en estado bueno, el 32% se encontraba en estado regular y el 22% restante están en mal estado

Figura 15. Estado de las señales horizontales.



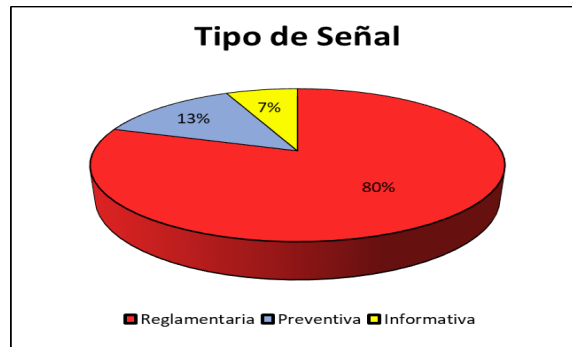
En la toma de datos en campo se encontraron 30 señales verticales dentro de la zona de influencia, en la figura 14 se muestra la localización de cada una de ellas:

Figura 16. Localización de las señales verticales.



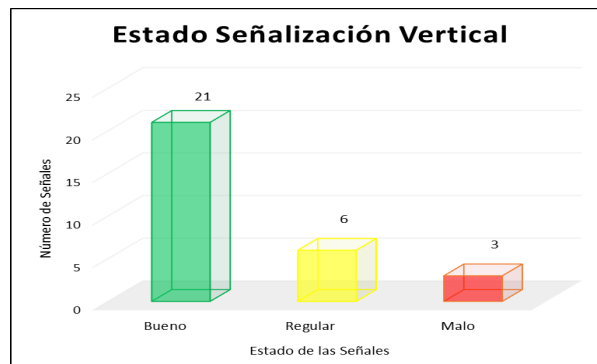
De las 30 señales verticales existentes el 80% son señales reglamentarias, el 13% son señales preventivas y el 8% restante son señales informativas.

Figura 17. Tipo de señales verticales.



El 70% de las señales verticales se encuentran en buen estado, el 20% en estado regular y el 10% restante está en mal estado.

Figura 18. Estado de las señales verticales.



2.2.6. Aforos Vehiculares. Para la recolección de información se identificaron las intersecciones con mayor flujo vehicular y puntos estratégicos para el desarrollo del estudio. Se identificaron dos estaciones para la toma de aforos, se determinó que las estaciones debían ser aforadas en un día típico y en uno atípico, para un total de cuatro aforos. El primero de los aforos se realizó en la intersección de la Calle 14 con Carrera 24 el día jueves 27 de junio de 2019 como día típico en el horario de 6:00 AM hasta las 6:30 PM, posteriormente se realizó el segundo aforo en la intersección de la Calle 12 con Carrera 23 el día domingo 30 de junio como día atípico en el horario de 3:00 AM hasta las 7:30 PM, dicho aforo se realizó en este

horario con el fin de tomar el volumen vehicular procedente de la actividad de cargue y descargue en la plaza. Los aforos restantes se hicieron teniendo en cuenta la hora pico del sector tanto en día típico como en día atípico. Ver anexo E.

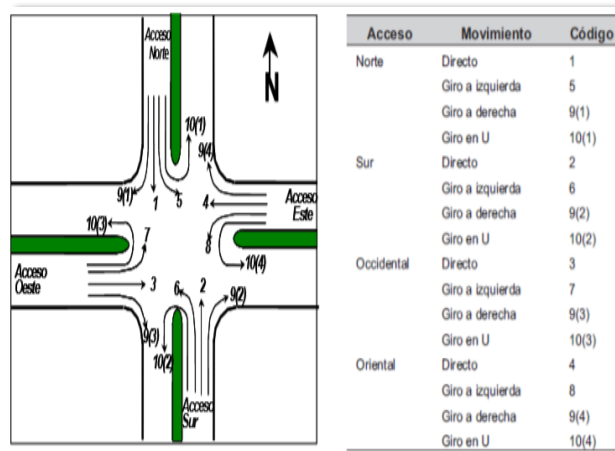
Figura 19. Puntos de Aforo Vehicular.



Fuente: Google Earth, modificado por los autores.

La caracterización del tránsito vehicular se realizó teniendo en cuenta la metodología establecida por la norma RILSA (Secretaría de Tránsito y Transporte, 2005) para la codificación de los giros en las intersecciones evaluadas como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Codificación de movimientos viales norma Rilsa.



Fuente: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte de Bogotá.

En el punto de aforo de la intersección de la Calle 12 con Carrera 23 se recolectaron datos de todos los giros, mientras que en la estación de la Calle 14 con Carrera 24 y Bulevar debido a la complejidad de la intersección, el numero de giros y el volumen vehicular se recolectaron datos únicamente de los vehículos que entraban y salían de la zona de influencia de la Plaza.

Para el análisis de volúmenes vehiculares, en cada giro se hizo la clasificación en 5 tipos, liviano, bus, camión, motocicleta y bicicleta y se realizó su respectiva conversión a vehículos equivalentes, utilizando los factores de equivalencia mostrados en la siguiente tabla.

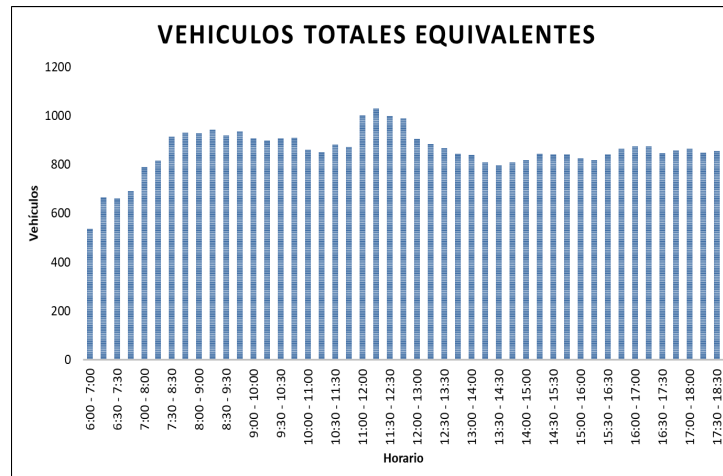
Tabla 3. Factores de equivalencia

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

Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga.

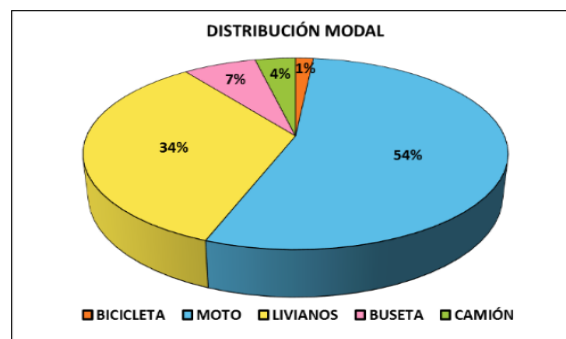
A partir de la realización de los aforos vehiculares se estableció la distribución temporal de los flujos en el sector, donde se determinó el pico de intensidad a lo largo del día típico en los volúmenes del tráfico teniendo en cuenta la intersección aforada más crítica que para el caso del sector es la ubicada en la calle 14 con carrera 24, presentándose la hora pico en el horario comprendido entre las 11:15 am y 12:15 pm como se muestra la figura 21.

Figura 21. Distribución horaria de vehículos equivalentes día típico.



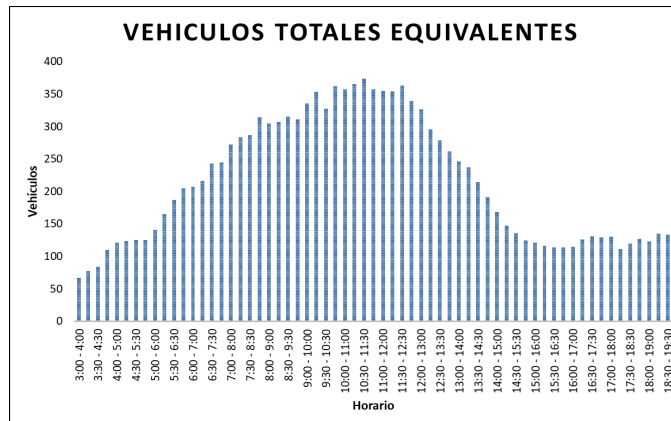
Una vez se obtuvo la distribución modal del sector, se puede observar que los viajes en motocicletas corresponden a el 54% del total de volumen vehicular en el sector, seguido de los viajes en vehículos livianos (automóviles particulares y taxis) los cuales representan el 34%, busetas de transporte público colectivo convencional con una participación del 7%, camiones con 4% y por último bicicletas con el 1%.

Figura 22. Distribución Modal día típico.



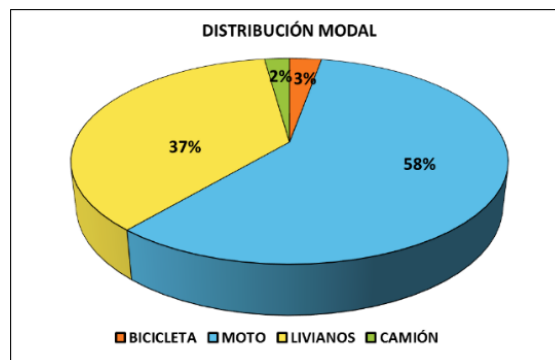
Para la distribución temporal de los flujos del día atípico se determinó el pico de intensidad en los volúmenes del tráfico teniendo en cuenta la intersección más crítica aforada siendo está la calle 12 con carrera 23, presentándose la hora pico en el horario comprendido entre las 10:30 am y 11:30 am.

Figura 23. Distribución horaria de vehículos equivalentes día atípico.



En la distribución modal se puede observar que los viajes en motocicletas son el 58% del total del tráfico en el sector, seguido de los viajes en vehículos livianos (automóviles particulares y taxis) los cuales representan el 37%, camiones con 2% y por último bicicletas con el 3%.

Figura 24. Distribución Modal día Atípico.



2.3. INVENTARIO DE RUTAS DE TRANSPORTE

De acuerdo con el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), actualmente el servicio de transporte público es prestado en diferentes modalidades, tales como el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), Metrolínea el cual cuenta con 34 rutas entre líneas troncales, pretroncales y alimentadoras, adicionalmente cuenta

con 14 rutas complementarias y el servicio de transporte público colectivo complementario a cargo de 12 empresas que operan con 51 rutas de distribuidas entre buses, busetas y microbuses.

En el sector en estudio el sistema de transporte público es prestado por 21 rutas de las cuales 14 corresponden a transporte público colectivo complementario y 7 rutas al (SITM) Metrolínea. En la tabla 4 se muestra el detalle de las rutas con sus respectivos recorridos:

Tabla 4. Rutas de transporte público en el sector.

EMPRESA	RUTA	SENTIDO	CORREDOR VIAL
Unitransa S.A. Transcolombia S.A. Cotrander Ltda.	1	OCC - OR	Calle 14
	4	S OCC - N OR	Calle 14
	6	OCC - OR	Calle 14
	8	N OR - S OCC S OCC - N OR	Calle 14
	11	N OR - S OCC S OCC - N OR	Calle 14
	13	N OR - S OCC	Calle 14
	20	N - S	Carrera 24
		S OCC - N OR	Calle 14
	21	N - S	Carrera 24
Transportes de Piedecuesta S.A.	26	N OR - S OCC S OCC - N OR	Calle 14
	35	N - S	Carrera 24
Oriental de Transportes S.A.	48	N OR - S OCC S OCC - N OR	Calle 14
	39	N - S	Carrera 24
Cootragas CTA.	40	N OR - S OCC	Calle 14
TransGirón S.A.	30	N-S	Carrera 22

Metrolínea	AB2	OCC - OR	Calle 11
	AN1	OCC - OR	Calle 11
	P10	OCC - OR	Calle 11
	P2	S - N OCC - OR	Carrera 21 Calle 11
	P3	OCC - OR	Calle 11
	RE1	N OR - S OCC	Calle 14
Complementaria Metrolínea	COM5	OCC - OR	Calle 11

Fuente: Área Metropolitana de Bucaramanga.

2.4. POBLACIÓN

El tamaño de la población del área en estudio se determinó mediante la base de datos pública del DANE, discriminada por manzanas del último censo realizado en el año 2005; con esta información se identificaron las manzanas intervenidas por la zona de influencia, obteniendo así el total de habitantes al año 2005 en el área de estudio. En la Tabla 5 se encuentra la proyección anual de la población para el municipio de Bucaramanga según el DANE.

Tabla 5. Crecimiento Anual

Crecimiento Anual	
Ciudad	Crecimiento (%)
Bucaramanga	0.74

Fuente: Base de datos DANE.

Al obtener la población al año 2005 y la tasa del crecimiento anual, se calcula la población futura al año 2019 por medio de la ecuación (1).

$$Pf = Pi (1 + i)^n \quad (1)$$

Pf = Población futura

Pi = Población inicial

i = Tasa de crecimiento anual

n = Número de años en consideración

Se obtuvo un total de 1526 habitantes para el año 2019 correspondiente a la zona de influencia en el municipio de Bucaramanga

2.5. ENCUESTAS DE PERCEPCIÓN DE LA MOVILIDAD

Se realizaron encuestas con el fin de conocer la percepción de la movilidad en la zona de influencia de la plaza. Las encuestas fueron aplicadas a vendedores y compradores en inmediaciones de la plaza entre los días 14 y 16 de septiembre de 2019 en el horario comprendido entre las 8 a.m. a 2 p.m.

El tamaño de la muestra se definió en función de las poblaciones del sector en estudio, la población de vendedores se estimó con base en el número de locales de la plaza (GARCIA CEDIEL, 2014) y en un conteo de locales comerciales externos mientras que para el caso de los compradores se asumió que los habitantes de la zona de influencia representan el 60% del total de los compradores y el restante proviene de otras zonas de la ciudad (**Ver Anexo F**). Por medio de la ecuación (2) encontrada en literatura del Departamento de Estadística e I.O de la Universidad de Valladolid se calcula el tamaño de muestra para una población finita.

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

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%

El tamaño total de la muestra es de 275 encuestas y está distribuido como se ilustra en la Tabla 6.

Tabla 6. Tamaño de la población y número de encuestas

Encuesta a:	Población	Tamaño Población	Muestra
Vendedores	Locales Comerciales	1168	133
Compradores	Habitantes Zona Influencia y 40% restante	2543	142

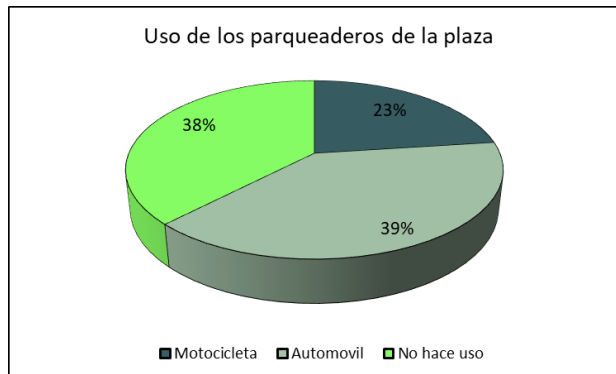
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas de percepción de la movilidad realizadas a compradores y vendedores de la plaza.

Dentro de las 275 personas encuestadas se encontró que el 44% son hombres y el 56% mujeres; el 27% son adultos jóvenes con edades entre 21 y 35 años, 63% adultos con edades entre los 36 y 60 años y el 10% adultos mayores con edades superiores a 60 años. Adicionalmente se encontró que el 68% de los encuestados residen en barrios aledaños a la Plaza San Francisco como lo son el barrio los Comuneros, Universidad, San Alonso y San Francisco.

2.5.1. Resultados de las encuestas aplicadas a vendedores. En las encuestas realizadas a los vendedores de la Plaza San Francisco y sus alrededores el 47% manifestó que el día de mayor actividad comercial era el jueves y el 53% restante afirmó que eran los días sábado o domingo.

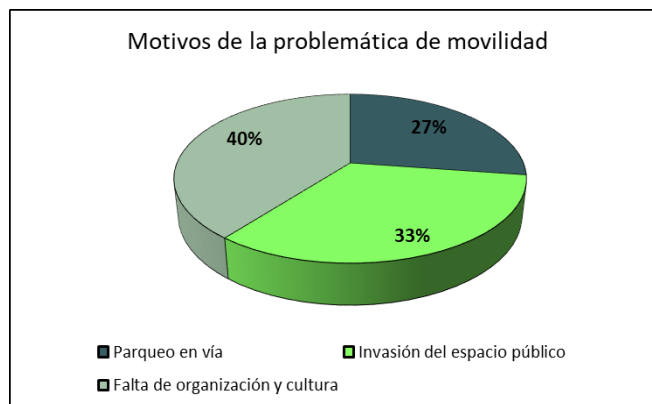
Además, se evidenció que la mayor parte de los vendedores hace uso de los estacionamientos de los alrededores de la plaza siendo el automóvil el tipo de vehículo más usado como se observa en la Figura 25.

Figura 25. Uso de los estacionamientos en vendedores.



También manifestaron que la principal problemática de movilidad que aqueja el sector es la falta de organización y cultura de usuarios de la vía seguido de la invasión del espacio público y el parqueo en vía.

Figura 26. Percepción de los motivos de la problemática actual de movilidad.

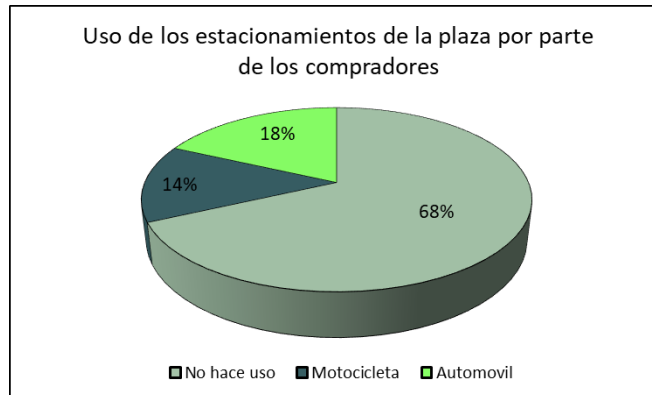


Por último, el 92% de los vendedores coincidió en que todas las problemáticas relacionadas con la movilidad afectan directamente la comercialización de los productos en la plaza y sus alrededores.

2.5.2. Resultados de las encuestas aplicadas a compradores. En las encuestas aplicadas a los compradores de la plaza se encontró que la mayoría de los compradores provienen de barrios aledaños a la plaza (85%), debido a esto la plaza

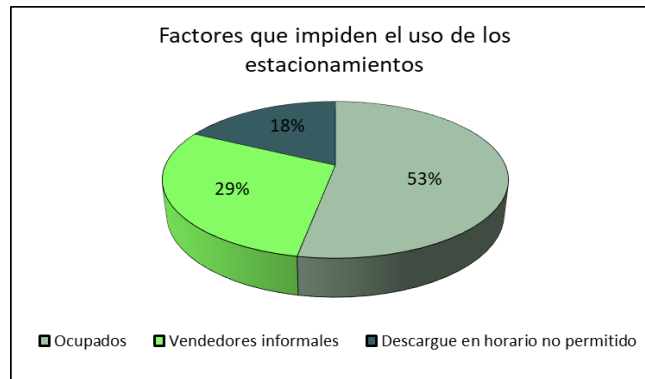
San Francisco es la de su preferencia, también ocasiona que la mayoría de los viajes no sean en ningún tipo de vehículo por lo tanto no se hace un uso considerable de los estacionamientos por parte de los compradores como se muestra en la figura 27.

Figura 27. Uso de los estacionamientos en compradores.



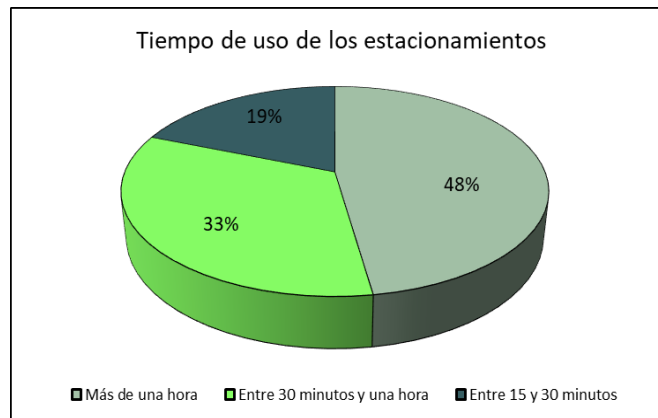
Adicionalmente los compradores encuestados que hacen uso de su vehículo para llegar a la plaza afirmaron no pueden acceder a los estacionamientos debido en gran parte a que estos ya se encuentran ocupados, invadidos por vendedores informales o por camiones que están haciendo labor de cargue y descargue como se ilustra en la Figura 28.

Figura 28. Factores que impiden el uso de los parqueaderos.



Por otra parte, se encontró que los compradores que sí hacen uso de los estacionamientos de los alrededores de la plaza generalmente los utilizan por más de una hora.

Figura 29. Tiempo de uso de los estacionamientos.



3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Tomando como base los parámetros presentados anteriormente obtenidos de la caracterización del sector en cuanto al estado de los perfiles viales y el pavimento, la señalización, la infraestructura peatonal, los flujos vehiculares, la jerarquización vial, inventario de rutas de transporte, de la mano de las problemáticas percibidas por los usuarios encuestados, se realizó un análisis detallado de la situación actual de la zona y se representó por medio de un modelo de microsimulación realizado como soporte para el análisis de la situación actual y posibles soluciones a implementar.

3.1. CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL MODELO

De acuerdo con la información obtenida de los capítulos anteriores acerca de perfiles viales, señalización, tipos de vías, aforos, flujos, giros e información secundaria; se realiza el modelo de microsimulación con el objetivo de representar de manera clara y precisa el comportamiento observado en campo y obtener resultados cuantitativos de los parámetros a analizar con ayuda de la herramienta de modelado Aimsun.

Con la información primaria y secundaria de los perfiles viales se procede a generar el trazado vial de la zona de estudio asignando la jerarquía vial que le corresponde a cada corredor, se establecieron los giros permitidos de cada intersección y demás componentes normativos para el correcto control de los vehículos (Australia, 2019). La asignación de los vehículos se generó a partir de datos recopilados de los aforos en día típico y su debido procesamiento, además, se definieron cinco modos de transporte para el software: bicicletas, motocicletas, automóviles livianos, buses y camiones. El método para la asignación de vehículos que se utilizó en el modelo de microsimulación fue el método estocástico el cual consiste en predecir el comportamiento de magnitudes aleatorias que varían con el tiempo y caracterizar

una sucesión de variables aleatorias (Bravo, Atiencia, & Ramírez, 2014). En la figura 30 se observa el trazado de la malla vial en el software.

Figura 30. Trazado de la malla vial, situación actual.



Fuente: Aimsun, modificada por los autores.

3.2. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.

El proceso de calibración de un modelo de micro simulación consiste en la correcta configuración de los diferentes parámetros que posee el software, tales como: comportamiento del conductor, metodología para la distribución del flujo vehicular, geometría de los corredores, reguladores de tráfico, entre ellos las señales de pare, ceda el paso y demás señales de tránsito adaptados a las características particulares de la zona de estudio.

Para realizar la validación del escenario en Aimsun se usó conjunto de datos reales del tipo detectores, estos se compararon con los valores de la media obtenida tras 5 replicaciones del escenario (POLITÈCNICA, VALÈNCIA, INGENIEROS, & DE CAMINOS, 2015).

Con el fin validar correctamente el modelo se emplea el indicador GEH, según el criterio de parámetros de aceptación para la calibración de modelos emitidos por Wisconsin DOT Freeway (Lu et al., 2014). **Ver Anexo G.**

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (o - m)^2}{(O + M)}} \quad (3)$$

O = Volumen de tráfico observado en campo.

M = Volumen de tráfico que pasa en el modelo.

Se considera que un modelo de asignación de tráfico estará calibrado cuando de todos los corredores de control tengan un GEH inferior a 12, más del 95% un GEH menor a 10 y al menos el 60% posean un GEH menor a 5 (Hollander & Liu, 2008). La Tabla 7 Muestra el resultado de la validación y se concluye que el modelo está en condiciones de aceptación de la validación.

Tabla 7. Resultados de validación

GEH < 5	68%
GEH < 10	100%
GEH < 12	100%

3.3. CONSIDERACIONES ESPECIALES

Con el fin de representar de manera clara la situación actual, se consideró la implementación de proyectos que se visualizan o que están en ejecución en la ciudad. De acuerdo con lo estipulado en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bucaramanga se proyecta el paso de la ciclorruta por uno de los corredores de la zona de influencia correspondiente a la Carrera 21 entre las calles 11 y 14, como se ilustra en la tabla 8.

Tabla 8. Corredores viales con ciclorruta proyectada

CICLORRUTA			
Eje vial	Desde	Hasta	Ancho (m)
Cra 21	Calle 11	Calle 14	2.6

Fuente: POT de Bucaramanga

Adicionalmente, se planea hacer una reforma en andenes con el fin de mejorar la infraestructura vial peatonal de algunos corredores de la zona de estudio, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 9. Corredores viales con mejoramiento de anden proyectado

MEJORAMIENTO EN ANDENES		
Eje vial	Desde	Hasta
Cra 21	CII 5	CII 58
Cra 22	CII 5	CII 58

Fuente: POT de Bucaramanga

3.4. RESULTADOS DEL MODELO DE MICROSIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los factores utilizados para la posterior comparación con las soluciones propuestas son el tiempo total de demoras que es un factor indicativo de congestión, tiempo total de paradas que representa la sumatoria del tiempo que cada vehículo que entró y salió de la red vial se mantuvo inmóvil, el número de paradas totales que realizaron todos los vehículos, la velocidad media de viaje y el tiempo total de viaje que requirieron todos los vehículos desde su origen hasta su destino (Claro Durán & Castañeda Peña, n.d.). Los resultados de la simulación realizada del escenario actual se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados situación actual

Factores de la situación actual	
Tiempo total de paradas (segundos)	2154.20
Número de paradas	7747
Tiempo total de viaje (segundos)	6961
Demoras totales (segundos)	3336.55
Velocidad Media de viaje (km/h)	29.8

Se evidencia que los viajes que realizan los usuarios desde y hacia la zona se están viendo gravemente afectados por las demoras y por el tiempo que emplean para realizar paradas, esto hace que los tiempos totales de viaje aumenten considerablemente y que la velocidad de viaje disminuya, generando conflictos en la movilidad de la zona.

En la Tabla 11 se muestran los resultados del nivel de servicio teóricos para los corredores evaluados en el estudio, donde el nivel de servicio es “ una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros”. Los niveles de servicio (NDS) van de A hasta F, siendo un NDS A el que representa las mejores condiciones operativas, y NDS F las peores, este parámetro es calculado según lo estipulado en el HCM, usando la relación V/C , [Volumen/Capacidad] y el tiempo de demoras (*Highway capacity manual*, 2000) (Cerquera, 2007).

Tabla 11. Niveles de Servicio teóricos de los corredores evaluados

Corredor Vial	Tiempo de Demoras (s/veh)	V/C	Nivel de Servicio
CI 11 - Cras 21 y 24	3	0.13	B
CI 12 - Cras 21 y 24	7	0.21	B
CI 13 - Cras 21 y 24	7	0.39	C
CI 14 - Cras 21 y 24	10	0.57	D
Cra 21 - Clls 11 y 14	1	0.11	B
Cra 22 - Clls 11 y 14	8	0.29	C
Cra 23 - Clls 11 y 14	11	0.40	C
Cra 24 - Clls 11 y 14	13	0.71	D

4. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS DE MOVILIDAD IDENTIFICADAS

Una vez se identificaron y cuantificaron las problemáticas existentes en la zona de estudio, se dio paso a realizar una búsqueda exhaustiva que permitiera identificar diferentes alternativas de solución como opciones de mitigación, en busca de soluciones para el sector

4.1. ESTRATEGIAS EN PUNTOS ATRACTORES DE VIAJES

Se estudió el contexto general de movilidad en las plazas de mercado y las diversas estrategias que se han implementado en nuestro país y en el mundo para mitigar los conflictos de movilidad en puntos de atracción masiva de viajes con el fin de determinar la viabilidad de implementación de estas estrategias en el contexto local de la zona de estudio. Algunas de las alternativas más sobresalientes encontradas se presentan a continuación.

4.1.1. Aprovechamiento del urbanismo con base en la actividad comercial.

Una de las estrategias de mitigación que se ha estudiado es el aprovechamiento de la plaza como del espacio público por medio de la articulación de la actividad comercial, residencial, cultural y social. De esta manera se busca reestructurar la forma en la que los usuarios hacen sus viajes en la zona y así disminuir el desplazamiento vehicular. La viabilidad de esta propuesta se ha visto reflejada en distintos casos de estudio, como lo son el Mercado Santa Caterina, la Plaza Ninot en Barcelona y la Plaza Markthal en Rotterdam en los cuales se ha visto que la rehabilitación de estos equipamientos, la adecuación de la zona de descargue subterránea y la mejora de la infraestructura peatonal ha ayudado a eliminar el tráfico vehicular del sector y así disminuir los conflictos de movilidad que se generan por su atracción(Bonilla Herrera, 2018)(Borda Barroso & Franco Vargas, 2016).

Figura 31. Mercado de Santa Caterina-Barcelona.



Fuente: Ayuntamiento de Barcelona.

Figura 32. Plaza Markthal-Rotterdam.



Fuente: Archdaily, Portal Web.

4.1.2. Sistema de beneficios para incentivar el uso del transporte público. Otra medida válida para el mejoramiento de la movilidad en los centros atractores es el incentivar el uso del transporte público y disminuir el tránsito de vehículos

particulares, con este fin se plantea el sistema de beneficios económicos a los usuarios del transporte público por parte de los vendedores del sector, este incentivo fue implementado en Parque Nacional de Yorkshire Dales en Reino Unido donde los vendedores ofrecen descuentos a quienes se transporten hacia el parque por medio del sistema de transporte público, con esta medida se observaron resultados favorables a la movilidad reduciendo notoriamente la demanda de vehículos (Martínez & Herraiz de la Fuente, 2012).

Figura 33. Parque Nacional Yorkshire Dales.



Fuente: Sitio Oficial del parque.

4.1.3. Estacionamiento rotativo tarifado. También se estudia otra táctica que pueda contribuir con el mejoramiento de la movilidad en puntos generadores de viajes como lo es la Plaza San Francisco, esta se basa en el uso de las zonas de estacionamiento rotativo tarifado, las cuales consisten en destinar parte del espacio público para que sirva como estacionamiento de vehículos motorizados, en los cuales se establece una tarifa y un tiempo máximo de uso, con el fin de evitar el estacionamiento prolongado el cual fue percibido por los compradores de los parqueaderos de la zona de estudio y así poder prestar la infraestructura a una mayor cantidad de usuarios (CONCEJO CANTONAL DE CUENCA, n.d.). Un ejemplo de esta táctica es la ciudad de Cali en donde se presentó un plan en el que

se establecen lineamientos de administración, control, recaudo y aprovechamiento con el fin de regular la explotación económica a cargo del municipio por el derecho de estacionamiento en vía pública (Cali, 2018).

Figura 34. Señal Indicativa de estacionamiento tarifado en Cali.



Fuente: CiudadRegión, Portal Web.

4.1.4. Contexto local. En la ciudad de Bucaramanga la regulación del estacionamiento sobre vías de la red local y en las bahías licenciadas se encuentra definida en el acuerdo 065 de 2006 del Concejo municipal de Bucaramanga que estableció el marco conceptual del sistema de estacionamientos y parqueaderos en la ciudad, en el cual se presenta el sistema de cobro para el uso temporal de estos equipamientos; su tarifa, frecuencia y destinación de los recursos aún no se encuentran definidos. Además, en el acuerdo 059 del 2018 se estableció que una de las directrices del subsistema de estacionamientos y parqueaderos es priorizar y estimular el desarrollo de esta red en las áreas de influencia de equipamientos y centros atractores de viajes como lo son los centros comerciales, universidades, hospitales, colegios, centros religiosos, áreas de actividad comercial y plazas de mercado entre otros. Adicionalmente se encuentran clasificadas las zonas de parqueo según su propósito y condiciones como zonas azules, amarillas, blancas, cafés, de emergencia o neutrales(Concejo Municipal de Bucaramanga, n.d.-

a)(Concejo Municipal de Bucaramanga, n.d.-b). Sin embargo, la implementación de lo dispuesto anteriormente aún no se ha realizado.

Otra de las estrategias es la reubicación de los vendedores informales que se encuentran ocupando el espacio público destinado para la circulación de vehículos y/o peatones. En la ciudad se han adelantado procesos de reubicación tales como el caso del centro comercial “Sanbazar”, en donde se han asentado los vendedores de las casetas de amarillo y verde que se encontraban a lo largo y ancho de toda la ciudad. Por otra parte, en los últimos años los vendedores que antes ocupaban el espacio del sector “El Tierrero” en el noroccidente de la ciudad también han sido reubicados allí; a pesar de las medidas adelantadas aún 200 de los 726 locales del centro comercial Sanbazar actualmente se encuentran vacíos.

Otro caso es el del centro comercial “Feghali” el cual fue el lugar escogido para reubicar a los vendedores que se encontraban en inmediaciones de la Calle 37 hasta la 41 y Carreras 14 y 15 en el centro de la ciudad, se encuentran ocupados 271 de los 571 locales dispuestos. Otros lugares y establecimientos de comercio dispuestos en la ciudad para el reasentamiento de los vendedores ambulantes son Sanandresito Centro y Mutis Plaza(Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2010).

Figura 35. Centro de reubicación de vendedores informales en Bucaramanga.



Fuente: Vanguardia.

4.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTA PARA LA ZONA DE ESTUDIO

Con el fin de mitigar los conflictos de movilidad existentes en la zona y teniendo como base el escenario de la situación se formularon alternativas específicas para la zona de estudio.

4.2.1. Alternativa 1: Semaforización y adecuación de los sentidos viales. La semaforización de una intersección pretende solucionar los conflictos entre vehículo-vehículo y vehículo-peatón en las cuales se alcanzan determinados volúmenes de tráfico, de tal forma que se logre un equilibrio entre la movilidad, accesibilidad y seguridad, mediante la regulación del derecho de paso con una red semafórica actualizada tecnológicamente que permita la operación de manera óptima y eficiente (“Semaforización - Secretaría de Movilidad de Medellín,” 2019.). Sin embargo, se decidió descartar como alternativa de solución la semaforización debido a que los flujos en todas las intersecciones de la zona no cumplían con los criterios mínimos de flujos vehiculares, interrupción del flujo vehicular, intersecciones complejas, flujo peatonal, accidentalidad y factores locales para semaforizar de acuerdo con lo contemplado en el HCM (Valencia Alaix, 2000).

Figura 36. Intersección semaforizada



Fuente: Portal Web Alcaldía de Medellín.

4.2.2. Alternativa 2: Adecuación de los sentidos viales. Adicionalmente se evaluó la redistribución de los flujos viales vehiculares existentes en la zona de influencia en búsqueda del mejoramiento de la operatividad vial de esta, estudiando diferentes casos en los cuales se variaban los sentidos de algunas de las vías importantes del sector como son las calles 11 y 13 y las carreras 21, 22 y 24; sin embargo las modelaciones de esta alternativa no mostraron mejoría en los niveles de servicio teóricos, de forma que se concluyó que la distribución existente es la óptima para las necesidades propias del sector y por lo tanto no se tuvo en cuenta como alternativa de solución a la problemática existente.

4.2.3. Alternativa 3: Organización y despeje de la infraestructura. Con base en las estrategias presentadas anteriormente en un contexto global y local, se propone de manera general la reubicación integral y concertada de los vendedores informales y la regulación de los vehículos que se encuentran parqueados en vía, por medio de estas estrategias se busca el despeje de la infraestructura vial presente en la zona de influencia y la ampliación la capacidad de los corredores viales circundantes a la plaza especialmente las calles 12,13 y 14 y las carreras 22,23 y 24 las cuales se han visto gravemente afectadas en la movilidad producto de esta problemática.

De acuerdo con lo establecido en el Plan Maestro de Movilidad de la ciudad de Bucaramanga, en la zona de influencia de la Plaza San Francisco se encuentra un espacio destinado para la implementación de una zona azul, la cual es un espacio público autorizado debidamente señalizado con cobro regulado y horarios definidos donde se permite el estacionamiento temporal en paralelo de vehículos particulares hasta por una hora. Se recomienda la implementación de esta estrategia ya que con esta medida se busca que los estacionamientos sean usados prioritariamente por usuarios de la plaza y sus alrededores y no solo por vendedores como se observó anteriormente en los resultados de las encuestas; previamente se debe realizar un detallado estudio de parqueo en el cual se contemplen aspectos importantes como

índice de rotación, capacidad y nivel de servicio de los estacionamientos presentes en la zona de influencia(Rodríguez V. & Buritaca H., 2016).

Además, se contempla la implementación de un sistema de información de la red de parqueaderos y estacionamientos de uso público, que permita realizar el seguimiento detallado de las características de oferta y demanda y su evolución en el tiempo para cada sector, que permita evaluar los impactos en las medidas desarrolladas, así como consolidarse en un punto de información permanente y oportuna para los usuarios(PORRAS & Otros, 2010) con el fin de que los usuarios de los parqueaderos tengan información en tiempo real y puedan acceder fácilmente a estos.

Adicionalmente a la alternativa propuesta se plantea de forma general complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical tanto vehicular como peatonal, adecuar los espacios y accesos destinados para el tránsito de personas en condición de discapacidad. En términos de infraestructura vehicular se recomienda la rehabilitación de la estructura de pavimento en la calle 12 a la altura de las carreras 21 a la 24, la calle 14 entre carreras 21 a la 24 y la carrera 22 entre calles 11 y 14 pertenecientes a la zona de influencia para brindarles un mejor desplazamiento y comodidad a los usuarios.

Se determinó que la alternativa 3 era la que más se adaptaba a las necesidades particulares del sector en estudio con el fin de simularla en la herramienta de software y evaluar su desempeño en factores tanto cualitativos como cuantitativos, además de determinar su viabilidad en el corto, mediano y largo plazo.

5. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ALTERNATIVA ESTUDIADA

En este capítulo se presentan los resultados de la alternativa planteada con base en las características especiales de la zona de estudio para la posterior comparación de esta con el escenario actual.

5.1. RESULTADOS DEL MODELO DE MICROSIMULACIÓN DE LA ALTERNATIVA

En la tabla 12 se aprecia que, con la implementación de la alternativa se presentan cambios significativos a nivel general de la malla vial tales como la disminución en el tiempo total de paradas, número total de paradas, tiempos de viaje, tiempos de demoras y un aumento en la velocidad promedio.

Tabla 12. Resultados de la alternativa propuesta

Factores de la situación actual con alternativa	
Tiempo total de paradas (segundos)	1391.31
Número de paradas	7181
Tiempo total de viaje (segundos)	5557.34
Demoras totales (segundos)	2372.8
Velocidad Media de viaje (km/h)	31.94

Con respecto a los corredores viales y su nivel de servicio teóricos se observa una notoria mejoría teniendo en cuenta los parámetros establecidos anteriormente. En la Tabla 13 se muestran los resultados del nivel de servicio para los corredores evaluados en el estudio con la implementación de la alternativa.

Tabla 13. Niveles de Servicio teóricos de los corredores evaluados con la implementación de la alternativa

Corredor Vial	Tiempo de Demora (s/veh)	V/C	Nivel de Servicio
CI 11 - Cras 21 y 24	3	0.13	B
CI 12 - Cras 21 y 24	7	0.12	B
CI 13 - Cras 21 y 24	6	0.20	B
CI 14 - Cras 21 y 24	6	0.29	C
Cra 21 - Clls 11 y 14	1	0.11	B
Cra 22 - Clls 11 y 14	6	0.17	B
Cra 23 - Clls 11 y 14	9	0.25	B
Cra 24 - Clls 11 y 14	9	0.35	C

5.2. PROYECCIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS

La alternativa se modeló con una proyección vehicular a 1 año, 5 años y 10 años (**ver Anexo H**) con el fin de evaluar el desempeño de la propuesta a corto, mediano y largo plazo.

A continuación, se presenta la implementación y análisis de resultados de la alternativa en cada uno de los escenarios proyectados.

5.2.1. Proyección de volúmenes vehiculares. La estimación de los volúmenes vehiculares futuros de la zona fue determinada por medio del método de crecimiento de viajes, el cual relaciona los viajes actuales con una tasa de crecimiento, como se muestra en la ecuación (4)

$$T_i = F_i * t_i \quad (4)$$

T_i = Viajes futuros de la zona i

t_i = Viajes actuales de la zona i

F_i = Factor de crecimiento

El factor de crecimiento se define como la relación de población y parque automotor actual y futuro, como se observa en la ecuación (5)

$$F = \frac{P_i * M_i}{P_o * M_o} \quad (5)$$

Donde P es la población y M es el número de motorizados. Los subíndices i son para los valores del año proyectado, y el subíndice o representa el año de referencia(Girardotti, n.d.).

Los datos de la población del municipio fueron tomados de las proyecciones proporcionadas por el DANE, y la motorización se tomó del histórico del Parque Automotor del área metropolitana de la ciudad obtenido de la Dirección de Transito de Bucaramanga creando una línea de tendencia con la cual se pudiera proyectar el crecimiento esperado tanto del parque automotor como de la población. (BUCARAMANGA, 2017)(DANE, 2016).

La proyección vehicular para el primer año (corto plazo) da como resultado un factor de 1.0416, lo que significa que la matriz vehicular incrementará en un 4.16%, para el quinto año (mediano plazo) el factor fue de 1.208 con lo cual el aumento en los vehículos es del 20.8% y, por último, se consideró la proyección para diez años (largo plazo) la cual arrojó un factor de 1.4151 por lo tanto la matriz vehicular se incrementó en un 41.51%.

Las matrices vehiculares se multiplicaron por estos factores y se procedió a generar los nuevos escenarios de simulación de la alternativa con cada una de las proyecciones realizadas. Adicionalmente para los nuevos escenarios se tuvo en cuenta las futuras implementaciones de ciclorruta que pasan por los corredores de la zona de influencia.

5.2.2. Resultados del desempeño de la alternativa a corto, mediano y largo plazo. Una vez realizadas las simulaciones con los escenarios proyectados, se observan los resultados de la implementación de la alternativa en el paso del tiempo. Ver Tabla 14.

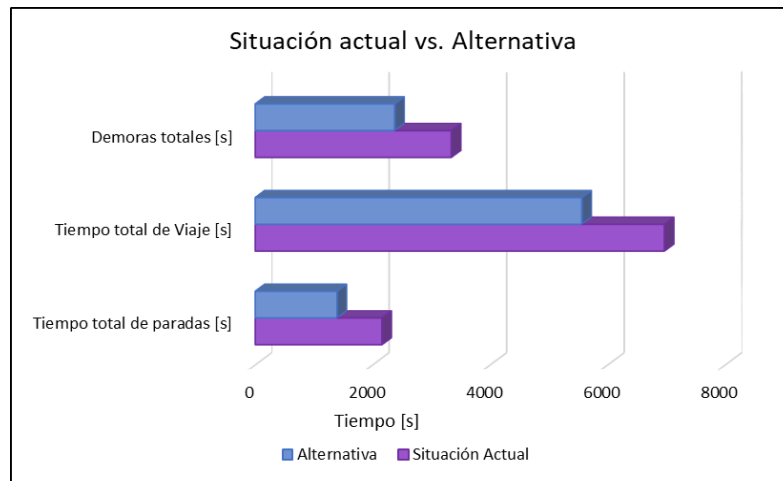
Tabla 14. Resultados de la alternativa en el tiempo vs. Situación Actual.

Análisis general	No. Total de paradas	Tiempo total de parada (seg)	Tiempo total de demoras (seg)	Tiempo total de viaje (seg)
Situación actual	7747	2154,20	3336,55	6961
Alternativa Corto plazo	7459	1461,73	2473,54	5739,69
Alternativa Mediano plazo	8859	2020,53	3281,6	7295,11
Alternativa Largo plazo	10504	2872,86	4502,32	9574,46

5.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESCENARIO ACTUAL CON LA ALTERNATIVA ESTUDIADA

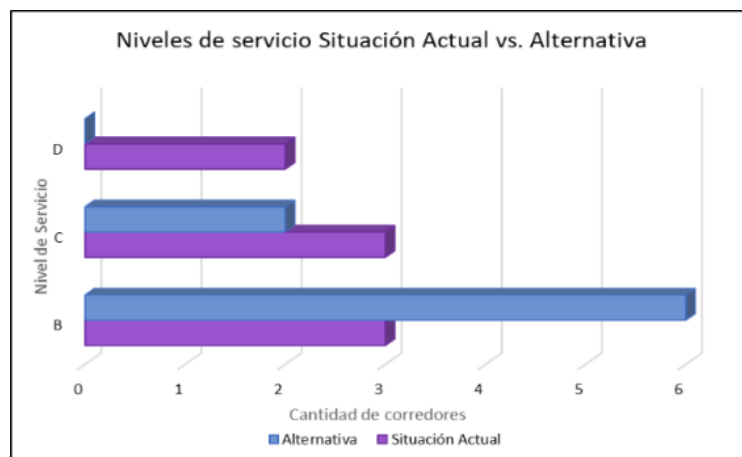
En la figura 37 se muestra un gráfico comparativo de los resultados de la situación actual con la implementación de la alternativa, se puede apreciar la disminución en los tiempos totales de parada, tiempos totales de viaje y demoras totales.

Figura 37. Resultados de la situación actual vs. la alternativa.



Para los niveles de servicio teóricos se observa disminución en los tiempos de demoras (s/veh), así como la disminución de la relación volumen/capacidad, por lo tanto, los niveles de servicio mejoran considerablemente en los corredores de la zona de estudio con la implementación de la alternativa de solución.

Figura 38. Niveles de servicio para los corredores evaluados.



6. CONCLUSIONES

- Se encontró que el 33% de los perfiles viales de la zona en estudio, no cumplen con las dimensiones proyectadas en el Plan de Ordenamiento Territorial, lo cual, de la mano con el creciente deterioro de la infraestructura vial, han provocado que los viajes desde y hacia la zona no se realicen de una manera eficiente. Esta situación ha provocado un aumento significativo en los tiempos de viaje, ya que se incrementan el número de paradas y las demoras.
- La invasión del espacio público por parte de los vendedores informales junto con el parqueo en vía de algunos de los usuarios de la plaza ocasiona graves afectaciones en la capacidad y funcionamiento de los corredores viales y peatonales existentes en la zona de estudio.
- Las condiciones en las que se encuentran la señalización horizontal y vertical no permiten una óptima organización del tráfico. De las 68 señales horizontales ubicadas en la zona el 55% se encuentra en estado regular o malo, y de las 30 señales verticales el 30% presenta con algún tipo de deterioro, por lo cual se sugiere realizar mejoras al sistema de señalización vial de tal manera que cumpla con los requerimientos vigentes y mejore la organización de la movilidad.
- En cuanto a las rampas destinadas para el acceso de personas en condición de discapacidad se evidencia que el 78% no cumple con las dimensiones establecidas por la Norma Técnica Colombiana 4143 de accesibilidad al medio físico; debido a que por lo general sobrepasan la pendiente máxima establecida del 12%. Se debe realizar una readecuación de estas y la creación de nuevas rampas para ofrecer un acceso digno al espacio público para las personas en situación de discapacidad.
- Con el análisis de volúmenes vehiculares se encontró que los viajes realizados en motocicleta representan el 54% del volumen total del tráfico de la zona de estudio, presentando una clara superioridad en la participación de

este medio con respecto a los demás, este puede ser un factor clave en la movilidad del sector debido a la agresividad de sus conductores.

- La actual problemática del sector se evidencia en los índices y resultados anteriormente mostrados, la suma de todos ellos hace que la operación de la plaza no sea eficiente, provocando conflictos de movilidad los cuales pueden subsanarse con la organización del sector presentada en la alternativa propuesta.
- El uso de transporte público colectivo convencional y bicicletas es muy bajo comparado con respecto a la participación de los vehículos particulares de tipo liviano y motocicletas que se desplazan en inmediaciones de la plaza, estos son los principales causantes de los conflictos de movilidad que se presentan, se sugiere promover el uso de bicicletas, del transporte público colectivo convencional y de transporte no convencional ya que constituyen una alternativa adecuada para mejorar las condiciones del tráfico y de reducir el uso masivo de vehículo privado.
- La intersección compleja de la Calle 14 con Carrera 24 y Bulevar cumplía con el criterio de ser una intersección con más de 5 aproximaciones, pero no contaba con un flujo vehicular igual o mayor de 800 veh/h por sentido lo cual es otro de los criterios recomendados de semaforización contemplados en el U.S BUREAU OF PUBLIC ROADS.
- De acuerdo con los resultados de las encuestas de percepción de movilidad se encontró que los principales usuarios de las bahías de parqueo alrededor de la plaza son los vendedores, debido a su permanencia durante todo el día en el sector imposibilitan el uso por parte de los compradores incentivando el parqueo en vía por parte de estos.
- En los resultados del modelo de tráfico de la situación actual de la zona en estudio, se evidencia que los corredores con un nivel de servicio teórico deficiente son la Calle 14 entre Carreras 21 y 24 junto con la Carrera 24 entre Calles 11 y 14 presentando nivel de Servicio D. Las mejores condiciones de movilidad se presentan en la carrera 21 y la Calle 11, todas con un nivel de

servicio teórico B, que se deriva de las buenas condiciones geométricas de la vía y el estado de la señalización entre otros. Cabe resaltar que los corredores con peor evaluación del nivel de servicio son aquellos circundantes a la Plaza.

- Se evaluaron múltiples alternativas dentro de un contexto global y local para el mejoramiento de la movilidad en el sector, derivado de los resultados de esa búsqueda y la viabilidad de su implementación en la zona de estudio se optó por la organización de vendedores informales y de vehículos estacionados en vía como solución a los conflictos de movilidad existentes.
- Se observa que para el corto y mediano 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 mientras que para el largo plazo la alternativa debería ser complementada con estrategias adecuadas para las necesidades de los viajes de ese tiempo.

7. RECOMENDACIONES

- Se hace la recomendación de realizar un reacondicionamiento de las rampas de acceso existentes para las personas en situación de discapacidad, buscando que estas cumplan con lo dispuesto en la Norma Técnica Colombiana. Además de la conformación de las rampas de acceso faltantes en los tramos de andén que lo requieren.
- Las velocidades operacionales y los niveles de servicio que se asumen en el software son teóricos, se recomienda en un futuro hacer una toma real de estos datos en campo para su posterior actualización y ajuste.
- Se recomienda un estudio que incluya la realización de conteos peatonales y vehiculares de todos los giros en la intersección de la Calle 14 con Carrera 24 y Bulevar Santander para determinar la viabilidad de la semaforización de esta. Dicho estudio no se realizó en el presente proyecto de investigación ya que salía del alcance establecido además de que esta intersección se encuentra en las afueras de la zona de influencia definida.
- Se recomienda realizar un análisis adicional para la reubicación de los vendedores informales que se encuentran en las inmediaciones de la zona de influencia, que incluya los estudios requeridos para que a esta propuesta se pueda otorgar un concepto de viabilidad a su implementación como lo es la búsqueda de un lugar cercano donde reubicarlos que cuente con los requerimientos para el funcionamiento de este equipamiento, la concertación por parte de los vendedores de dejar la práctica informal, estudio de mercadeo para su viabilidad financiera y permisos requeridos para el funcionamiento.

REFERENCIAS

- Australia, G. of. (2019). *Metropolitan Adelaide Traffic Simulation and Assessment Model (MATSAM) Traffic Simulation Model Development Guidelines Aimsun Next*. (February).
- Bonilla Herrera, J. C. (2018). El Mercado como integrador del espacio público. *Universidad Católica de Colombia*, 1–57. Retrieved from [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16280/1/El Mercado como integrador del espacio público.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16280/1/El_Mercado_como_integrador_del_espacio_p%C3%BAblico.pdf)
- Borda Barroso, A. del P., & Franco Vargas, J. S. (2016). *REVITALIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO A PARTIR DEL REDESARROLLO ARQUITECTÓNICO DE LA PLAZA DE MERCADO DEL BARRIO SIETE DE AGOSTO*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bravo, Y., Atiencia, N., & Ramírez, V. (2014). Control de Tráfico Vehicular usando un Sistema Neuro-difuso tipo ANFIS. *Revista Politécnica*, 33(1).
- BUCARAMANGA, D. D. T. DE. (2017). *Parque Automotor Oficial , Publico Particular Área Metropolitana De Bucaramanga a Diciembre 2017*. 2.
- Cali, C. de S. de. (2018). *Acuerdo No. 0452 de 2018*.
- Cerquera, F. Á. (2007). Capacidad Y Niveles De Servicio De La Infraestructura Vial. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 1.
- Chaves Tapias, K., & Silva Rueda, M. A. (2017). *Diagnóstico de la situación actual y propuesta de solución de movilidad para la zona de influencia del sector “Plaza Satélite” ubicado entre la carrera 33 con calle 107 y la diagonal 105, en los municipios de Bucaramanga y Floridablanca*.
- Claro Durán, M. A., & Castañeda Peña, M. (n.d.). *ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CORREDOR PEATONAL EN EL SECTOR EDUCATIVO CALLE 9 ENTRE CARRERAS 27 Y 18 EN BUCARAMANGA SANTANDER*.
- CONCEJO CANTONAL DE CUENCA. *ORDENANZA QUE REGULA Y CONTROLA LA OCUPACIÓN DE LAS VÍAS PÚBLICAS POR LOS VEHÍCULOS*

MOTORIZADOS DENTRO DEL CANTÓN CUENCA Y EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO Y PARQUEO INDEBIDO.

Concejo Municipal de Bucaramanga. (n.d.-a). *Acuerdo 059 de 2018*.

Concejo Municipal de Bucaramanga. (n.d.-b). *Acuerdo 065 de 2006*.

DANE. (2016). *ProyeccionMunicipios2005_2020. Series de Población 1985 - 2020*.

Retrieved from http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls

Documentación, C. DE, MENDOZA SUÁREZ Viceveedor Distrital, S., & ARMANDO GIL TOVAR Veedor Distrital Delegado para la Eficiencia Administrativa Presupuestal, J. (n.d.). *NTC 4139, Accesibilidad al medio físico*. Retrieved from www.veedurriadistrital.gov.co

El caos rodea las plazas de mercado de Bucaramanga | Vanguardia.com. (n.d.).

Retrieved October 2, 2019, from <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/el-caos-rodea-las-plazas-de-mercado-de-bucaramanga-CEVL430277>

GARCIA CEDIEL, G. (2014). Análisis Del Sistema De Las Plazas Públicas De Mercado De La Ciudad De Bucaramanga: Estrategias Para Oncrementar Su Sostenibilidad. *Corporación Universitaria De Ciencia Y Desarrollo*, 1(October 2014), 33. <https://doi.org/10.13140/2.1.2705.1840>

Gerson, J. P. y otros. (2014). Colección de Economía Regional Banco de la República. In *Colección de Economía Regional*. Retrieved from http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/lbr_economia_grandes_ciudades.pdf

Girardotti, L. M. (n.d.). *Demanda de transporte dirigida a redes*.

Hermann Geraldine, V. klaveren F. (2010). *¿Cómo densificar?* 8, 38–43.

Highway capacity manual. (2000).

Hollander, Y., & Liu, R. (2008). The principles of calibrating traffic microsimulation models. *Transportation*, 35(3), 347–362. <https://doi.org/10.1007/s11116-007->

9156-2

- INVIAS. (2006a). *Manual de Inspección visual de pavimentos flexibles*.
- INVIAS. (2006b). *Manual para la inspeccion visual de pavimentos rígidos*. 58. Retrieved from ftp://201.230.195.242/MANUALES_OBRAS_INFRAESTRUCTURA_VIAL/MANUALES_DISE%20D1OS_CARRETERAS/10_MANUALES_INSPECCION_OBRAS_VIALES/Manual_Inspecci%20n_Visual_PUENTES_y_PONTONES.pdf
- Lu, X., Lee, J., Chen, D., Bared, J., Dailey, D., & Shladover, S. E. (2014). Freeway Micro-simulation Calibration : Case Study Using Aimsun and VISSIM with Detailed Field Data. *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting. January 12-16, Washington, D.C.*, (January), 1–17.
- Martínez, Ó., & Herraiz de la Fuente, P. (2012). Movilidad sostenible en entornos turísticos . Singularidades y medidas. *Movilidad Sostenible En Entornos Turísticos . Singularidades y Medidas*. Retrieved from <http://oa.upm.es/20036/>
- Ministerio de Transporte. (2015). Manual De Señalización Vial Dispositivos Uniformes Para La Regulación De Tránsito En Calles, Carreteras Y Ciclorrutas De Colombia. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 085201. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- POLITÉCNICA, D. U., VALÈNCIA, INGENIEROS, E. T. S. DE, & DE CAMINOS, C. Y. P. (2015). *ANÁLISIS DE LA FUNCIONALIDAD DE UNA CARRETERA 2+1 MEDIANTE MICROSIMULACIÓN*.
- PORRAS, H., & Otros. (2010). *Plan Maestro de Movilidad Bucaramanga 2010 - 2030*. 143.
- POT Alcaldía de Bucaramanga. (n.d.). *FICHA NORMATIVA 5 . PERFILES VIALES*. 1104000.
- Rodríguez V., L. E., & Buritaca H., J. C. (2016). Estudio de Capacidad y nivel de servicio de estacionamientos, caso: Pontificia Universidad Javeriana Cali-Sector Norte (Pontificia Universidad Javeriana Cali). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Secretaría de Tránsito y Transporte, A. M. de B. D. . (2005). *Manual de Planeación*

y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. 3, 398.
<https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>

Semaforización - Secretaría de Movilidad de Medellín. (n.d.). Retrieved November 7, 2019, from <https://www.medellin.gov.co/movilidad/transito-transporte/semaforizacion>

Un estudio advierte que el caos vial tiende a empeorar en Bucaramanga | Vanguardia.com. (n.d.). Retrieved October 2, 2019, from <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/un-estudio-advierte-que-el-caos-vial-tiende-a-empeorar-en-bucaramanga-AGVL278866>

Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2010). Fracasa reubicación de vendedores ambulantes | Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB. Retrieved September 19, 2019, from <https://www.unab.edu.co/content/fracasa-reubicación-de-vendedores-ambulantes>

Valencia Alaix, V. G. (2000). *Principios sobre semáforos*. 1–29.