

**Análisis del Impacto de Tráfico en el Centro Comercial San Andresito la Isla y sus Zonas
Aledañas de Influencia más Importantes.**

Julieth Alejandra Patiño Rodríguez, Angie María Meza Chávez

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director

Luis David Arévalo Duran

Ingeniero Civil

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería civil
Bucaramanga**

2020

Dedicatoria

A Dios que siempre escuchó mis oraciones cuando más quise desfallecer y siempre me dio las fuerzas para seguir adelante con mis propósitos y sobre todo para alcanzar la anhelada meta.

A mis padres Saúl Patiño Luna y Hercilia Rodríguez Holguín que siempre estuvieron para mí con sus palabras de aliento, de orgullo y sobre todo llenas de amor, este triunfo es conseguido gracias al esfuerzo que han hecho por mí durante 23 años, que, aunque el camino no ha sido fácil siempre hacen lo posible para ayudarme y estar a mi lado. Dios permita puedan gozar de mis siguientes triunfos, los amo con las fuerzas de mi corazón.

A mis hermanas Sandra Patiño y Elvia patiño, que siempre han estado pendientes de mí, dándome apoyo cuando más lo necesito y me ayudan a superarme en todo momento, haciéndome creer fielmente en que puedo lograr las cosas.

A mis sobrinos Cristian, Sttefania, Santiago, Sebastián, Mathias y María que son mi fuente de inspiración, mi mayor motivo de salir adelante y de lograr mis objetivos.

A mi familia, que siempre me dieron las palabras indicadas para seguir adelante y no renunciar, que, aunque los extrañé todo el tiempo, fueron parte muy importante para culminar este proceso.

A mi novio, Jhonny Ciro por su incondicionalidad y compañía en todo momento, que con su amor y lealtad encontré la fortaleza para lograr mi objetivo.

Finalmente, a todos mis amigos, compañeros, profesores y demás personas que hicieron parte fundamental de mi proceso, aportando conocimiento importante para mi vida profesional.

JULIETH ALEJANDRA PATIÑO RODRÍGUEZ

Dedicatoria

Primero que todo quiero dar las gracias a Dios por permitirme llegar hasta donde estoy, por permitir tantas alegrías y momentos inolvidables durante toda mi carrera, por siempre darme las fuerzas necesarias para seguir a pesar de las adversidades.

Quiero dar las gracias infinitas a mis padres Jorge Enrique Meza Pulgarin, Clartiza Chávez Campos y a mi hermano Luis Felipe Meza Chávez, por ser el motor de mi vida y de mi inspiración siempre, gracias a ellos que siempre estuvieron pendientes y me apoyaron en todo momento en cada una de mis decisiones, esto es por ustedes y para ustedes, los amo.

Gracias a mi familia que estuvo siempre pendiente, especialmente a mi tía Josefina, mi tío Milton, Ana L, Elda M, mis primos y a las princesas de mi vida Vale, Ameli, Sofi y Danna, porque sé que puedo contar con ustedes para lo que necesite.

Gracias a mi novio, Andrés M. Téllez, esa persona que me acompañó casi desde el principio de este camino, gracias por acompañarme en las largas horas de estudio, en los momentos de felicidad, tristeza, angustia, estrés y por ayudarme en todo lo que necesité. Que la vida te de felicidad siempre, independientemente del destino, te mereces lo mejor del mundo.

A mis amigos Kevin T, Cami, Sergio, Kike, profesores, y todos los compañeros me dejó esta carrera muchas gracias por la paciencia y por aguantarme, espero logren lo que se propongan en la vida.

ANGIE MARÍA MEZA CHÁVEZ

Agradecimientos

Los autores agradecen profundamente al ingeniero Luis David Arévalo por su paciencia y apoyo, al brindarnos su conocimiento para el desarrollo del proyecto; donde su dirección fue fundamental para la finalización de éste.

Finalmente, a familiares, compañeros y a la universidad Industrial de Santander que hicieron parte de este proceso educativo.

Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Objetivos	20
1.1 Objetivo General	20
1.2 Objetivos Específicos.....	20
2. Ubicación de la zona de estudio.....	21
3. Marco teórico	22
3.1 Volumen de tránsito	22
3.2 Tasa de flujo.....	22
3.3 Capacidad vial.....	22
3.4 Congestión	23
3.5 Nivel de servicio	23
3.6 Volumen horario de máxima demanda (VHMD).....	24
3.7 Factor horario de máxima demanda (FHMD)	25
4. Metodología	26
4.1 Identificación de la zona de estudio y tráfico vehicular	27
4.2 Estación maestra y estaciones de cobertura	27
4.3 Creación de formatos para los aforos.....	28
4.4 Estaciones de cobertura con sus horas pico para el aforo	30

4.5 Tipos de vehículos aforados.....	31
4.6 Tabulación de la información con los datos recopilados en campo.....	32
5. Caracterización de la malla vial.....	39
5.1 Intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.....	41
5.2 Señalización horizontal y vertical.....	43
5.3 Clasificación vial urbana.....	43
5.3.1 Clasificación vial urbana de la estación maestra.....	45
5.3.2 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 1.....	45
5.3.3 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 2.....	46
5.3.4 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 3.....	47
5.3.5 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 4.....	48
5.3.6 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 5.....	48
5.3.7 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 6.....	49
6. Descripción de los niveles de servicio de acuerdo a la observación visual y mediante los cálculos basados en los datos de campo.....	50
6.1 Nivel de servicio A.....	50
6.2 Nivel de servicio B.....	50
6.3 Nivel de servicio C.....	51
6.4 Nivel de servicio D.....	51
6.5 Nivel de servicio E.....	51
6.6 Nivel de servicio F.....	52
7. Cálculos.....	52
7.1 Estudio de volúmenes, vehiculares y análisis de congestionamiento.....	52

7.2 Definiciones técnicas	53
7.3 Clasificación de los niveles de servicio	54
7.3.1 Nivel de servicio en la estación maestra.....	56
7.3.2 Nivel de servicio en la estación de cobertura 1.....	58
7.3.3 Nivel de servicio en la estación de cobertura 2.....	59
7.3.4 Nivel de servicio en la estación de cobertura 3.....	60
7.3.5 Nivel de servicio en la estación de cobertura 4.....	61
7.3.6 Nivel de servicio en la estación de cobertura 5.....	62
7.3.7 Nivel de servicio en la estación de cobertura 6.....	63
7.3.8 Justificación de movilidad.	64
7.4 Análisis de la distribución del tránsito e impacto global generado por el proyecto en el sector.	64
7.4.1 Impacto desde y hacia las estaciones de cobertura	64
7.4.2 Tránsitos horarios y diarios en cada estación de cobertura.....	66
8. Posibles soluciones	80
9. Conclusiones	81
10. Recomendaciones	83
Referencias bibliográficas.....	85

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Niveles de servicio.....	24
Tabla 2. Ubicación de las estaciones.	27
Tabla 3. Logística de los aforadores.	31
Tabla 4. Vehículos que fueron contemplados para el conteo.	32
Tabla 5. Volumen de tránsito en la estación maestra.....	33
Tabla 6. Volumen de tránsito en la estación de cobertura 1.	34
Tabla 7. Volumen de tránsito en la estación de cobertura 2.	35
Tabla 8. Volumen de tránsito en la estación de cobertura 3.	36
Tabla 9. Volumen de tránsito en la estación de cobertura 4.	37
Tabla 10. Volumen de tránsito en la estación de cobertura 5.	38
Tabla 11. Volumen de tránsito en la estación de cobertura 6.	38
Tabla 12. Semaforización en las estaciones.....	42
Tabla 13. Conceptos básicos utilizados en el análisis.....	53
Tabla 14. NDS para vías urbanas.....	54
Tabla 15. Cálculo de rangos de FHMD en función de las velocidades.	55
Tabla 16. Calificativos para los niveles de servicio.....	55
Figura 15. VHMD de cada una de las horas aforadas en la estación maestra.	56
Tabla 17. VHMD en la estación maestra y la tasa de flujo cada 15 min.	57

Tabla 18. Justificación de movilidad para cada estación.	64
Tabla 19. Volúmenes horarios de máxima demanda en las estaciones.	65
Tabla 20. Tránsitos horarios y diarios en las estaciones de cobertura.	67
Tabla 21. Distribución del tránsito en la estación de cobertura 1.	68
Tabla 22. Distribución del tránsito en la estación de cobertura 2.	70
Tabla 23. Distribución del tránsito en la estación de cobertura 3.	72
Tabla 24. Distribución del tránsito en la estación de cobertura 4.	74
Tabla 25. Distribución del tránsito en la estación de cobertura 5.	76
Tabla 26. Distribución del tránsito en la estación de cobertura 6.	78

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Localización de la zona de estudio en Bucaramanga, Santander.	21
Figura 2. Muestra el formato tipo utilizado para la estación maestra.	29
Figura 3. Muestra el formato tipo utilizado para la estación de cobertura 1.	30
Figura 4. Plano en AutoCAD de la zona de estudio del proyecto de investigación.	40
Figura 5. Malla vial en AutoCAD.....	41
Figura 6. Intersección de semaforización.	42
Figura 7. Clasificación vial urbana,	44
Figura 8. Localización exacta para toma de datos en la estación maestra.	45
Figura 9. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 1.	46
Figura 10. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 2.	47
Figura 11. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 3.	47
Figura 12. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 4.	48
Figura 13. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 5.	49
Figura 14. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 6.	49
Figura 15. VHMD de cada una de las horas aforadas en la estación maestra.	56
Figura 16. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 1.	58

Figura 17. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 2.	59
Figura 18. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 3.	60
Figura 19. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 4.	61
Figura 20. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 5.	62
Figura 21. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 6.	63

Lista de Apéndices

Apéndice A. Formato para la toma de datos en la estación maestra.

Apéndice B. Formato para la toma de datos de 6:00 a.m 9:00 a.m.

Apéndice C. Formato para la toma de datos de 12:00 p.m 2:00 p.m.

Apéndice D. Formato para la toma de datos de 5:00 p.m 8:00 p.m.

Resumen

Título: Análisis del Impacto de Tráfico en el Centro Comercial San Andresito la Isla y sus Zonas Aledañas de Influencia más Importantes*

Autor(es): Julieth Alejandra Patiño Rodríguez, Angie María Meza Chávez**

Palabras Clave: Congestión, niveles de servicio, volumen horario de máxima demanda, tasa de flujo, factor horario de máxima demanda.

Descripción: En la actualidad se ha presentado un alto crecimiento en la población en Bucaramanga; este aumento no esperado, influye en el desarrollo del casco urbano, que genera congestión vehicular y deterioro en la infraestructura vial que afectan la movilidad. Para ello se ha realizado un análisis de congestión en el centro comercial San Andresito la isla y zonas aledañas. El aforo vehicular es una herramienta que permite medir la cantidad de vehículos que transitan por una sección vial a una hora determinada para poder medir la congestión en un trayecto previamente escogido. En esta investigación se realizó un aforo durante 24 horas en una estación maestra considerada con mayor tráfico vehicular y en 6 puntos cercanos a esta zona, que fueron elegidos visualmente previa visita de campo al centro comercial San Andresito la isla y zonas aledañas, en donde fue considerado que se presentó mayor congestión en la vía. Estos aforos vehiculares sirvieron de insumo para estudiar y analizar los volúmenes y la congestión vehicular, con el propósito de medir los niveles de servicio en comparación con la observación visual realizada previamente. Igualmente, el estudio permite dar posibles soluciones a la congestión vehicular en esta zona y sus alrededores.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Durán, Ingeniero Civi

Abstract

Title: Analysis of the Impact of Traffic in the San Andresito la Isla Shopping Center and its Most Important Areas of Influence*

Author: Julieth Alejandra Patiño Rodríguez, Angie María Meza Chávez**

Key Words: Congestion, service levels, maximum demand hourly, flow rate, maximum demand hourly factor.

Description: Currently there has been a high growth in the population in Bucaramanga; This unexpected increase influences the development of the urban area, which generates traffic congestion and deterioration in the road infrastructure that affect mobility. The vehicle capacity is a tool that allows you to measure the number of vehicles that pass through a road section at a certain time in order to measure congestion on a previously chosen route. In this research, a 24-hour capacity was carried out at a master station considered to have the most vehicular traffic and at 6 points near this area, which were visually chosen after a field visit to the San Andresito shopping center, the island and surrounding areas, where it was considered that there was greater congestion on the road. These vehicle gauges were used as input to study and analyze vehicle volumes and congestion, with the purpose of measuring service levels compared to visual observation previously performed. Likewise, the study allows possible solutions to vehicular congestion in this area and its surroundings.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Durán, Ingeniero Civil

Introducción

Con el paso del tiempo y el aumento de la población en las zonas urbanas, hace que aumente la cantidad de vehículos en las vías. Este crecimiento es uno de los factores que influyen en el desarrollo de un casco urbano, pero también, genera alta congestión y desgaste en la infraestructura vial. Para todo esto se realizan estudios que ayuden a determinar dicha congestión y posibles soluciones que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos.

En la siguiente investigación se planteó un análisis del congestionamiento para encontrar soluciones a la movilidad en la zona del centro comercial San Andresito La isla; el problema inicia cuando se genera esa congestión por la cantidad de automóviles, buses y busetas, entre otros vehículos motorizados, que transitan alrededor de esta zona (Calle 56 #17C – Diagonal 15 sentido Oriente-Occidente).

El sector estudiado se ha convertido en un sitio altamente frecuentado por los Santandereanos al momento de hacer sus compras, esto conlleva a que se genere cierto caos vehicular por los alrededores y ocasione represamiento de vehículos, afectando altamente la movilidad, incluso algunas personas que viven por los alrededores y que trabajan cerca de éste se han sentido afectadas constantemente por este problema. Dicho lo anterior se busca, plantear algunas soluciones de tal manera que se pueda mejorar la movilidad y se pueda transitar de una manera más libre por todos sus alrededores.

Para todo esto se realizó un análisis de 6 puntos específicos más la estación maestra que se encuentre alrededor del centro comercial y se analizó el flujo vehicular que ocurre en estos puntos,

para poder evaluar la magnitud del problema, con el fin de establecer indicadores que apunten a soluciones de movilidad sostenible en el sector.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Analizar el impacto de tráfico en el centro comercial San Andresito La isla y sectores de influencia mediante la caracterización de niveles de servicio.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar, registrar y valorar los datos de las variables tomadas en campo en el sector San Andresito La isla y sectores aledaños escogidos estratégicamente en función de la movilidad del sector.
- Realizar un análisis de los niveles de servicio en el sector.
- Determinar los niveles de congestionamiento del sector.
- Dar recomendaciones sobre señalización vial.
- Plantear alternativas de solución.

2. Ubicación de la zona de estudio

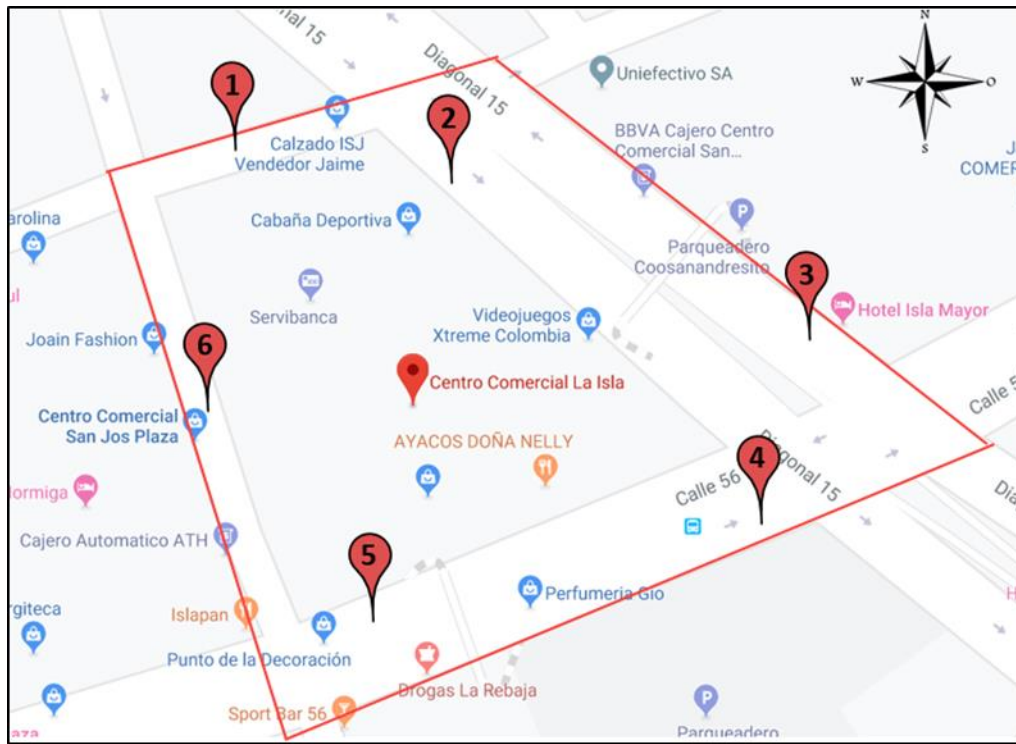


Figura 1. Localización de la zona de estudio en Bucaramanga, Santander. Adaptado de Google Maps.

La figura 1 muestra la ubicación del proyecto en estudio que consiste en el centro comercial San Andresito la Isla con dirección; Diagonal 15 #55-56, localizado en la ciudad de Bucaramanga, Santander.

3. Marco teórico

3.1 Volumen de tránsito

Es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico (Cal, R., Reyes M, y Cárdenas, J., 2007, pág.169). Representa un determinado porcentaje de la capacidad, dadas las características de la carretera, la composición del tráfico y el nivel de servicio preseleccionado (Wilson, O.,1987).

3.2 Tasa de flujo

Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos (o personas) durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente (Cal, R., Reyes M, y Cárdenas, J., 2007, pág. 169).

3.3 Capacidad vial

Es el número máximo de vehículos que tienen una probabilidad razonable de pasar en un determinado tiempo, en una sola dirección y en un punto de una vía o de una calzada (Wilson, O.,1987). Es una característica del sistema vial, y representa su oferta. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece

que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo (Cal, R., Reyes M, y Cárdenas, J., 2007).

Teóricamente la Capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una autopista o calle. El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de Capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable. Como se sabe, que el volumen en 15 minutos así obtenido es convertido a tasa de flujo horaria, entonces la Capacidad de un sistema vial, es la tasa máxima horaria (Highway Capacity Manual, 2000).

3.4 Congestión

En breves palabras el congestionamiento es mediante comparación con movimientos en condiciones ideales; lo podemos medir en las unidades de velocidad y retardo (Cal, R., Reyes M, 1972). La congestión se define como la condición de cualquier infraestructura de transporte en la cual su uso es tan grande que se presentan retrasos para sus usuarios. esto sucede cuando la demanda se aproxima o excede la capacidad de la vía (Ardila Gomes, A., 1995).

3.5 Nivel de servicio

Es un término de amplio sentido, que abarca un número ilimitado de situaciones de tráfico que pueden presentarse en una carretera dada, con varios volúmenes de tránsito. Es una expresión cualitativa del funcionamiento de un tramo de carretera, considerando los efectos de una serie de

factores que comprenden la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tráfico, la libertad de maniobra, la seguridad, el confort y los costos de operación (Wilson, O.,1987).

De los factores que afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que correspondan a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc. (Highway Capacity Manual, 2000).

El Manual de Capacidad Vial HCM 2000 ha establecido seis Niveles de Servicio denominados: A, B, C, D, E, y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.

Tabla 1.

Niveles de servicio

A	B	C	D	E	F
----------	----------	----------	----------	----------	----------

Nota 1 La tabla 1 muestra los seis niveles de servicio establecidos por el HCM 2000.

3.6 Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular (Cal, R., Reyes M, y Cárdenas, J., 2007, pág. 172).

3.7 Factor horario de máxima demanda (FHMD)

Se denomina factor horario de máxima demanda FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD, y el volumen máximo $Q_{m\acute{a}x}$, que se representa durante un periodo dado dentro de dicha hora (Cal, R., Reyes M, y Cárdenas, J., 2007, pág. 179). Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * Q_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

N: número de períodos durante la hora de máxima demanda

Los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es (pág. 180):

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4 * Q_{15_{m\acute{a}x}}}$$

El factor horario de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos durante la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos

máximos durante toda la hora, valores bastante menores a la unidad indican concentraciones de flujos máximos en períodos cortos dentro de la hora.

4. Metodología

Para el desarrollo del estudio se usó una metodología expresada por Cal y Mayor (Versión 2010) “ajustes de volúmenes de tránsito a nivel urbano”, que consiste en determinar una proporcionalidad horaria en 6 estaciones de cobertura a partir de un aforo de 24 horas en la estación maestra y aforos en horas pico en las 6 estaciones de cobertura, de tal manera que desde la estación maestra se pueda medir el impacto de tráfico en las estaciones de cobertura.

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto de investigación fue la siguiente:

1. Identificación mediante observación visual de la zona de estudio y tráfico vehicular.
2. Asignación de la estación de maestra y las 6 estaciones de cobertura.
3. Creación de formatos para la realización de los aforos en campo.
4. Clasificación de las estaciones de cobertura con su hora pico.
5. Clasificación en grupos de los vehículos aforados.
6. Tabulación de la información con los datos recopilados en campo
7. Caracterización de la malla vial.
8. Descripción de los niveles de servicio mediante la observación visual y resultados obtenidos.
9. Análisis de cogestión en base a los resultados obtenidos.

10. Conclusiones del trabajo realizado.
11. Recomendaciones y posibles alternativas de solución.

4.1 Identificación de la zona de estudio y tráfico vehicular

Para identificar los puntos en donde se hizo el aforo, se hizo presencia en la zona de estudio, que corresponde al centro comercial San Andresito la isla, para determinar visualmente en donde se presenta mayor congestión vehicular.

4.2 Estación maestra y estaciones de cobertura

Se registró la dirección exacta de cada una de las estaciones para la toma de datos de los vehículos motorizados que transitaban por la zona.

Tabla 2.

Ubicación de las estaciones.

Estaciones	Dirección
Estación Maestra	Calle 56 #17C – Diagonal 15 (Oriente-Occidente).
Estación 1	Diagonal 15 entre la calle #55-56 (Norte-Sur).
Estación 2	Calle 57 # 17C – Diagonal 15.
Estación 3	Calle 55 #17C – Diagonal 15.
Estación 4	Cra 17C entre #56-57.
Estación 5	Calle 56 #17C – Diagonal 15 (Occidente-Oriente).
Estación 6	Cra 17C entre #55-56.

4.3 Creación de formatos para los aforos

Para crear los formatos, se necesitó tener en cuenta que son siete estaciones, del cual una de ellas es considerada la estación maestra.

La estación maestra es la que se considera de mayor congestión de flujo vehicular, aquí se toma el registro de los tránsitos horarios durante 24 horas.

AFORO 24 HORAS. VOLÚMENES DE TRÁNSITO.						
ESTACION MAESTRA SENTIDO ORIENTE - OCCIDENTE						
Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	6:00 a. m.	Localización:	Equivalencia
Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	6:00 a. m.	Calle 56 #17c	0.75
HORA	MOTOS	MOTOS EQUIVALENTES	PARTICULAR Y TAXIS	BUSES Y Busetas	CAMIONES Y VOLQUETAS	TOTAL
6-7						
7-8						
8-9						
9-10						
10-11						
11-12						
12-1						
1-2						
2-3						
3-4						
4-5						
5-6						
6-7						
7-8						
8-9						
9-10						
10-11						
11-12						
12-1						
1-2						
2-3						
3-4						
4-5						
5-6						
TOTALES						
PORCENTAJES						

Figura 2. Muestra el formato tipo utilizado para la estación maestra. Adaptada de Arévalo, L, Meza, A y Patiño J. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2020.

Los otros 6 puntos elegidos son las estaciones de cobertura en donde se registra toma de datos en horarios específicos en horas previamente identificadas, durante el mismo día en que se toma la información para la estación maestra.

Se crearon 4 formatos, uno de la estación maestra, y los otros tres en diferentes horas pico de 6:00 a.m a 9:00 a.m, 12:00 p.m. a 2:00 p.m y 6:00 p.m a 8:00 p.m. Ver apéndice A, B, C, D.

ESTACION	HORA PICO. VOLUMENES DE TRANSITO. ESTACION DE COBERTURA N°1 (NORTE -SUR)						
	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	6:00 a. m	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	9:00 a. m	Diagonal 15 #55-56	0.75
	HORA (Am)	MOTOS	MOTOS EQUIVALENTES	PARTICULAR Y TAXIS	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES Y VOLQUETAS	TOTAL
1	6:00 a 6:15						
	6:15 a 6:30						
	6:30 a 6:45						
	6:45 a 7:00						
2	7:00 a 7:15						
	7:15 a 7:30						
	7:30 a 7:45						
	7:45 a 8:00						
3	8:00 a 8:15						
	8:15 a 8:30						
	8:30 a 8:45						
	8:45 a 9:00						
	TOTALES						
	PORCENTAJES						

Figura 3. Muestra el formato tipo utilizado para la estación de cobertura 1. Adaptada de Arévalo, L, Meza, A y Patiño J. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2020.

Muestra el formato tipo utilizado para la estación de cobertura 1.

4.4 Estaciones de cobertura con sus horas pico para el aforo

Para poder realizar el aforo en las distintas estaciones de cobertura, se requirió la ayuda de personas especializadas, para la toma de datos. Se establecieron reuniones previas para hacer la respectiva capacitación a cada uno de los aforados.

Tabla 3.

Logística de los aforadores.

EST	Hora	Nombre
1	6:00a.m. a	Aforador 3.
2	9:00a.m	Aforador 4.
3	12:00p.m a	Aforador 3.
4	2:00p.m	Aforador 4.
5	5:00p.m a	Aforador 3.
6	8:00p.m	Aforador 4.
		Aforador 1.
EM	24 Horas	Aforador 2.

Nota. La tabla muestra la clasificación de las estaciones de cobertura para cada sección de horas pico con su respectivo aforador

4.5 Tipos de vehículos aforados

Los vehículos que fueron contemplados para realizar el aforo fueron los siguientes; se dividieron en 4 grupos.

Tabla 4.

Vehículos que fueron contemplados para el conteo.

Grupos	Vehículos
1	Motocicletas.
2	Particulares y taxis.
3	Buses y busetas.
4	Camiones y volquetas.

Nota. La tabla muestra los grupos de vehículos que se tuvieron en cuenta para el aforo

Tener en cuenta que, para el cálculo de las motocicletas, se multiplicó por un factor de 0.75, según estudios realizados para la ciudad de Manizales (2015) para hacerlo equivalente a un auto particular.

4.6 Tabulación de la información con los datos recopilados en campo

Se procede a tabular la información en hojas de cálculo que nos permitan tener de forma más ordenada los datos recopilados.

Tabla 5.

Volumen de tránsito en la estación maestra.

Aforo 24 horas. Volúmenes de Tránsito.

Estación maestra sentido oriente - occidente						
Día:	viernes	Sábado	Hora inicio:	6:00 a. m.	Localización:	Equivalencia
Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	6:00 a. m.	Calle 56 #17c	0.75
Hora	Motos	Motos	Particular	Buses	Camiones	Total
		Equivalentes	Y Taxis	Y Busetas	Y Volquetas	
6-7	278	209	582	46	4	841
7-8	395	296	941	47	2	1286
8-9	524	393	861	43	5	1302
9-10	521	391	728	42	12	1173
10-11	676	507	609	44	18	1178
11-12	646	485	535	27	9	1056
12-1	545	409	748	69	14	1240
1-2	594	446	587	61	12	1106
2-3	446	335	504	73	7	919
3-4	538	404	748	30	11	1193
4-5	672	504	606	21	9	1140
5-6	796	597	514	41	13	1165
6-7	1590	1193	591	47	12	1843
7-8	720	540	457	40	18	1055
8-9	659	494	352	32	7	885
9-10	112	84	203	22	1	310
10-11	89	67	215	0	0	282
11-12	75	56	103	0	0	159
12-1	64	48	56	0	0	104

Tabla 5. (Continuación)

Aforo 24 horas. Volúmenes de Tránsito.

Estación maestra sentido oriente - occidente						
Día:	viernes	Sábado	Hora inicio:	6:00 a. m.	Localización:	Equivalencia
Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	6:00 a. m.	Calle 56 #17c	0.75
Hora	Motos	Motos	Particular	Buses	Camiones	Total
		Equivalentes	Y Taxis	Y Busetas	Y Volquetas	
1-2	53	40	48	0	0	88
2-3	28	21	26	0	0	47
3-4	32	24	48	13	0	85
4-5	123	92	62	38	0	192
5-6	265	199	302	42	2	545
Totales		7831	10426	778	156	19191
Porcentajes		41	54	4	1	100

Nota. La tabla muestra la variación del volumen de tránsito en la estación maestra durante un día (6:00 a.m – 6:00 a.m), en la calle 56 #17c. Bucaramanga, Santander.

Tabla 6.

Volumen de tránsito en la estación de cobertura 1.

Hora Pico. Volúmenes de Tránsito. estación de cobertura N°1 (Norte -Sur)							
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	6:00 a. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	9:00 a. m.	Diagonal 15 #55-56	0.75
	Hora (Am)	Motos	Motos Equivalentes	Particular Y Taxis	Buses Y Busetas	Camiones Y Volquetas	Total
1	6:00 a 6:15	130	98	200	13	1	312
	6:15 a 6:30	134	101	203	21	1	326
	6:30 a 6:45	178	134	221	12	5	372
	6:45 a 7:00	206	155	181	22	0	358
	7:00 a 7:15	143	108	140	13	0	261
2	7:15 a 7:30	206	155	179	15	2	351
	7:30 a 7:45	162	122	213	9	1	345
	7:45 a 8:00	171	129	156	16	0	301

Tabla 6. (Continuación)

Hora Pico. Volúmenes de Transito. estación de cobertura N°1 (Norte -Sur)							
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	6:00 a. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	9:00 a. m.	Diagonal 15 #55-56	0.75
	Hora (Am)	Motos	Motos Equivalentes	Particular Y Taxis	Buses Y Busetas	Camiones Y Volquetas	Total
3	8:00 a 8:15	142	107	139	16	2	264
	8:15 a 8:30	184	138	214	16	6	374
	8:30 a 8:45	212	159	176	11	6	352
	8:45 a 9:00	204	153	185	8	0	346
	Totales		1559	2207	172	24	3962
	Porcentajes		39	56	4	1	100

Nota. La tabla muestra la variación del volumen de tránsito en la estación de cobertura 1 durante las 6:00 a.m – 9:00 a.m, con dirección; Diagonal 15 #55-56. Bucaramanga, Santander.

Tabla 7.

Volumen de tránsito en la estación de cobertura 2.

Hora pico. Volúmenes de Transito. estación de cobertura N°2							
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	6:00 a. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	9:00 a. m.	calle 57 #17 C	0.75
	Hora (Am)	Motos	Motos Equivalentes	particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y Volquetas	Total
1	6:00 a 6:15	10	8	8	1	0	17
	6:15 a 6:30	11	9	16	1	1	27
	6:30 a 6:45	12	9	12	0	2	23
	6:45 a 7:00	10	8	10	1	0	19
2	7:00 a 7:15	23	18	16	1	2	37
	7:15 a 7:30	16	12	8	1	0	21
	7:30 a 7:45	24	18	16	2	1	37
	7:45 a 8:00	16	12	16	1	1	30

Tabla 7. (Continuación)

Hora pico. Volúmenes de Tránsito. estación de cobertura N°2							
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	6:00 a. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	9:00 a. m.	calle 57 #17 C	0.75
	Hora (Am)	Motos	Motos Equivalentes	particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y Volquetas	Total
1	6:00 a 6:15	10	8	8	1	0	17
	6:15 a 6:30	11	9	16	1	1	27
	6:30 a 6:45	12	9	12	0	2	23
	6:45 a 7:00	10	8	10	1	0	19
2	7:00 a 7:15	23	18	16	1	2	37
	7:15 a 7:30	16	12	8	1	0	21
	7:30 a 7:45	24	18	16	2	1	37
	7:45 a 8:00	16	12	16	1	1	30
3	8:00 a 8:15	28	21	13	0	0	34
	8:15 a 8:30	13	10	17	1	0	28
	8:30 a 8:45	22	17	14	0	3	34
	8:45 a 9:00	20	15	18	0	2	35
Totales			157	164	9	12	342
Porcentajes			46	48	3	4	100

Nota. La tabla muestra la variación del volumen de tránsito en la estación de cobertura 2 durante las 6:00 a.m – 9:00 a.m, con dirección; calle 57 #17C. Bucaramanga, Santander.

Tabla 8.

Volumen de tránsito en la estación de cobertura 3.

Hora pico. Volúmenes de tránsito. Estación de cobertura N°3							
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	12:00 p. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	2:00 p. m.	calle 55 # 17C diagonal 15	0.75
	Hora (Pm)	Motos	Motos Equivalentes	Particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y volquetas	Total
1	12:00 a 12:15	125	94	143	12	3	252
	12:15 a 12:30	66	50	78	8	5	141
	12:30 a 12:45	113	85	159	18	6	268

Tabla 8. (Continuación)

		Hora pico. Volúmenes de tránsito. Estación de cobertura N°3						
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	12:00 p. m.	Localización:	Equivalencia	
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	2:00 p. m.	calle 55 # 17C diagonal 15	0.75	
	Hora (Pm)	Motos	Motos Equivalentes	Particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y volquetas	Total	
2	1:00 a 1:15	102	77	145	10	3	235	
	1:15 a 1:30	64	48	103	12	4	167	
	1:30 a 1:45	73	55	145	14	5	219	
	1:45 a 2:00	125	94	115	10	6	225	
	Totales			542	1005	91	36	1674
	Porcentajes			32	60	5	2	100

Nota. La tabla muestra la variación del volumen de tránsito en la estación de cobertura 3 durante las 12:00 m – 2:00 p.m., con dirección; calle 55 #17C con diagonal 15. Bucaramanga, Santander.

Tabla 9.

Volumen de tránsito en la estación de cobertura 4.

		Hora pico. Volúmenes de tránsito. Estación de cobertura N°4					
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	12:00 p. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	2:00 p. m.	cr 17c entre calles 56-57	0.75
	Hora (Pm)	Motos	Motos Equivalentes	Particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y volquetas	Total
1	12:00 a 12:15	121	91	149	4	1	245
	12:15 a 12:30	88	66	91	4	0	161
	12:30 a 12:45	80	60	86	4	2	152
	12:45 a 1:00	74	56	70	2	1	129
2	1:00 a 1:15	82	62	135	4	2	203
	1:15 a 1:30	86	65	92	5	2	164
	1:30 a 1:45	86	65	84	4	2	155
	1:45 a 2:00	124	93	90	6	1	190
	Totales			558	797	33	11
Porcentajes			40	57	2	1	100

Nota. La tabla muestra la variación del volumen de tránsito en la estación de cobertura 4 durante las 12:00 m – 2:00 p.m., con dirección; Cr 17C entre calles 56-57. Bucaramanga, Santander

Tabla 10.

Volumen de tránsito en la estación de cobertura 5.

Estación	Hora Pico. Volúmenes de tránsito. Estación de cobertura N°5 (Occidente-Oriente)						
	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	5:00 p. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	8:00 p. m.	calle 57 #17 C	0.75
	Hora (Pm)	Motos	Motos Equivalentes	Particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y volquetas	Total
1	5:00 a 5:15	53	40	60	4	3	107
	5:15 a 5:30	57	43	68	4	3	118
	5:30 a 5:45	102	77	88	4	2	171
	5:45 a 6:00	85	64	82	3	1	150
2	6:00 a 6:15	67	51	74	4	0	129
	6:15 a 6:30	63	48	68	6	1	123
	6:30 a 6:45	89	67	69	3	3	142
	6:45 a 7:00	89	67	69	0	4	140
3	7:00 a 7:15	68	51	66	1	2	120
	7:15 a 7:30	92	69	61	1	3	134
	7:30 a 7:45	72	54	72	2	0	128
	7:45 a 8:00	44	33	34	0	1	68
Totales		664	811	32	23	1530	
Porcentajes		43	53	2	2	100	

Nota. La tabla muestra la variación del volumen de tránsito en la estación de cobertura 5 durante las 5:00 p.m. – 8:00 p.m., con dirección; calle 57#17C. Bucaramanga, Santander.

Tabla 11.

Volumen de tránsito en la estación de cobertura 6.

Estación	Hora Pico. Volúmenes de Transito. Estación de cobertura N°6						
	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	5:00 p. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	8:00 p. m.	Cra 17C #55-56	0.75
	Hora (Pm)	Motos	Motos equivalentes	Particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y volquetas	Total
1	5:00 a 5:15	119	90	113	2	2	207
	5:15 a 5:30	121	91	117	2	5	215
	5:30 a 5:45	134	101	92	3	2	198
	5:45 a 6:00	143	108	109	3	2	222

Tabla 11. (Continuación)

Hora Pico. Volúmenes de Transito. Estación de cobertura N°6							
Estación	Día:	viernes	sábado	Hora inicio:	5:00 p. m.	Localización:	Equivalencia
	Fecha:	18/10/2019	19/10/2019	Hora final:	8:00 p. m.	Cra 17C #55-56	0.75
	Hora (Pm)	Motos	Motos equivalentes	Particular y taxis	Buses y busetas	Camiones y volquetas	Total
2	6:00 a 6:15	129	97	90	3	0	190
	6:15 a 6:30	131	99	104	3	0	206
	6:30 a 6:45	191	144	110	1	1	256
	6:45 a 7:00	112	84	79	2	3	168
3	7:00 a 7:15	140	105	109	5	1	220
	7:15 a 7:30	134	101	86	2	3	192
	7:30 a 7:45	122	92	102	4	0	198
	7:45 a 8:00	117	88	106	2	1	197
Totales			1200	1217	32	20	2469
Porcentajes			49	49	1	1	100

Nota. La tabla muestra la variación del volumen de tránsito en la estación de cobertura 6 durante las 5:00 p.m. – 8:00 p.m., con dirección; Cr 17C #55-56. Bucaramanga, Santander.

5. Caracterización de la malla vial

La recolección de datos es importante para determinar el comportamiento del tránsito vehicular y el estado de las vías, es necesario caracterizar bien la malla vial con su respectiva señalización, comportamiento del tráfico, semaforización, tipo de pavimento y clasificación de la vía para que suministre una información que se aproxime a la realidad de los factores que influyen en la calidad y el buen servicio, esto nos permite saber si afectan directamente o indirectamente, la velocidad, la tasa de flujo, el factor horario de máxima demanda y quizás hace que aumente el volumen vehicular.

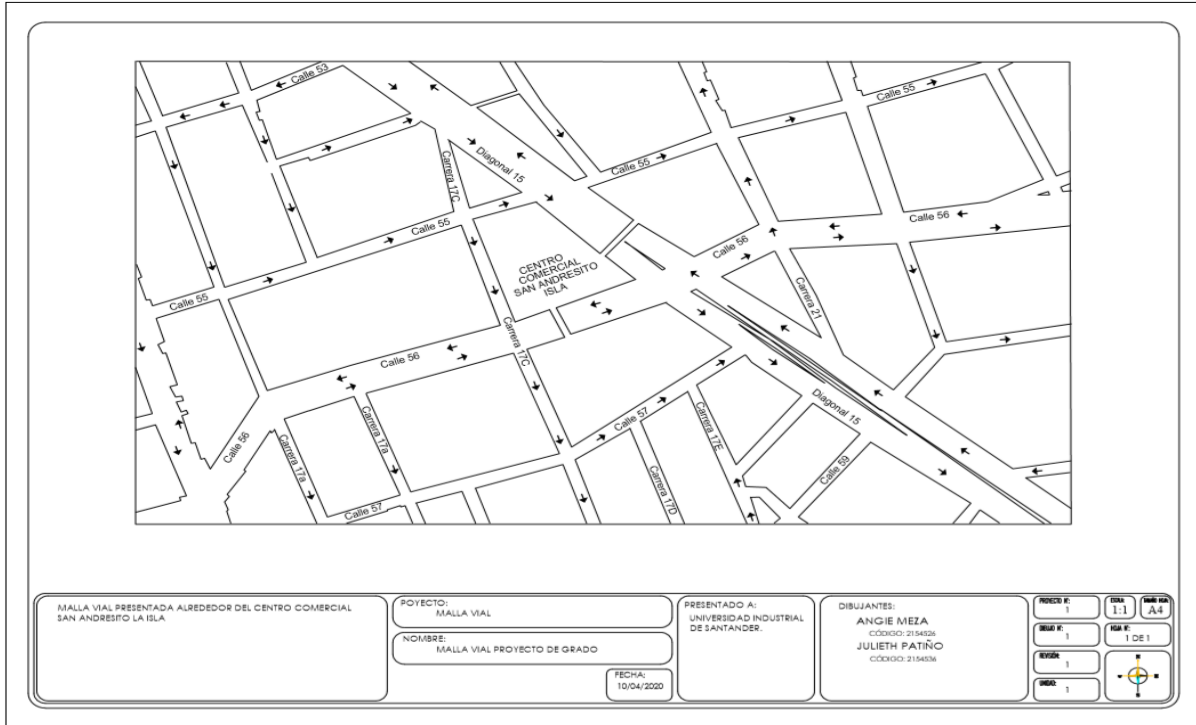


Figura 4. Plano en AutoCAD de la zona de estudio del proyecto de investigación. Adaptada de Meza, A y Patiño J. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2020.

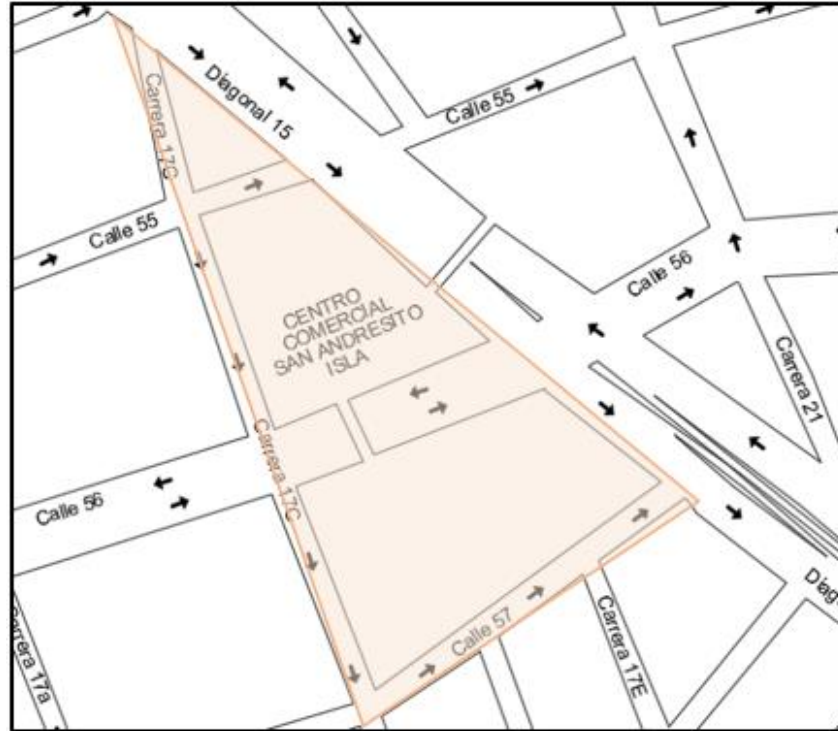


Figura 5. Malla vial en AutoCAD. Adaptada de Meza, A y Patiño J. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2020.

5.1 Intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.

Los semáforos son importantes para la circulación de vehículos y peatones en la vía.

Los puntos rojos indican las estaciones semaforizadas y los verdes las estaciones que no cuentan con semaforización.



Figura 6. Intersección de semaforización. Adaptada de: plan de ordenamiento territorial de Bucaramanga. Recuperado de <https://www.bucaramanga.gov.co/la-ruta/archivo-pot/>

Tabla 12.

Semaforización en las estaciones.

Estaciones de cobertura	Semáforo	Intersección
EM	SI	Cra 17C Calle 56-57.
EST 1	SI	Diagonal 15 #55-80 y #55-96.
EST 2	NO	-
EST 3	SI	Calle 55 #17C – 59 y 17C – 1.
EST 4	NO	-
EST 5	SI	Calle 56 # 17C- 119 y #17C – 55.
EST 6	SI	Cra 17C #55-70 y #55-90.

Nota. La tabla muestra cuales estaciones están semaforizadas en la zona de estudio

5.2 Señalización horizontal y vertical

Se realizó el conteo de la señalización vertical y horizontal de la zona para que los usuarios puedan cumplir las normas y tener seguridad vial. Se encontró 39 señales de tránsito horizontal y 22 señales de tránsito vertical.

Las señales horizontales generalmente se encuentran pintadas o adheridas sobre el pavimento, mientras las verticales se encuentran en placas metálicas adheridas a estructuras como postes o tubos.

5.3 Clasificación vial urbana

Se determinó la clasificación vial de tipo urbano en donde se menciona que tipo de pavimento está presente en cada punto de aforo realizado, así mismo el tipo de vía y la zona en la que se clasifica.



Figura 7. Clasificación vial urbana, Adaptada de Alcaldía de Bucaramanga. Recuperado de <https://www.bucaramanga.gov.co/la-ruta/archivo-pot/>

Todas las estaciones se encuentran en una clasificación de vía urbana según el POT (plan de ordenamiento territorial) de Bucaramanga.

5.3.1 Clasificación vial urbana de la estación maestra. La estación maestra se clasifica con un tipo de vía secundaria, cuenta con una construcción en pavimento flexible.

El tipo de vía secundaria se caracteriza por conformar los ejes viales que alimentan las zonas urbanas y permiten la conexión con las vías primarias, también están orientadas a canalizar el tráfico vehicular.



Figura 8. Localización exacta para toma de datos en la estación maestra. Adaptado de Open street.

5.3.2 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 1. La estación de cobertura 1 se clasifica con un tipo de vía primaria, cuenta con una construcción en pavimento flexible.

El tipo de vía primaria se caracteriza por ser continuas que permiten la conexión en su totalidad del territorio del área metropolitana, a su vez están orientadas a canalizar el tráfico vehicular.



Figura 9. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 1. Adaptado de Open street.

5.3.3 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 2. La estación de cobertura 2 se clasifica con un tipo de vía red local nivel 2, cuenta con una construcción en pavimento flexible.

La vía red local nivel 2 se caracteriza por su función de servicio interno de las áreas residenciales y comerciales, están orientadas principalmente en canalizar los flujos peatonales hacia los sectores donde hay mayor actividad.



Figura 10. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 2. Adaptado de Open street.

5.3.4 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 3. La estación de cobertura 3 se clasifica con un tipo de vía red local nivel 1, cuenta con una construcción en pavimento flexible.

La vía red local nivel 1 se caracteriza por su función de penetración a los sectores residenciales.



Figura 11. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 3. Adaptado de Open street.

5.3.5 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 4. La estación de cobertura 4 se clasifica con un tipo de vía red local nivel 1, cuenta con una construcción en pavimento flexible.



Figura 12. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 4. Adaptado de Open street.

5.3.6 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 5. La estación de cobertura 5 se clasifica con un tipo de vía secundaria, cuenta con una construcción en pavimento flexible.



Figura 13. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 5. Adaptado de Open street.

5.3.7 Clasificación vial urbana de la estación de cobertura 6. La estación de cobertura 6 se clasifica con un tipo de vía red local nivel 1, cuenta con una construcción en pavimento flexible.



Figura 14. Localización exacta para toma de datos en la estación de cobertura 6. Adaptado de Open street.

6. Descripción de los niveles de servicio de acuerdo a la observación visual y mediante los cálculos basados en los datos de campo

Los niveles de servicio de un sistema vial rural o urbano, están categorizados desde la A cuando por lo menos existe un único vehículo en la vía, pasando por ocupaciones intermedias, hasta llegar al nivel F, cuando la vía está totalmente llena de vehículos y no es posible los flujos vehiculares libres.

A continuación, se expone una descripción de esos niveles de servicio (NDS) de acuerdo con la observación visual y mediante los cálculos basados en los datos de campo.

6.1 Nivel de servicio A

Describe una operación principalmente de flujo libre, es decir, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros vehículos en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito.

6.2 Nivel de servicio B

Se encuentra aún dentro del rango de flujo libre, razonablemente sin impedimentos, es decir, la capacidad para maniobrar dentro de la corriente de tránsito está sólo ligeramente restringida y la demora por control en la intersección límite no es significativa.

6.3 Nivel de servicio C

Pertenece al rango de operación o flujo estable, donde la capacidad para maniobrar y cambiar de velocidad puede ser más restringida que en el NDS B, marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. Además, colas más largas en la intersección límite pueden contribuir a una disminución en las velocidades de viaje.

6.4 Nivel de servicio D

Indica una circulación menos estable en la que pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos sustanciales en la demora y disminuciones en la velocidad de viaje. Esta operación puede ser debido a progresión adversa de los semáforos, y el usuario experimenta un nivel de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

6.5 Nivel de servicio E

Representa una operación inestable y demora significativa, El funcionamiento está en él, o cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo. La libertad de maniobra para circular es difícil y conlleva a los vehículos a verse forzados a “ceder el paso”. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos de flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapso y generan frustración en los conductores.

6.6 Nivel de servicio F

Se caracteriza por un flujo forzado de muy baja velocidad. La congestión se produce probablemente en la intersección límite, según se indica por alta demora y colas extensas.

7. Cálculos

7.1 Estudio de volúmenes, vehiculares y análisis de congestiónamiento.

En materia de ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, pasajeros, peatones o ciclistas, en este caso, son de vehículos. Para tener una estimación de volúmenes, tasas de flujo, demanda capacidad y otras variables es necesario realizar aforos o conteos (Yarce Marín, Y. 2015).

Hoy día es necesario aplicar variables de movilidad, para realizar un proyecto vial de alta calidad, hay que tener en cuenta los volúmenes de vehículos que se mueven por la sección vial en estudio para conocer los factores y la forma en la que se encontrará esa sección vial a futuro, para evitar congestiónamientos que genere pérdidas económicas y externalidades negativas del tránsito y el transporte.

7.2 Definiciones técnicas

Tabla 13.

Conceptos básicos utilizados en el análisis.

TH	Tránsito horario.
TD	Tránsito diario.
VHMD	Volumen horario de máxima demanda.
Q	Tasa de flujo.
FHMD	Factor horario de máxima demanda.
Q15	Tasa de flujo de 15 minutos.
HCM	Highway Capacity Manual. Manual de capacidad Vial.
NDS	Niveles de servicio.

Nota. La tabla muestra las definiciones utilizadas en el análisis del proyecto.

Para el desarrollo del análisis y cálculo del proyecto fue necesario realizar un conteo en una estación maestra el día viernes 18 de octubre del 2019 con dirección Calle 56 #17C – Diagonal 15 sentido oriente a occidente, durante 24 horas al día y también en 6 puntos diferentes alrededores del centro comercial san Andresito la isla, todo esto con el fin de verificar durante el aforo, el volumen horario de máxima demanda (VHMD), el flujo máximo ($Q_{\text{máx}}$), el factor horario de máxima demanda (FHMD) y la tasa de flujo cada 15 minutos (Q_{15}) que nos permite identificar los congestionamientos vehiculares.

7.3 Clasificación de los niveles de servicio

A partir de los resultados observados para cada estación de cobertura, se hizo un análisis de clasificación de cada nivel de servicio con la descripción visual a partir de datos encontrados. Se utilizó un estudio realizado por el profesor Fredy Alberto Guio de la universidad UPTC.

Tabla 14.

NDS para vías urbanas.

Clasificación	I	II	III	IV
Rango velocidades	90-70	70-55	55-50	55-40
Flujo libre	80	65	55	45
NDS	Promedio de velocidades			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	> 26-32	> 21-26	> 17-22	> 14-18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Nota. La tabla muestra la clasificación de los niveles de servicios para vías urbanas teniendo en cuenta el rango de velocidades. Adaptado de: Highway Capacity Manual (HCM) 2000.

Tabla 15.

Cálculo de rangos de FHMD en función de las velocidades.

Cálculos de rangos de FHMD en función de las velocidades urbanas HCM 2000						NDS Según FHMD					
Rangos según velocidad		Diferencia	Incidencia	Prueba	Rangos		Diferencia	NDS	EM Y EC	FHMD	NDS
41	45	4	8.89%	1	1	0.91	0.09	A	1	0.92	A
32	41	9	20.00%		0.91	0.71	0.20	B	2	0.94	A
23	32	9	20.00%		0.71	0.51	0.20	C	3	0.90	A
18	23	5	11.11%		0.51	0.40	0.11	D	4	0.88	B
14	18	4	8.89%		0.40	0.31	0.09	E	5	0.80	B
0	14	14	31.11%		0.31	0.00	0.31	F	6	0.95	A
									Maestra	0.5	D

Nota. La tabla muestra el procedimiento realizado para estimar los rangos en función de FHMD teniendo en cuenta los rangos para velocidades en vías urbanas propuestos por el HCM 2000

Se procede a calificar cada nivel de servicio (A-F) según los rangos obtenidos anteriormente en función del FHMD.

Tabla 16.

Calificativos para los niveles de servicio.

Niveles de servicio		
Rangos según FHMD	NDS	Calificativo
1.00-0.91	A	Excelente
0.91-0.71	B	Bueno
0.71-0.51	C	Optimo
0.51-0.40	D	Eficiente
0.40-0.31	E	REGULAR
0.31-0.00	F	MALO

Nota 27. La tabla muestra la clasificación de cada nivel de servicio con su respectivo calificativo

7.3.1 Nivel de servicio en la estación maestra. De acuerdo con los datos obtenidos de campo relacionados a la estación maestra, es posible determinar los rangos para los niveles de servicio (NDS) del sector.

Para ello se debe principalmente hallar el VHMD de la estación maestra. Para el caso la hora crítica fue de 6:00 p.m. a 7:00 p.m. en donde se encuentra el volumen horario de máxima demanda (VHMD) el cual fue de 1843 veh mixtos /hora.

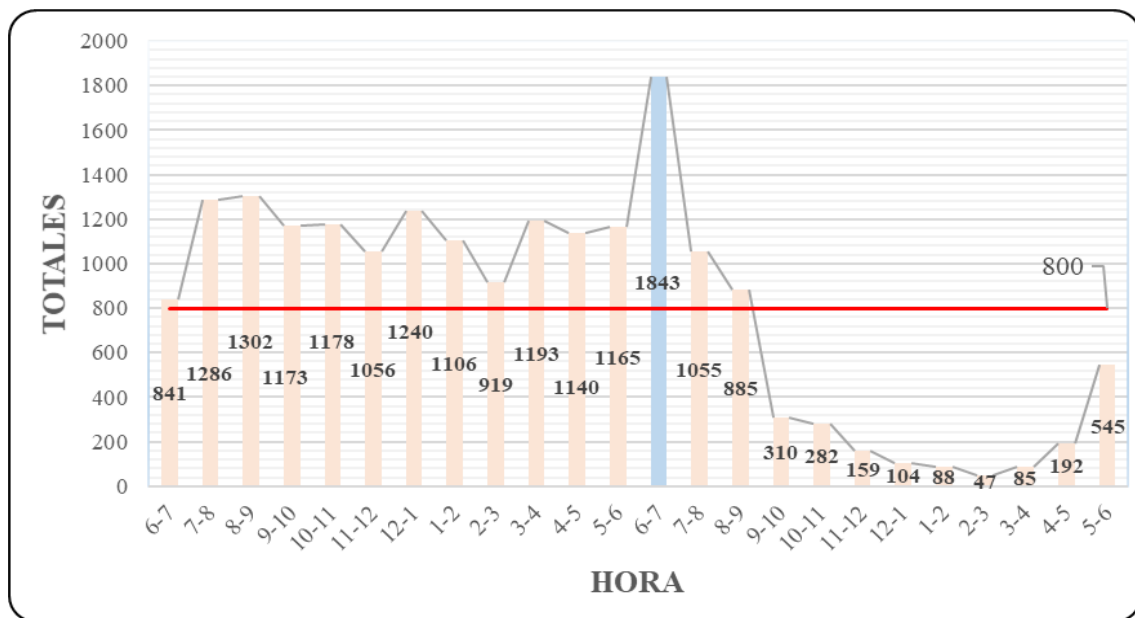


Figura 15. VHMD de cada una de las horas aforadas en la estación maestra.

Luego de tener el máximo valor de VHMD en la estación maestra, se identifica cuál fue el $Q_{máx}$ que pasó durante esa hora, para el caso fue de 915 veh mixtos, en la franja de 6:15 p.m - 6:30 p.m.

Tabla 17.

VHMD en la estación maestra y la tasa de flujo cada 15 min.

VHMD y tasa de flujo periodos de 15 minutos

Hora (pm)	q
6:00- 6:15	307
6:15 - 6:30	915
6:30 - 6:45	318
6:45 - 7:00	303
VHMD	1843

Nota. La tabla muestra la distribución cada 15 min de la tasa flujo con su respectivo VHMD en la estación maestra

Según lo que indique los valores de q máximo se puede deducir la clasificación de los NDS, para un periodo establecido de 15 minutos para la hora de máxima demanda.

Para obtener el valor de factor horario de máxima demanda se utiliza el volumen horario de máxima demanda fraccionado por 4 veces multiplicado por el flujo máximo en periodos de 15 min. Su fórmula matemática es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * Q_{15M\acute{a}x}}$$

$$FHMD = \frac{1843 \text{ veh/hora}}{4 * 915 \text{ veh}}$$

$$FHMD = 0.50$$

Teniendo en cuenta la clasificación de los niveles de servicio según los rangos de FHMD establecidos, se puede fijar la estación maestra en un nivel de servicio tipo D.

7.3.2 Nivel de servicio en la estación de cobertura 1. Para el caso la hora crítica fue de 6:00 a.m. a 7:00 a.m. en donde se encuentra el mayor volumen horario de máxima demanda (VHMD) el cual fue de 1368 veh mixtos /hora.

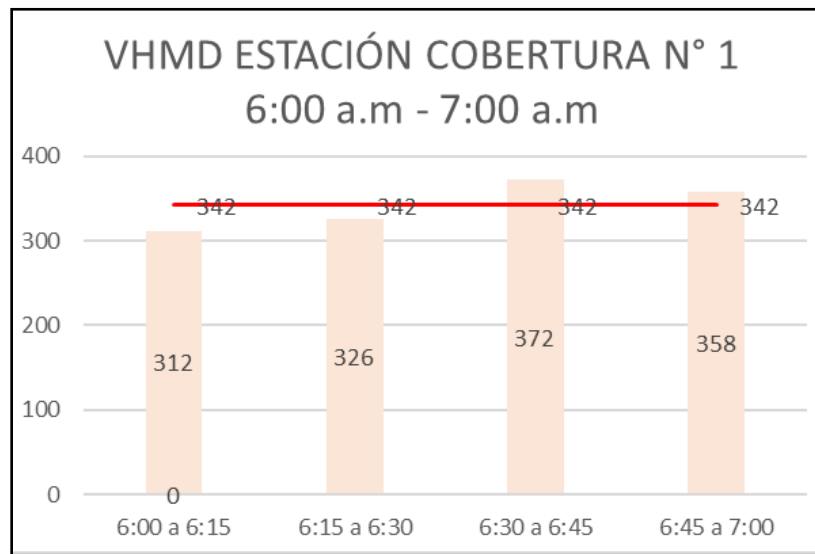


Figura 16. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 1.

$$FHMD = \frac{1368 \text{ veh/hora}}{4 * 372 \text{ veh}}$$

$$FHMD = 0.92$$

Según los rangos de FHMD establecidos, se puede fijar la estación de cobertura 1 en un nivel de servicio tipo A.

7.3.3 Nivel de servicio en la estación de cobertura 2. Para el caso la hora crítica fue de 8:00 a.m. a 9:00 a.m. en donde se encuentra el mayor volumen horario de máxima demanda (VHMD) el cual fue de 131 veh mixtos /hora.

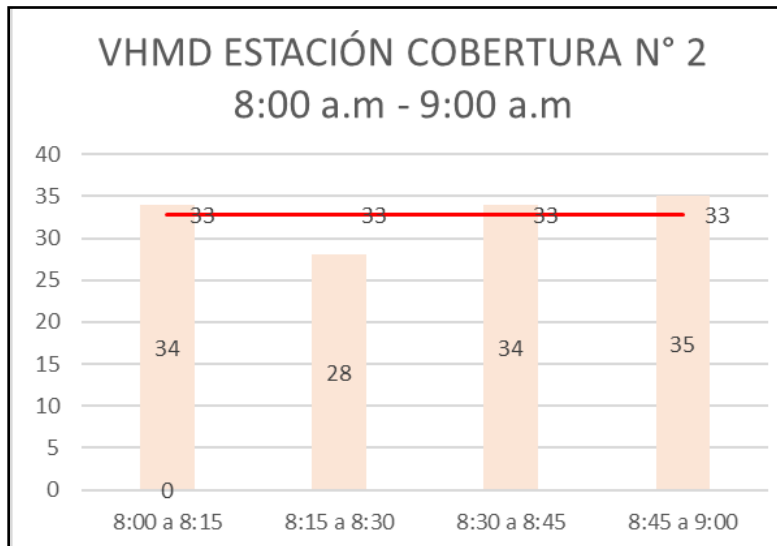


Figura 17. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 2.

$$FHMD = \frac{131 \text{ veh/hora}}{4 * 35 \text{ veh}}$$

$$FHMD = 0.94$$

Según los rangos de FHMD establecidos, se puede fijar la estación de cobertura 2 en un nivel de servicio tipo A.

7.3.4 Nivel de servicio en la estación de cobertura 3. Para el caso la hora crítica fue de 1:00 p.m. a 2:00 p.m. en donde se encuentra el mayor volumen horario de máxima demanda (VHMD) el cual fue de 846 veh mixtos /hora.

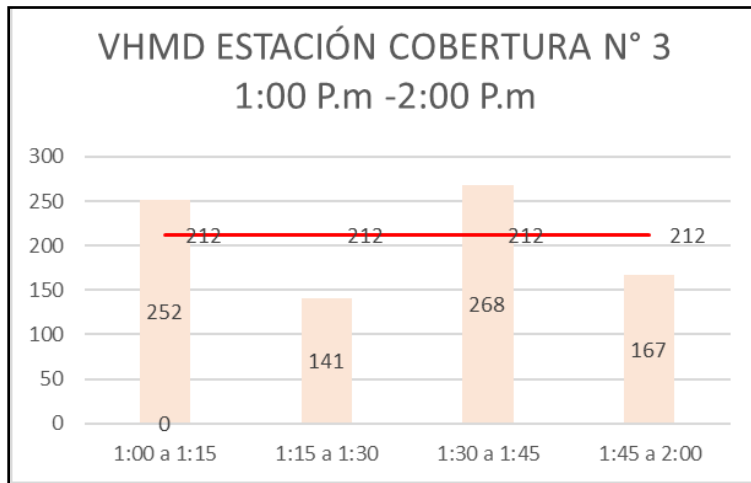


Figura 18. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 3.

$$FHMD = \frac{846 \text{ veh/hora}}{4 * 235 \text{ veh}}$$

$$FHMD = 0.90$$

Según los rangos de FHMD establecidos, se puede fijar la estación de cobertura 3 en un nivel de servicio tipo A.

7.3.5 Nivel de servicio en la estación de cobertura 4. Para el caso la hora crítica fue de 1:00 p.m. a 2:00 p.m. en donde se encuentra el mayor volumen horario de máxima demanda (VHMD) el cual fue de 712 veh mixtos /hora.

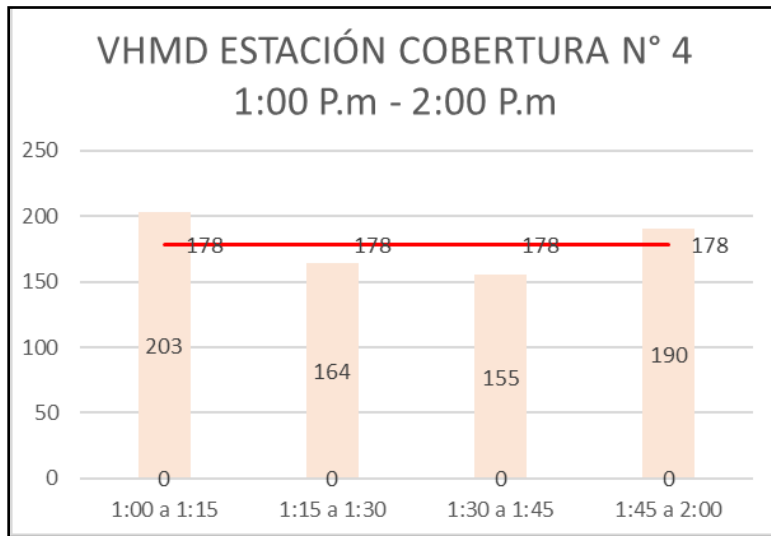


Figura 19. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 4.

$$FHMD = \frac{712 \text{ veh/hora}}{4 * 203 \text{ veh}}$$

$$FHMD = 0.88$$

Según los rangos de FHMD establecidos, se puede fijar la estación de cobertura 4 en un nivel de servicio tipo B.

7.3.6 Nivel de servicio en la estación de cobertura 5. Para el caso la hora crítica fue de 5:00 p.m. a 6:00 p.m. en donde se encuentra el mayor volumen horario de máxima demanda (VHMD) el cual fue de 546 veh mixtos /hora.

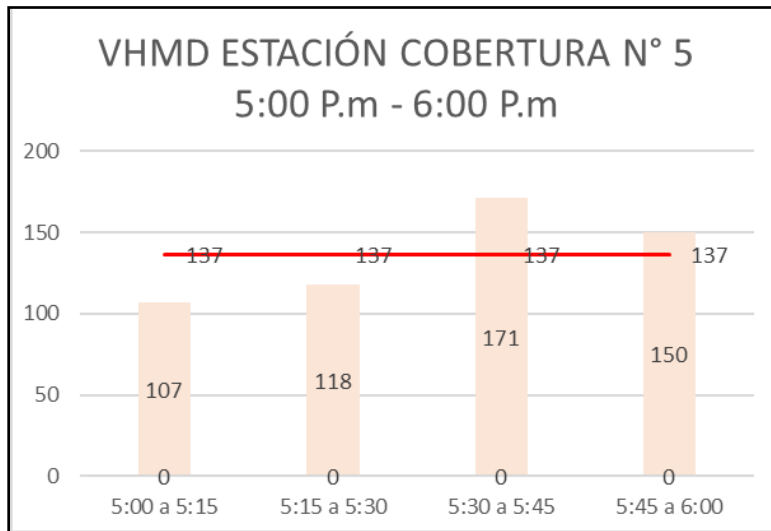


Figura 20. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 5.

$$FHMD = \frac{546 \text{ veh/hora}}{4 * 171 \text{ veh}}$$

$$FHMD = 0.80$$

Según los rangos de FHMD establecidos, se puede fijar la estación de cobertura 5 en un nivel de servicio tipo B.

7.3.7 Nivel de servicio en la estación de cobertura 6. Para el caso la hora crítica fue de 5:00 p.m. a 6:00 p.m. en donde se encuentra el mayor volumen horario de máxima demanda (VHMD) el cual fue de 842 veh mixtos /hora.

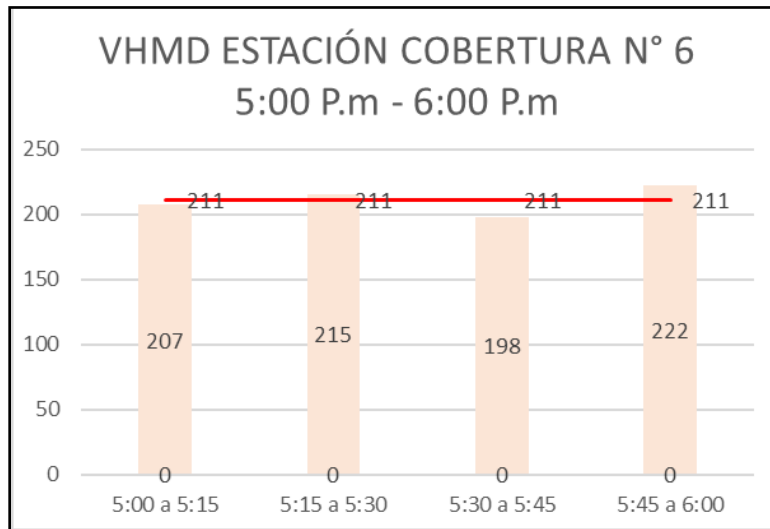


Figura 21. La figura muestra la tasa de flujo cada 15 minutos del VHMD en la estación de cobertura 6.

$$FHMD = \frac{842 \text{ veh/hora}}{4 * 222 \text{ veh}}$$

$$FHMD = 0.95$$

Según los rangos de FHMD establecidos, se puede fijar la estación de cobertura 6 en un nivel de servicio tipo A.

7.3.8 Justificación de movilidad. Se hace la respectiva justificación para cada VHMD Y Q_{máx} correspondiente a cada estación, incluyendo la estación maestra.

Tabla 18.

Justificación de movilidad para cada estación.

Horarios de los q máximos Y VHMD- Justificación de movilidad

Puntos	Q máximo	VHMD	Justificación		
E. maestra	915	6:00 - 7:00 pm	1843	6-7 pm	Terminación jornada laboral y visita al centro comercial San Andresito.
1	372	6:30-6:45 am	1368	6-7 am	Inicio Jornada laboral y estudiantil.
2	35	8:45-9:00 am	131	8-9 am	En este punto el tránsito vehicular era muy poco, solo pasaban vehículos que usaban el parqueadero que quedaba allí.
3	235	1:00-1:15 pm	846	1-2 pm	Actividades de almuerzo.
4	203	12:30-12:45 pm	687	12-1 pm	Actividades de almuerzo.
5	171	5:30-5:45 pm	546	5-6 pm	Terminación jornada laboral y actividades varias
6	222	5:45-6:00 pm	842	5-6 pm	Terminación jornada laboral y actividades varias.

Nota. La tabla muestra cada estación con sus VHMD Y Q_{máx} hallados anteriormente con su respectiva justificación de movilidad

7.4 Análisis de la distribución del tránsito e impacto global generado por el proyecto en el sector.

7.4.1 Impacto desde y hacia las estaciones de cobertura. A partir de los datos que se obtuvieron desde la estación maestra, se realiza un análisis de la distribución del tránsito, hacia

todas las estaciones de cobertura que permiten estimar a partir del tránsito horario de cada una de las horas del día, brindar una proporcionalidad y fijar un tránsito horario y diario para cada estación.

El impacto global ocasionado por el proyecto se genera mediante la producción de datos que defina los patrones de flujo en la red urbana alrededor del centro comercial san Andresito la isla, durante intervalos de tiempo establecidos. Se utiliza una técnica de muestreo, con la definición de estaciones maestras o de control en las cuales se aforan durante periodos de largo tiempo, para monitorear las variaciones de flujo y de esta manera ajustar los aforos en estaciones de cobertura según lo estipulado en el libro ajuste de volúmenes de tránsito a nivel urbano de Cal y Mayor (versión 2010).

Tabla 19.

Volúmenes horarios de máxima demanda en las estaciones.

Hora	Estación		Estaciones de cobertura					
	Maestra	TH	1	2	3	4	5	6
6-7	841	1368						
7-8	1286							
8-9	1302			131				
9-10	1173							
10-11	1178							
11-12	1056							
12-1	1240					687		
1-2	1106				846			
2-3	919							

Tabla 19. (Continuación)

Hora	Estación Maestra	Estaciones de cobertura					
	TH	1	2	3	4	5	6
3-4	1193						
4-5	1140						
5-6	1165					546	842
6-7	1843						
7-8	1055						
8-9	885						
9-10	310						
10-11	282						
11-12	159						
12-1	104						
1-2	88						
2-3	47						
3-4	85						
4-5	192						
5-6	545						
	19191						

Nota. La tabla muestra el VHMD de cada estación de cobertura y de la estación maestra

De la tabla podemos deducir que, al aforar durante 24 horas para cada hora del día en la estación maestra nos arroja un tránsito horario de 19.191 vehículos mixtos.

7.4.2 Tránsitos horarios y diarios en cada estación de cobertura. Teniendo en cuenta los tránsitos horarios de la estación maestra, se debe hallar la proporción para hacer la respectiva distribución en cada estación de cobertura y así posteriormente hallar el tránsito diario en cada una de ellas.

Tabla 20.

Tránsitos horarios y diarios en las estaciones de cobertura.

TH. EST. COB. 1	
TH (6-7)	1368
Proporción	0.043797
TD1	31235
TH. EST. COB. 2.	
TH (8-9)	131
Proporción	0.067024
TD2	1955
TH. EST. COB.3	
TH (1-2)	846
Proporción	0.057606
TD3	14686
TH. EST. COB.4	
TH (12-1)	687
Proporción	0.064601
TD4	10634
TH. EST. COB.5	
TH (5-6)	546
Proporción	0.060706
TD5	8994
TH. EST. COB.6	
TH (5-6)	842
Proporción	0.060706
TD6	13870

Nota. La tabla muestra los tránsitos horarios y diarios que se hallaron para cada estación de cobertura a partir de una proporción de los tránsitos horarios de la estación maestra

$$\text{Proporción (para cada hora)} = \frac{TH \text{ (Estación maestra)}}{TD \text{ (Estación maesta)}}$$

$$TD(\text{para la estación de cobertura}) = \frac{VHMD \text{ (estación de cobertura)}}{\text{Proporción (para cada hora)}}$$

Tabla 21.

Distribución del tránsito en la estación de cobertura 1.

Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación maestra. Impacto en áreas aledañas. punto 1 DIAGONAL 15 # 55-56

Hora	TH	Proporción horaria.	
		Estación maestra	Tránsito horario. Estaciones de cobertura 1
6-7	841	0.043797	1368
7-8	1286	0.067024	2094
8-9	1302	0.067845	2119
9-10	1173	0.061110	1909
10-11	1178	0.061384	1917
11-12	1056	0.055000	1718
12-1	1240	0.064601	2018
1-2	1106	0.057606	1799
2-3	919	0.047862	1495
3-4	1193	0.062139	1941
4-5	1140	0.059404	1855
5-6	1165	0.060706	1896

Tabla 21. (Continuación)

Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación maestra. Impacto en áreas aledañas. punto 1 DIAGONAL 15 # 55-56

Hora	TH	Proporción horaria.	Tránsito horario.
		Estación maestra	Estaciones de cobertura 1
6-7	1843	0.096010	2999
7-8	1055	0.054974	1717
8-9	885	0.046129	1441
9-10	310	0.016154	505
10-11	282	0.014682	459
11-12	159	0.008298	259
12-1	104	0.005419	169
1-2	88	0.004573	143
2-3	47	0.002449	76
3-4	85	0.004429	138
4-5	192	0.010018	313
5-6	545	0.028386	887
	19191	1.000	31235

Nota. La tabla muestra cada una de las proporciones halladas para la estación de cobertura 1 y sus respectivos tránsitos horarios que nos arrojan en total n tránsito diario de 31.235 veh mixtos.

Tabla 22.

Distribución del tránsito en la estación de cobertura 2.

**Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación
maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 2 Calle 57 #17C**

Hora	TH	Proporción horaria. Estación Maestra	Transito horario. estaciones de cobertura 2
6-7	841	0.043797	86
7-8	1286	0.067024	131
8-9	1302	0.067845	133
9-10	1173	0.061110	119
10-11	1178	0.061384	120
11-12	1056	0.055000	107
12-1	1240	0.064601	126
1-2	1106	0.057606	113
2-3	919	0.047862	94
3-4	1193	0.062139	121
4-5	1140	0.059404	116
5-6	1165	0.060706	119
6-7	1843	0.096010	188
7-8	1055	0.054974	107
8-9	885	0.046129	90
9-10	310	0.016154	32
10-11	282	0.014682	29

Tabla 22. (Continuación)

**Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación
maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 2 Calle 57 #17C**

Hora	TH	Proporción horaria.	Transito horario.
		Estación Maestra	estaciones de cobertura 2
11-12	1056	0.055000	107
12-1	1240	0.064601	126
1-2	1106	0.057606	113
2-3	919	0.047862	94
3-4	1193	0.062139	121
4-5	1140	0.059404	116
5-6	1165	0.060706	119
6-7	1843	0.096010	188
7-8	1055	0.054974	107
8-9	885	0.046129	90
9-10	310	0.016154	32
10-11	282	0.014682	29
11-12	159	0.008298	16
12-1	104	0.005419	11
1-2	88	0.004573	9
2-3	47	0.002449	5
3-4	85	0.004429	9
4-5	192	0.010018	20
5-6	545	0.028386	55
	19191	1.000000	1955

Nota. La tabla muestra cada una de las proporciones halladas para la estación de cobertura 2 y sus respectivos transitos horarios que nos arrojan en total n transito diario de 1.955 veh mixtos.

Tabla 23.

Distribución del tránsito en la estación de cobertura 3.

Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 3 Calle 55 #17C DIAGONAL

15

Hora	TH	Proporción horaria. estación maestra	Tránsito horario. estaciones de cobertura 3
6-7	841	0.043797	643
7-8	1286	0.067024	984
8-9	1302	0.067845	996
9-10	1173	0.061110	897
10-11	1178	0.061384	901
11-12	1056	0.055000	808
12-1	1240	0.064601	949
1-2	1106	0.057606	846
2-3	919	0.047862	703
3-4	1193	0.062139	913
4-5	1140	0.059404	872
5-6	1165	0.060706	892
6-7	1843	0.096010	1410
7-8	1055	0.054974	807
8-9	885	0.046129	677
9-10	310	0.016154	237
10-11	282	0.014682	216

Tabla 23. (Continuación)

Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 3 Calle 55 #17C Diagonal 15

Hora	TH	Proporción horaria. estación maestra	Tránsito horario. estaciones de cobertura 3
11-12	1056	0.055000	808
12-1	1240	0.064601	949
1-2	1106	0.057606	846
2-3	919	0.047862	703
3-4	1193	0.062139	913
4-5	1140	0.059404	872
5-6	1165	0.060706	892
6-7	1843	0.096010	1410
7-8	1055	0.054974	807
8-9	885	0.046129	677
9-10	310	0.016154	237
10-11	282	0.014682	216
11-12	159	0.008298	122
12-1	104	0.005419	80
1-2	88	0.004573	67
2-3	47	0.002449	36
3-4	85	0.004429	65
4-5	192	0.010018	147
5-6	545	0.028386	417
	19191	1.000000	14686

Nota. La tabla muestra cada una de las proporciones halladas para la estación de cobertura sus respectivos tránsitos horarios que nos arrojan en total n tránsito diario de 14.686 veh mixtos 3 y 4

Tabla 24.

Distribución del tránsito en la estación de cobertura 4.

Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 4 CR 17 C entre calles 56-57

Hora	TH	Proporción horaria. estación maestra	Tránsito horario. estaciones de cobertura 4
6-7	841	0.043797	466
7-8	1286	0.067024	713
8-9	1302	0.067845	721
9-10	1173	0.061110	650
10-11	1178	0.061384	653
11-12	1056	0.055000	585
12-1	1240	0.064601	687
1-2	1106	0.057606	613
2-3	919	0.047862	509
3-4	1193	0.062139	661
4-5	1140	0.059404	632
5-6	1165	0.060706	646
6-7	1843	0.096010	1021
7-8	1055	0.054974	585
8-9	885	0.046129	491
9-10	310	0.016154	172
10-11	282	0.014682	156
11-12	159	0.008298	88
12-1	104	0.005419	58
1-2	88	0.004573	49

Tabla 24. (Continuación)

**Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación
maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 4 CR 17 C entre calles 56-57**

Hora	TH	Proporción horaria. estación maestra	Tránsito horario. estaciones de cobertura 4
2-3	919	0.047862	509
3-4	1193	0.062139	661
4-5	1140	0.059404	632
5-6	1165	0.060706	646
6-7	1843	0.096010	1021
7-8	1055	0.054974	585
8-9	885	0.046129	491
9-10	310	0.016154	172
10-11	282	0.014682	156
11-12	159	0.008298	88
12-1	104	0.005419	58
1-2	88	0.004573	49
2-3	47	0.002449	26
3-4	85	0.004429	47
4-5	192	0.010018	107
5-6	545	0.028386	302
	19191	1.000	10634

Nota. La tabla muestra cada una de las proporciones halladas para la estación de cobertura 4 y sus respectivos tránsitos horarios que nos arrojan en total n tránsito diario de 10.634 veh mixtos

Tabla 25.

Distribución del tránsito en la estación de cobertura 5.

**Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación
maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 5 calle 56 #17C**

Hora	TH	Proporción horaria. Estación maestra	Tránsito horario. Estaciones de cobertura 5
6-7	841	0.043797	394
7-8	1286	0.067024	603
8-9	1302	0.067845	610
9-10	1173	0.061110	550
10-11	1178	0.061384	552
11-12	1056	0.055000	495
12-1	1240	0.064601	581
1-2	1106	0.057606	518
2-3	919	0.047862	430
3-4	1193	0.062139	559
4-5	1140	0.059404	534
5-6	1165	0.060706	546
6-7	1843	0.096010	864
7-8	1055	0.054974	494
8-9	885	0.046129	415
9-10	310	0.016154	145
10-11	282	0.014682	132
11-12	159	0.008298	75
12-1	104	0.005419	49
1-2	88	0.004573	41

Tabla 25. (Continuación)

**Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación
maestra. Impacto en áreas aledañas. Punto 5 calle 56 #17C**

Hora	TH	Proporción horaria.	Tránsito horario.
		Estación maestra	Estaciones de cobertura 5
2-3	919	0.047862	430
3-4	1193	0.062139	559
4-5	1140	0.059404	534
5-6	1165	0.060706	546
6-7	1843	0.096010	864
7-8	1055	0.054974	494
8-9	885	0.046129	415
9-10	310	0.016154	145
10-11	282	0.014682	132
11-12	159	0.008298	75
12-1	104	0.005419	49
1-2	88	0.004573	41
2-3	47	0.002449	22
3-4	85	0.004429	40
4-5	192	0.010018	90
5-6	545	0.028386	255
	19191	1.000	8994

Nota. La tabla muestra cada una de las proporciones halladas para la estación de cobertura 5 y sus respectivos tránsitos horarios que nos arrojan en total n tránsito diario de 8.994 veh mixtos

Tabla 26.

Distribución del tránsito en la estación de cobertura 6.

Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación maestra. impacto en áreas aledañas. Punto 6 CR 17C entre calles #55-56

Hora	TH	Proporción horaria. Estación maestra	Tránsito horario. Estaciones de cobertura 6
6-7	841	0.043797	607
7-8	1286	0.067024	930
8-9	1302	0.067845	941
9-10	1173	0.061110	848
10-11	1178	0.061384	851
11-12	1056	0.055000	763
12-1	1240	0.064601	896
1-2	1106	0.057606	799
2-3	919	0.047862	664
3-4	1193	0.062139	862
4-5	1140	0.059404	824
5-6	1165	0.060706	842
6-7	1843	0.096010	1332
7-8	1055	0.054974	762
8-9	885	0.046129	640
9-10	310	0.016154	224
10-11	282	0.014682	204
11-12	159	0.008298	115

Tabla 26. (Continuación)

**Distribución del tránsito en estaciones de cobertura desde la estación
maestra. impacto en áreas aledañas. Punto 6 CR 17C entre calles #55-56**

Hora	TH	Proporción horaria. Estación maestra	Tránsito horario. Estaciones de cobertura 6
12-1	1240	0.064601	896
1-2	1106	0.057606	799
2-3	919	0.047862	664
3-4	1193	0.062139	862
4-5	1140	0.059404	824
5-6	1165	0.060706	842
6-7	1843	0.096010	1332
7-8	1055	0.054974	762
8-9	885	0.046129	640
9-10	310	0.016154	224
10-11	282	0.014682	204
11-12	159	0.008298	115
12-1	104	0.005419	75
1-2	88	0.004573	63
2-3	47	0.002449	34
3-4	85	0.004429	61
4-5	192	0.010018	139
5-6	545	0.028386	394
	19191	1.000	13870

Nota. La tabla muestra cada una de las proporciones halladas para la estación de cobertura 6 y sus respectivos tránsitos horarios que nos arrojan en total n tránsito diario de 13.870 veh mixtos

Luego de la distribución del tránsito en cada estación de cobertura se puede observar que el mayor volumen horario de máxima demanda se encuentra en la franja horaria de 6:00 p.m. – 7:00 p.m. para cada una de ellas, igual que la estación maestra, esto se debe a que sus tránsitos horarios fueron hallados a partir de una proporción en base a los datos de la estación maestra.

8. Posibles soluciones

El riesgo de congestión en la estación maestra permite recomendar la Implementación de foto multas en el sector, pues se pudo observar desorden de tráfico especialmente por presencia del transporte informal, en vehículos motorizados que llegan y se estacionan en un carril, en busca de pasajeros disminuyendo la capacidad vial.

La presencia de agentes de tránsito, ejerciendo control efectivo en el descargue continuo de mercancías es otra de las recomendaciones para las autoridades de tránsito y evitar los “cuellos de botella”, los cuales generan alta congestión vehicular.

Implementar cultura vial mediante charlas ciudadanas que incorporen el respeto por el espacio público y el uso de la bicicleta priorizando el peatón es una solución de bajo costo.

Mejorar la calidad del sistema de transporte público permite a los usuarios del sector tener una mejor accesibilidad y movilidad que suscita la costumbre de usarlo cada día más, desestimulando el uso del auto particular que es el mayor causante de la congestión.

Construir un parqueadero subterráneo o cerca al centro comercial, para que ayude a descongestionar el espacio público.

9. Conclusiones

- Los datos obtenidos a partir de la estación maestra nos arrojan que se encuentra en una zona urbana clasificación vía secundaria, construida con un pavimento flexible. Se determinó un VHMD de 1843 vehículos/hora y un FHMD de 0.5. Los resultados de nivel de servicio arrojan unos resultados tipo D, lo que significa que presenta una congestión media y de las 7 estaciones fue la que presento mayor congestión vehicular.

- Para la estación de cobertura numero 1 arroja que se encuentra en una zona urbana clasificación vía primaria, construida con pavimento flexible. Se determinó un VHMD de 1368 vehículos/hora y un FHMD de 0.92 Los resultados del nivel de servicio arrojan unos resultados de nivel tipo A, lo que indica que presenta un congestionamiento poco perceptible. Se visualizó la presencia de buena señalización vial, además que a pesar que pasa el transporte público de metro línea, no interfiere en la movilización vehicular.

- La estación de cobertura número 2 encontramos una zona urbana clasificación vía red local número 2, construida con pavimento flexible. Se determinó un VHMD de 131 vehículos/hora y un FHMD de 0.94. Los resultados del nivel de servicio arrojan un nivel tipo A. lo que indica un congestionamiento poco perceptible, además que cuenta con poca señalización vial.

- La estación de cobertura numero 3 encontramos una zona urbana clasificación vía red local número 1, construida con pavimento flexible. Se determinó un VHMD de 846 vehículos/hora y un FHMD de 0.9. Los resultados del nivel de servicio arrojan un nivel tipo A, lo que indica un congestionamiento poco perceptible.

- La estación de cobertura número 4 que se encuentra en una zona urbana clasificación vía red local nivel 1, construida con pavimento flexible. Se determinó un VHMD de 712 vehículos/hora y un FHMD de 0.88. Los resultados del nivel de servicio arrojan unos resultados de nivel tipo B, lo que indica una congestión baja.

- La estación de cobertura número 5 que se encuentra en una zona urbana clasificación vía secundaria, construida con pavimento flexible, se encuentra paralela a la estación maestra. Se determinó un VHMD de 546 vehículos/hora y un FHMD de 0.8. Los resultados del nivel de servicio arrojan unos resultados de nivel tipo B, lo que indica una congestión baja.

- La estación de cobertura número 6 que se encuentra en una zona urbana clasificación vía red local nivel 1, construida con pavimento flexible. Se determinó un VHMD de 842 vehículos/hora y un FHMD de 0.95. Los resultados del nivel de servicio arrojan unos resultados de nivel tipo A, lo que indica una congestión poco perceptible.

- La señalización que se encontró en el área de estudio en general fue buena, se determinó un total de 39 señales de tránsito horizontales y 22 señales de tránsito verticales, para un total de 61, lo que indica que el área de estudio se encuentra bien señalizada, la única estación de cobertura en donde no se encontró ninguna señal de tránsito fue en la estación de cobertura 2.

- El volumen horario de máxima de manda (VHMD) arrojó unos resultados de 1843 vehículos/hora para la estación maestra que obtuvo la mayor cifra de las 7 estaciones.

- El factor horario de máxima demanda (FHMD) para la estación con mayor flujo vehicular que es la estación maestra fue de 0.5.

- El tránsito diario que arrojó la investigación del proyecto, dio valores de 19191 vehículos, correspondiente a la estación maestra y valores de 31235 vehículos, 1955 vehículos, 14686

vehículos, 10634 vehículos, 8994 vehículos, 13870 vehículos, respectivamente en orden a cada estación estudiada.

- Según lo observado en el lugar por los alrededores transitan una cantidad considerable de motos realizando transporte ilegal a la espera de la gente que sale del centro comercial, los cuales duran por lapsos de tiempo parados sobre la vía generando que los demás vehículos tengan que maniobrar y hacer un cambio significativo en la velocidad, por tanto, influye en el aumento considerable de la congestión.
- La semaforización del área de estudio del proyecto se encuentra bien establecida, se halló un total de 5 intersecciones semaforizadas y 2 intersecciones no semaforizadas, lo que indica que la movilización del área se encuentra altamente contralada por este sistema y ayuda a disminuir la congestión.

10. Recomendaciones

- De acuerdo con los estudios del presente proyecto, los FHMD arrojaron relativos buenos niveles de servicio, lo que no necesariamente es cierto en todas las horas del día. Eso se debe a que el número de vehículos que pasa en las horas pico, por la sección vial, cuando se toman datos para la congestión, se “disminuye” en el periodo corto de la hora, en razón a que no pueden pasar. Por eso en áreas urbanas y especialmente saturadas, como es en este caso, la toma de muestra de velocidades arroja mejores resultados aplicando el HCM 2000-2010.

- Aplicar un estudio de señalización vial al sector con base en la presente información y con la utilización del manual de señalización vial.
- Los cálculos, ecuaciones e interpretaciones que se utilizaron para el trabajo pueden servir como un complemento al desarrollo de proyectos de viabilidad en el sector y a la toma de decisiones para las posibles soluciones.
- Marcación de cebras en la zona del proyecto y recomendación de su uso.
- Adecuación del lugar donde se puedan hacer el descargue de mercancía.
- Control riguroso de la circulación de motociclistas, especialmente los dedicados al transporte informal.
- Delimitación de los parqueaderos aledaños al centro comercial.
- Involucrar directamente al centro comercial para que genere soluciones frente a la problemática de los vendedores ambulantes y los vehículos que parquean alrededor del mismo.
- Para estudios futuros tener en cuenta el tiempo de parqueo de los vehículos que se estacionan alrededor del centro comercial San Andresito la isla.

Referencias bibliográficas

- Ardila Gomes, A. (1995). *Control de la congestión vehicular en Bogotá con herramientas microeconómicas*. 1st ed. [ebook] Bogota, p.1. Available at: <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.13043/dys.35.1> [Accessed 10 Jul. 2019].
- Cal, R., Reyes, M. and Cardenas G, J. (2007). *Ingeniería de Transito fundamentos y aplicaciones*. 8th ed. [ebook] Mexico, p.1. Available at: <https://www.udocz.com/read/ingenier-a-de-tr-nsito-fundamentos-y-aplicaciones-rafael-cal-y-mayor> [Accessed 10 Jul. 2019].
- Cal, R., Reyes, M. and I.C.I.T.; (1972). *Ingeniería de tránsito, Mexico*. 3th ed. Mexico.
- Guio, F. (2009). *Niveles de servicio*.
- Las enfermedades respiratorias más comunes. (2020). Retrieved 18 April 2020, from <https://www.rcnradio.com/salud/hablemos-de-salud/las-enfermedades-respiratorias-mas-comunes>.
- Thenoux Zeballos, G., & Lastra Fernández, M. *Aplicación y calibración del Highway Capacity Manual versión 2000 (HCM 2000) en una autopista chilena*.
- Wilson, O., (1987). *Trafico vial*, Bucaramanga, Colombia: Universidad industrial de Santander.
- Yarce Marín, Y. (2015). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved 29 April 2020, from <http://www.bdigital.unal.edu.co/50537/1/1035416222.2015.pdf>.