



**Estudio para Evaluar la Peatonalización  
del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán**  
Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito  
Nancy Paola González Idrobo



**Popayán, 2022.**



TÉSIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN  
INGENIERÍA DE TRÁNSITO  
Modalidad Profundización

NANCY PAOLA GONZÁLEZ IDROBO  
Estudiante  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE TRÁNSITO

ESTUDIO PARA EVALUAR  
LA PEATONALIZACIÓN DEL CENTRO MONUMENTAL  
DE LA CIUDAD DE POPAYÁN



ALDEMAR JOSÉ GONZÁLEZ FERNÁNDEZ  
Magister en Ingeniería de Tránsito y Transporte  
DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN

WILMER PIPICANO CHICANGANA  
PhD Filosofía en Ingeniería Civil  
CODIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
CENTRO DE POSGRADOS  
POPAYÁN, 2022



---

**Nota de aceptación:**

El director y los jurados han leído este documento, escuchando la sustentación a cargo de su autora, lo encuentran satisfactorio y lo aprueban.

---

Aldemar José González Fernández  
Director de la investigación

---

Wilmer Pipicano Chicangana  
Codirector de la investigación

---

Nelson Rivas Muñoz  
Jurado

---

Rubén Ernesto Caicedo Celis  
Jurado

Popayán, Marzo de 2022





---

***A mis Padres Aldemar y Nancy.***

*Con todo mi cariño y amor, porque han hecho todo en la vida para que yo pueda alcanzar mis sueños, por sus consejos, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por motivarme, por no dejarme claudicar, por brindarme siempre sus brazos para poder sostenerme, a ustedes por siempre, mi corazón y agradecimiento.*

***A mi hermano Nacho.***

*Por estar conmigo y apoyarme siempre, te quiero mucho.*

***A mi Familia.***

*Por su compañía y cariño sin medida.*

***A los Ingenieros Wilmer, Nelson y Aníbal.***

*Por su guía y orientación constantes.*

***A mi amigo Rubén.***

*Por compartir sin reservas su tiempo y dedicación.*

***A todos...Gracias Totales!!!***





## ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE.....	5
LISTADO DE FIGURAS.....	8
LISTADO DE TABLAS.....	12
LISTA DE ANEXOS.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO.....	18
1.1. Descripción del Problema de Estudio.....	18
1.2. Objetivos del Estudio.....	18
1.3. Justificación del Estudio.....	19
1.4. Alcance del Estudio.....	20
2. MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO.....	21
2.1. Plan Especial de Manejo y Protección.....	21
2.2. Plan Maestro de Movilidad.....	21
2.3. Pirámide de Movilidad.....	22
2.4. Movilidad.....	22
2.5. Peatón.....	22
2.6. Peatonalización de Centros Urbanos.....	23
2.7. Actores Viales.....	23
2.8. Capacidad y Niveles de Servicio Peatonales.....	23
2.9. Zonas de Análisis de Transporte (ZAT).....	24
2.10. Desire Lines o Líneas de Deseo.....	24
2.11. Conteos Vehiculares.....	24
2.12. Modelación.....	24
2.13. Estudio de Velocidades.....	25





---

2.14.	Estudio de Demoras.....	25
2.15.	Estudio del Nivel de Servicio .....	25
2.16.	Matriz de Saaty .....	25
3.	METODOLOGÍA A APLICAR EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO .....	26
3.1.	Profundización y Revisión de Literatura Existente.....	27
3.2.	Selección del Área de Aplicación del Estudio .....	41
3.3.	Definición del Actor Vial de Estudio.....	48
3.4.	Revisión y Exploración de la Información Secundaria Existente.....	50
3.5.	Recolección de Información Primaria.....	52
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO .....	55
4.1.	Análisis de la Información Secundaria Existente (Encuesta de Hogares 2015 – Conteos Peatonales 2015 – Conteos Vehiculares 2020) .....	56
4.2.	Análisis de la Información Primaria Recolectada.....	92
5.	SIMULACIÓN DE LA RED EN ESTUDIO .....	126
5.1.	Proceso de Simulación en Tsis-CORSIM .....	126
6.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	138
6.1.	Escenario actual 2022 .....	138
6.2.	Escenario con Proyecto Cierre Parcial.....	143
6.3.	Escenario con Proyecto Cierre Total.....	146
6.4.	Evaluación Matriz Saaty .....	149
7.	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO .....	161
7.1.	Profundización Literatura Existente.....	161
7.2.	Zona de Influencia del Estudio .....	162
7.3.	Actor Vial de Estudio.....	164
7.4.	Conteos Peatonales 2015 .....	165
7.5.	Censo de Establecimientos Públicos y Privados .....	166
7.6.	Encuesta de Opinión.....	166
7.7.	Conteos Vehiculares 2020 y 2022.....	173

---





---

7.8. Simulación de la Red en Estudio.....	174
7.9. Evaluación Matriz Saaty .....	179
8. BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO .....	180







## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3-1. Metodología Desarrollada durante la Investigación. ....	26
Figura 3-2. Plan de Acción. Popayán: Ciudad Sostenible y Competitiva. ....	28
Figura 3-3. Áreas Plan Especial de Manejo y Protección del Sector Histórico de Popayán.....	30
Figura 3-4. Usos del Suelo, Primer Piso, Sector Monumental.....	31
Figura 3-5. Viajes Diarios por Modo Realizados por Personas Mayores a 5 años. ....	34
Figura 3-6. Partición Modal de Viajes de Popayán. ....	35
Figura 3-7. Propuestas dentro de la Zona 30.....	39
Figura 3-8. Categorización del Centro Histórico de Popayán .....	42
Figura 3-9. Delimitación del Sector Monumental en el centro histórico de la ciudad de Popayán. .....	43
Figura 3-10. Límites del Centro Histórico y Centro Monumental de la Ciudad de Popayán.....	44
Figura 3-11. Dinámica Físico Funcional del Centro Histórico.....	46
Figura 3-12. Ubicación de las cuatro “eles” (L) en el Centro Monumental de Popayán.....	47
Figura 3-13. Pirámide de Movilidad.....	49
.....	49
Figura 4-1. Esquema de Manejo de Información .....	55
Figura 4-2. Variación Horaria de Viajes.....	56
Figura 4-3. Porcentaje de Modos y Tipos de Viaje Resultado de la Encuesta de Hogares.....	57
Figura 4-4. Zonas ZAT de la ciudad de Popayán.....	59
Figura 4-5. Proceso para Generación de Centroides en TransCAD. ....	60
Figura 4-6. Proceso para Generación de Centroides en TransCAD. ....	60
Figura 4-7. Centroides de las ZAT en la ciudad de Popayán. ....	61
Figura 4-8. Proceso de Definición de la Matriz Origen - Destino (O-D).....	62
Figura 4-9. Proceso de Transformación de la Matriz para TransCAD.....	62
Figura 4-10. Matriz Origen - Destino (O-D) Resultante.....	63







---

Figura 4-11. Procedimiento para Generar la Matriz Origen – Destino TransCAD. ....	63
Figura 4-12. Matriz Generada Origen Destino (O-D). ....	64
Figura 4-13. Proceso para Obtener Líneas de Deseo. ....	64
Figura 4-14. Líneas de Deseo de la Matriz Origen (O-D) Procesada.....	65
Figura 4-15. Proceso de Selección de Datos Origen – Destino del Centro de Popayán .....	66
Figura 4-16. Líneas de Destino Ubicadas en el Centro Monumental de Popayán.....	67
Figura 4-17. Zonas ZAT con Mayor Concentración de Intensiones de Viajes en el Centro Monumental de Popayán .....	68
Figura 4-18. Ubicación de Puntos de Aforo Peatonal Considerados para el Cálculo de Nivel de Servicio.....	70
Figura 4-19. Modos y Horarios de Uso de Cada Uno. ....	71
Figura 4-20. Volúmenes Peatonales Promedio 2015.....	73
Figura 4-21. Volúmenes Peatonales Promedio 2023.....	73
Tabla 4-12. Comparación de las Calificaciones Resultantes del Análisis de Capacidad y Niveles de Servicio para Aforos Peatonales del año 2015 vs 2023. ....	80
Figura 4-22. Criterios de Nivel de Servicio para Método de Observación.....	81
Continuación Figura 4-22 Criterios de Nivel de Servicio para Método de Observación .....	82
Figura 4-23. Ubicación de Puntos de Aforo Peatonal Considerados para el Cálculo de Nivel de Servicio.....	83
Figura 4-24. Nomenclatura Movimientos Viales Intersección Norma RILSA. ....	89
Figura 4-25. Puntos de Aforo. Fase I.....	90
Figura 4-26. Puntos de Aforo. Fase II.....	90
Figura 4-27. Puntos de Aforo. Fase III.....	91
Figura 4-28. Cantidad de Encuestas y Porcentaje que Representan en cada una de la “eles” (L). ....	92
Figura 4-29. Formato de la Encuesta de Opinión Aplicada .....	99
Figura 4-30. Formato de Google Forms para recopilar la Información de la Encuesta .....	100
Figura 4-31. Encuestas Realizadas en Cada una de las “eles” (L) .....	101
Figura 4-32. Rol de las Personas Encuestadas .....	102

---





---

Figura 4-33. Clasificación de los Establecimientos por Tipo de Comercio que Desarrollan.....	103
Figura 4-34. Horarios de Atención de los Establecimientos Encuestados .....	104
Figura 4-35. Horarios de Cargue / Descargue .....	106
Figura 4-36. Horarios de Entrega y Disposición de Basuras .....	107
Figura 4-37. Cantidad de Parqueaderos Disponibles en cada ele (Vehículos-Motos).....	109
Figura 4-38. Forma de Abastecer el Local y Tipo de Mercancía que Manejan.....	110
Figura 4-39. Percepción Relacionada con la Peatonalización.....	111
Figura 4-40. Percepción de Encuestados en cada una de las “eles”. .....	112
Figura 4-41. Horario Preferido para Aplicar la Peatonalización.....	113
Figura 4-42. Apreciación Respecto a Cambio de Horario Debido a la Peatonalización. ....	114
Figura 4-43. Apreciación Respecto al Abastecimiento Nocturno del Establecimiento.....	115
Figura 4-44. Percepción de la Afectación de Ambulantes cerca al Negocio.....	116
Figura 4-45. Puntos Adicionales de Aforo para Modelación.....	119
Figura 4-46. Formato Establecido para Aforos Vehiculares. ....	120
Figura 4-47. Formato Resumen Establecido para Recopilación de los Aforos Vehiculares.....	121
Figura 4-48. Resumen de Datos de los conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Norte – Sur Clle 3 con Cra 4.....	122
Figura 4-49. Resumen de Datos de los conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Norte – Oriente Clle 3 con Cra 4.....	123
Figura 4-50. Resumen de Datos de los conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Occidente – Oriente Clle 3 con Cra 4.....	124
Figura 4-51. Resumen de Datos de los conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Occidente – Sur Clle 3 con Cra 4. ....	125
Figura 5-1. Proceso para Modelar en Tsis-CORSIM. ....	126
Figura 5-2. Definición de Parámetros Generales Tsis-CORSIM. ....	127
Figura 5-3. Mapa Base para Dibujo de la Red Vial. Tsis-CORSIM. ....	129
Figura 5-4. Estructuración de la Red. Tsis-CORSIM. ....	130
Figura 5-5. Parametrización Líneas de Canalización. Tsis-CORSIM.....	131
Figura 5-6. Incorporación de Elementos de Control de Tránsito. Tsis-CORSIM.....	131

---





---

Figura 5-7. Control Semafórico de la Red de Estudio. Tsis-CORSIM. ....	132
Figura 5-8. Control Semafórico de la Red de Estudio. Tsis-CORSIM. ....	133
Figura 5-9. Definición de Volúmenes Vehiculares en la Red. Tsis-CORSIM. ....	134
Figura 5-10. Corrida del Modelo de la Red. Tsis-CORSIM. ....	135
Figura 5-11. Rangos para el Análisis de Velocidad. ....	136
Figura 5-12. Rangos para el Análisis de Demoras. ....	136
Figura 5-13. Rangos para el Análisis del Nivel de Servicio. ....	137
Figura 6-1. Evaluación de Estudio de Velocidades. ....	139
Figura 6-2. Evaluación de Estudio de Demoras. ....	140
Figura 6-3. Evaluación del Nivel de Servicio. ....	143
Figura 6-4. Evaluación de Estudio de Velocidades. ....	144
Figura 6-5. Evaluación de Estudio de Demoras. ....	145
Figura 6-6. Evaluación de Estudio del Nivel de Servicio. ....	146
Figura 6-7. Evaluación de Estudio de Velocidades. ....	147
Figura 6-8. Evaluación de Estudio de Demoras. ....	148
Figura 6-9. Evaluación de Estudio del Nivel de Servicio. ....	149
Figura 7-1. Cantidad de Encuestas y Porcentaje que Representan en cada una de la “eles” (L). .....	166
Figura 7-2. Cantidad de Encuestas en cada una de la “eles” (L). ....	167





## LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4-1. Modos y Tipos de Viaje Resultado de la Encuesta de Hogares. ....	57
Tabla 4-2. Puntos de Aforo Peatonal. Conteos Peatonales 2015. ....	69
Tabla 4-3. Puntos de Aforo Peatonal Considerados en el Presente Estudio. ....	70
Tabla 4-4. Volumen Peatones/min/m año 2015 en los 8 Puntos Considerados. ....	72
Tabla 4-5. Volumen Peatones/min/m Proyectados al año 2023. ....	72
Tabla 4-6. Información Secundaria. Conteos Peatonales 2015. Punto 17 de Aforo .....	74
Tabla 4-7. Información Secundaria. Conteos Peatonales 2015. Punto 17 de Aforo .....	76
Tabla 4-8. Cálculo Niveles de Servicio. Conteos Peatonales 2015. Punto 17 de Aforo .....	76
Tabla 4-9. Cálculo Niveles de Servicio. Conteos Peatonales 2015. Punto 17 de Aforo .....	77
Tabla 4-10. Criterios de Nivel de Servicio para Andenes y Senderos Peatonales HCM .....	78
Tabla 4-11. Comparación de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio para Afors Peatonales del año 2015 vs 2023. ....	79
Tabla 4-13. Calificación de los puntos de Aforo por el Método de Observación. ....	87
Tabla 4-14. Comparación Método Cuantitativo vs Método Cualitativo. ....	88
Tabla 4.15. Cantidad y Tipo de Establecimientos Encontrados Durante el Censo en c/u de las “eles” (L) .....	93
Tabla 4.15. (Continuación...) Cantidad y Tipo de Establecimientos Encontrados Durante el Censo en c/u de las “eles” (L) .....	94
Tabla 4-16. Estadística Aplicada a la Población de cada una de las “eles” (L) .....	97
Tabla 4-17. Tipo y Cantidad de Parqueaderos Disponibles en cada una de las “eles” (L) .....	108
Tabla 6.1. Factores de Decisión de la Matriz Saaty .....	150
Tabla 6.2. Escala de Comparación de Saaty .....	151
Tabla 6.3. Fórmula para Cálculo del Índice de Consistencia .....	152
Tabla 6.4. Matriz Saaty Comparación de Todos los Criterios de Evaluación .....	152
Tabla 6.5. Matriz Normalizada - Vector Prioridad - Todos los Criterios de Evaluación .....	153





---

Tabla 6.6. Priorización de Criterios por Saaty .....	154
Tabla 6.7. Criterios de Evaluación Factor Funcionamiento de Establecimientos (Horarios de Atención, Cargue/Descargue).....	155
Tabla 6.8. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Funcionamiento Establecimientos.....	155
Tabla 6.9. Criterios de Evaluación Factor Prestación de Servicios Públicos (Recolección de Basuras) .....	156
Tabla 6.10. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Prestación Servicios.....	156
Tabla 6.11. Criterios de Evaluación Factor Funcionamiento de Ventas Ambulantes .....	157
Tabla 6.12. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Funcionamiento de Ventas Ambulantes.....	157
Tabla 6.13. Criterios de Evaluación Factor Población Favorecida con la Medida .....	158
Tabla 6.14. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Población Favorecida con la Medida .....	158
Tabla 6.15. Criterios de Evaluación Factor Movilidad Vehicular (Velocidad, Demoras) .....	159
Tabla 6.16. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Movilidad Vehicular (Velocidad, Demoras).....	159
Tabla 6.17. Matriz con Vectores de Prioridad .....	160
Tabla 7-1. Cantidad de Encuestas en cada una de la “eles” (L).....	169





---

## LISTA DE ANEXOS

Anexo1. Encuestas de Opinión

Anexo2. Conteos Vehiculares Año 2022

Anexo3. Resumen de Conteos Vehiculares Año 2022





---

## INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo se incrementa la población mundial trayendo como consecuencia un crecimiento en el desarrollo urbano, el cual deriva en que las personas se trasladen desde el campo hacia la ciudad en búsqueda de oportunidades y conocimiento provocando de esa manera el aumento en la ocupación de las zonas urbanas. Por lo tanto, es indispensable que las diferentes administraciones municipales se concentren en realizar cambios sustanciales en sus entornos y espacios donde se desarrollan diferentes actividades cotidianas, enfocándose en resolver problemas de seguridad y sostenibilidad buscando así, mediante la implementación de medidas, brindar mejoramiento en su modo de vida.

Lograr conseguir el equilibrio en las zonas urbanas conlleva a crear soluciones como generar inversión en el transporte público, acceso a la adquisición de vivienda más asequible, crear espacios amigables, mejorar políticas de planificación y gestión urbana de tal manera que sea participativa e inclusiva. Es por esta razón, que entidades internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de Naciones Unidas (ONU) han establecido una agenda a cumplir con retos a nivel mundial para que las poblaciones lleguen a convertirse para el año 2030 en ciudades sostenibles, de modo que se lograra generar y adoptar en ese lapso de tiempo un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, fortaleciendo la paz universal y el acceso a la justicia. Por esta razón, los estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron una resolución en la que reconocieron que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y afirmaron que sin lograrla no podría haber desarrollo sostenible.







Para ello, en 2012, se celebró una Conferencia de las Naciones Unidas en Río de Janeiro cuyo propósito era definir metas mundiales a seguir, enfocadas en los desafíos ambientales, políticos y económicos, durante la cual se lograron gestar 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), entre los cuales el “número 11 textualmente dice: **Conseguir que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles**”. Dado que se tiene la ciudad como objeto de estudio, es indispensable considerar para ese fin, diversas disciplinas como la arquitectura, demografía e ingeniería cuyo énfasis lo constituyen la infraestructura, accesibilidad, innovaciones entre otras, basados en estudios sobre la sociología, geografía y antropología enfocados en crear espacios de socialización comunitaria de modo que con su combinación permita planificar esa mejora en el entorno, ya que adicionalmente y de la mano con los comportamientos que se quieren modificar, es fundamental considerar al peatón como el principal actor vial en la Pirámide Movilidad Urbana.

En la actualidad los problemas de movilidad que se presentan en la mayoría de nuestras ciudades corresponden a la acumulación del desorden en el desarrollo de diferentes actividades como el uso del transporte urbano y la gran cantidad de espacio que requiere para su operación, así mismo el crecimiento de las áreas residenciales y con ello los lugares destinados a recreación, lo que ocasiona que se tenga una ciudad dispersa sin planificación alguna, es decir básicamente, la movilidad se convierte en un reflejo de la estructura social por lo tanto es importante atender la forma y el modo utilizado para desplazarse en ese espacio.

La situación actual de la ciudad de Popayán, se acerca en gran medida a lo mencionado anteriormente, debido a que la configuración urbana de la ciudad y el modelo de movilidad disponible difícilmente se adapta a las necesidades cotidianas. En Popayán su gobierno es centralizado y la mayoría de actividades se desarrollan en el





centro de la ciudad, por lo tanto, es importante plantear estrategias que coadyuven al mejoramiento del espacio público que se brinde a los habitantes. Siendo muy importante mencionar la importancia histórica y cultural de la ciudad, en donde cualquier idea que se plantee para implementar, estará condicionada al concepto y aprobación de las diferentes entidades encargadas de salvar guardar ese entorno, como los son entre otras, la Junta Pro – Semana Santa y el Consejo Departamental de Patrimonio del Cauca, órgano encargado de asesorar al Gobierno Departamental y a los municipios en la salvaguarda, protección y manejo del patrimonio cultural, velando en que las decisiones tomadas al momento de ejecutar cualquier tipo de intervención no genere gran impacto en el espacio público de ese Centro Monumental de Popayán el cual ha sido considerado así debido a que se constituye en un área de gran atracción social, económica, política y cultural, que se caracteriza por contener los bienes vinculados con su historia.





## 1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

### 1.1. Descripción del Problema de Estudio

Popayán la Ciudad Blanca de Colombia, cuyo Centro Histórico es muy importante debido a que muchas de sus actividades cotidianas y económicas se concentran en esa zona, requiere realizar cambios sustanciales en su entorno de modo que se brinden espacios amigables a los transeúntes, por esa razón éste estudio plantea como problema: ***¿Dada la alta presencia de peatones en el centro monumental de la ciudad de Popayán, es posible considerar peatonalizarlo???***, por lo tanto, la hipótesis de este estudio se basa en evaluar y determinar el impacto que tendría la implementación de la medida (de manera parcial o total) en el Centro Monumental de la ciudad de Popayán mediante la evaluación de diferentes variables como la capacidad, la percepción, entre otras.

### 1.2. Objetivos del Estudio

#### 1.2.1. Objetivo General

Evaluar la posibilidad de peatonalizar el Centro Monumental de la ciudad de Popayán y las posibles afectaciones que se presentarían al implementar dicha medida de manera parcial o total.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

A partir del objetivo general se proponen los siguientes objetivos específicos:





- Revisar literatura relacionada con el Centro Monumental de la ciudad en documentos como el Plan Maestro de Movilidad (PMM) y el Plan Especial de Manejo y Protección de la ciudad de Popayán (PEMP).
- Determinar la zona de influencia directa donde se desarrollará el estudio.
- Definir el actor vial que se va a contemplar en el estudio.
- Recolectar, revisar y procesar la información secundaria existente y la primaria recopilada.
- Efectuar encuestas de opinión en los establecimientos comerciales, oficiales y privados para conocer apreciaciones relacionadas con la peatonalización (de manera parcial o total) del Centro Monumental de la ciudad de Popayán.
- Encontrar la Capacidad y Nivel de Servicio peatonal en la zona de estudio.
- Modelar los volúmenes vehiculares para observar el comportamiento de la red en caso que se implemente cierre parcial o total de la zona a peatonalizar.

### 1.3. Justificación del Estudio

Dado que la Ciudad Blanca de Colombia, Popayán, es una población que tiene como una de sus principales características ser universitaria con alta relevancia en su patrimonio cultural, en donde la mayoría de sus actividades comerciales, económicas y administrativas se desarrollan en su Centro Histórico y Monumental<sup>1</sup>, es indispensable establecer medidas que garanticen varias mejoras a ese entorno en donde participan e interactúan todos los actores viales ya sean habitantes o visitantes independientemente de la actividad que vayan a desarrollar.

Las conclusiones resultantes que se planteen dentro de éste estudio, aportarán a diferentes áreas relacionadas como son la seguridad vial, optimizar el entorno mediante

<sup>1</sup> <http://popayan.gov.co/sites/default/files/documentosAnexos/pot-popayan.pdf>





el planteamiento de intervenciones en diferentes sitios que mejoren la infraestructura vial existente para crear espacios amigables, estableciendo la necesidad de incrementar políticas de planificación y gestión urbana de tal manera que Popayán sea participativa e inclusiva, teniendo en cuenta que todas estas soluciones sean enfocadas primordialmente a los peatones.

En consecuencia, el interés de este estudio es determinar la percepción que tienen los ciudadanos que viven o trabajan en el sector y con apoyo de otras variables evaluar la viabilidad de peatonalizar el Centro Histórico Monumental de la ciudad de Popayán de manera parcial o total, estableciendo sí la infraestructura vial existente es suficiente o no, para poder llevar a cabo la propuesta y evaluar el impacto que tendría dicha adopción.

#### 1.4. Alcance del Estudio

Con el procesamiento de la información y el análisis de los resultados obtenidos se podrá determinar el impacto de la implementación de la peatonalización (parcial o total) del Centro Monumental de la ciudad de Popayán mediante el análisis de la evaluación cualitativa basada en la percepción que se logre conseguir con la aplicación de la encuesta de opinión y la evaluación cuantitativa resultado de la información secundaria. Adicionalmente, se debe considerar la limitación que existe en relación con la adopción de cualquier disposición que se llegue a establecer en la zona, debido las limitaciones existentes en el centro histórico de la ciudad como Monumento Nacional, nombrada como ciudad de la gastronomía UNESCO y además la celebración de las procesiones de Semana Santa declaradas Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad desde el año 2004, las cuales se desarrollan por varias de las calles consideradas en el estudio.





## 2. MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO

A continuación, se presentan los elementos teóricos, que servirán como base para el desarrollo del estudio:

### 2.1. Plan Especial de Manejo y Protección.

Los “Planes Especiales de Manejo y Protección” – PEMP – son un instrumento de gestión del Patrimonio Cultural de la Nación, mediante el cual se establecen acciones necesarias con el objetivo de garantizar la protección, conservación y sostenibilidad de los BIC o de los bienes que pretendan declararse como tales si a juicio de la autoridad competente dicho Plan se requiere. Por consiguiente, se regula lo referente con categorías de bienes inmuebles, PEMP para bienes inmuebles, contenido de los PEMP de bienes Inmuebles, área afectada, zona de influencia, nivel permitido de intervención, condiciones de manejo, y el plan de divulgación, entre otras (Basado en Artículos 2.4.1.1.1. al 2.4.1.3.7.) del Plan Especial de Manejo y Protección del Centro Histórico de Popayán <sup>2</sup>.

### 2.2. Plan Maestro de Movilidad.

Un “Plan Maestro de Movilidad”<sup>3</sup> es un instrumento que pretende articular un conjunto de actuaciones técnicas y financieramente viables, encaminadas a mejorar el sistema de movilidad de la ciudad, garantizando la equidad, sostenibilidad y mejora en la calidad de vida de los habitantes.

<sup>2</sup> MINISTERIO DE CULTURA. Resolución No. 19 de 17 de enero de 2022. Modifica el PEMP del 24 de noviembre de 2009 <https://mincultura.gov.co/prensa/noticias/Paginas/mincultura-promueve-apropiacion-y-gestion-del-patrimonio-cultural-de-popayan.aspx>

<sup>3</sup> <https://www.setpneiva.gov.co/dependencias/infraestructura-operaciones/movilidad.html>





### 2.3. Pirámide de Movilidad.

La Pirámide de la Movilidad<sup>4</sup> es una referencia gráfica sobre la preferencia vial que tienen todos los medios de transporte que circulan actualmente en la ciudad. Está compuesta por cinco peldaños y en cada uno de ellos se ubica cada medio de transporte y la jerarquía que cada uno de ellos tiene respecto a los otros, tanto en lo que toca al derecho de paso, como en términos de sostenibilidad y políticas de inversión en obras públicas. La pirámide de la movilidad plantea revertir esta situación analizando quién es más vulnerable, quién es menos eficiente (ocupación del espacio y energía) y quién es el más costoso para la sociedad a la hora de transportarse.

### 2.4. Movilidad.

Por movilidad<sup>5</sup> se entiende el conjunto de desplazamientos, de personas y mercancías, que se producen en un entorno físico. Cuando hablamos de movilidad urbana nos referimos a la totalidad de desplazamientos que se realizan en la ciudad. Estos desplazamientos son realizados en diferentes medios o sistemas de transporte: coche, transporte público, pero también caminando y en bicicleta. Y todos con un claro objetivo: el de salvar la distancia que nos separa de los lugares donde satisfacer nuestros deseos o necesidades.

### 2.5. Peatón

Peatón<sup>6</sup> es la persona que transita a pie por la vía o por terrenos de uso público particular. Es también quien lleva un coche de bebé, o impulsa cualquier tipo de

<sup>4</sup> <https://www.portalautomotriz.com/noticias/seguridad/sabes-que-es-la-piramide-de-la-movilidad>

<sup>5</sup> <https://transitemos.org/que-es-la-movilidad/>

<sup>6</sup> [https://www.adeli.gov.co/sitio/ver\\_noticia/en-la-via-cuidemos-la-vida](https://www.adeli.gov.co/sitio/ver_noticia/en-la-via-cuidemos-la-vida)







vehículo de menor tamaño como una silla de ruedas. De igual manera, son peatones las personas con algún tipo de limitación física, psíquica o sensorial para su movilidad.

## 2.6. Peatonalización de Centros Urbanos

Es una medida que se implementa en algunos lugares, mediante la cual se logra hacer una redistribución del espacio público, en donde se consiguen varios beneficios como la disminución en la cantidad de partículas en el aire y los ruidos de los vehículos, desarrollando y planeando intervención en la infraestructura vial proporcionando espacios amigables de modo que se recuperen las calles para los peatones.

## 2.7. Actores Viales

Los actores de la vía somos todos aquellos que hacemos uso de esa infraestructura para desplazarnos de un lugar a otro. Siendo parte integrante del espacio público, representa una zona de interacción en donde una de sus principales características es el que el logro de la concertación y la armonía entre todos los que convergen en ella. Trátese de peatones, ciclistas, motociclistas, conductores, vehículos, patrullas escolares, pasajeros o agentes de tránsito, todas las personas tienen derecho al uso de las vías y tienen el deber de conocer cuáles son los comportamientos más adecuados para movilizarse por ellas de forma segura.

## 2.8. Capacidad y Niveles de Servicio Peatonales<sup>7</sup>

Son cálculos que permiten establecer que, si el número de peatones se incrementa en un espacio específico, la comodidad y libertad de movimiento desciende resultando en baja capacidad y congestión de este espacio en particular.

<sup>7</sup><https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>





---

## 2.9. Zonas de Análisis de Transporte (ZAT)

Constituyen una división particular e innovadora en el estudio de las dinámicas de una ciudad. Tienen características particulares desde el ámbito económico, social, de accesibilidad (transporte), estratificación, uso del suelo, tamaño, etc., en las cuales se tiene en cuenta, en orden de prioridad, la zonificación con base en sectores censales, ya que permite establecer modelos de desplazamiento de origen-destino (O-D).

## 2.10. Desire Lines o Líneas de Deseo

Son los caminos que las personas escogen para desplazarse, independientemente de la infraestructura dispuesta para ello. Es decir, que cuando el diseño de lo construido no satisface las necesidades del caminante, puede escoger la opción de buscar una ruta más corta y cómoda.

## 2.11. Conteos Vehiculares

Son aforos que se hacen durante un período de tiempo determinado, con los cuales se puede establecer el número de vehículos que transitan por una vía además que permite encontrar otros datos como clasificación por tipo, giros que hacen, se pueden dividir en rangos de 15 y 30 minutos según se requiera

## 2.12. Modelación

Cuando se aplica la modelación, los resultados que se lleguen a obtener estarán directamente relacionados con el pronóstico de algunos comportamiento que van a depender de la base de datos existente. Generalmente se utiliza para organizar, almacenar, mostrar y analizar atributos que permita reconocer y determinar algunas características comunes de la información que se manipule.





### 2.13. Estudio de Velocidades

Con el modelo de simulación se puede medir la velocidad a lo largo de un corredor, incluyendo aspectos que influyen en la velocidad, como es el ancho de carril, pendiente, estado de la superficie de rodadura, entre otros. El estudio de velocidad es determinante dentro del funcionamiento de la red, ya que permite conocer la celeridad del movimiento de los vehicular en un tramo vial.

### 2.14. Estudio de Demoras

El estudio de tiempos de viaje y de demora permiten evaluar la calidad del movimiento de tránsito a lo largo de un tramo y determinar la ubicación, tipo y alcance de las demoras de tránsito.

### 2.15. Estudio del Nivel de Servicio

El nivel de servicio describe las condiciones de operación que experimenta el conductor durante su recorrido por la vía. Éste puede ser afectado por factores internos como variaciones en la velocidad, volumen, composición del tránsito y porcentajes de movimientos, entre otros; y factores externos como las características físicas de la vía: ancho de carriles, pendientes, bermas, entre otras.

### 2.16. Matriz de Saaty<sup>8</sup>

El método Analytic Hierarchy Process (AHP), propuesto por Thomas **Saaty** en 1980 es un método cuantitativo para la toma de decisiones multicriterio que permite generar escalas de prioridades basándose en juicios expertos manifestados a través de comparaciones por pares mediante una escala de preferencia.

---

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_L.\\_Saaty](https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_L._Saaty)

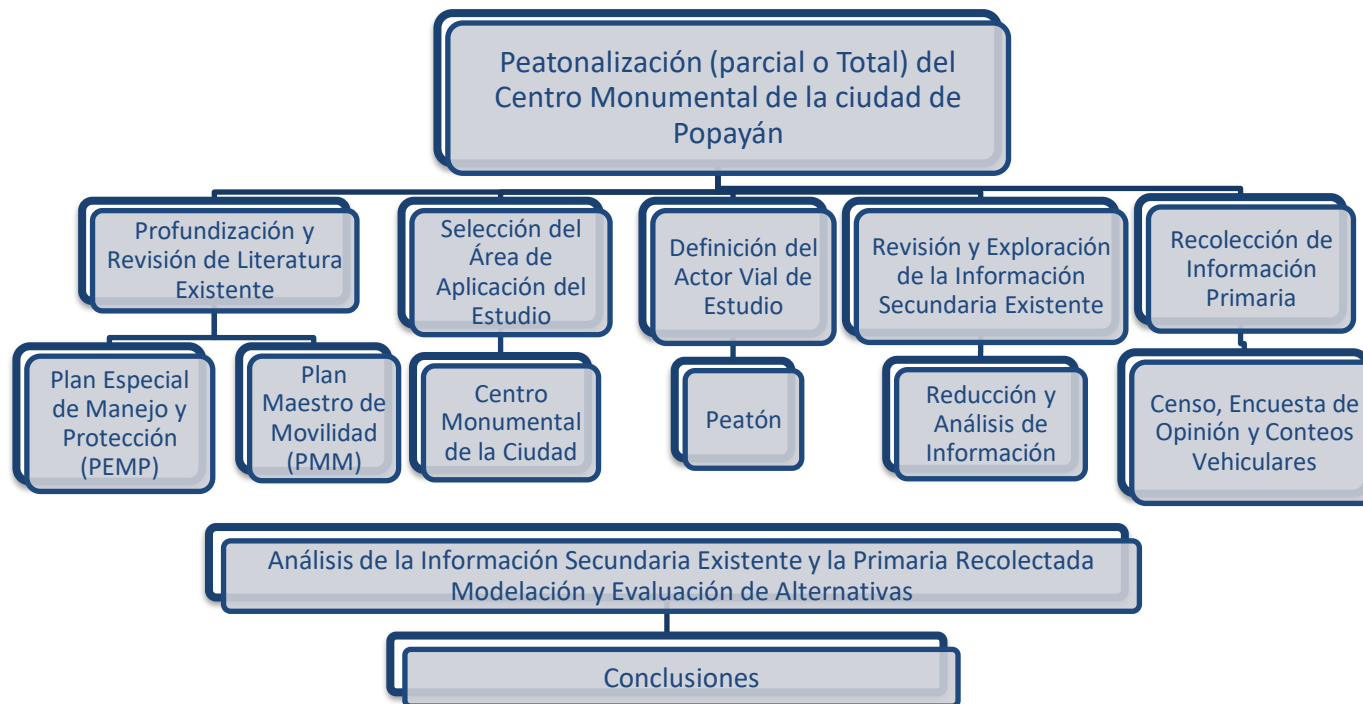




### 3. METODOLOGÍA A APLICAR EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Se aplicará la siguiente estructura para evaluar y recopilar información para desarrollar la investigación:

*Figura 3-1. Metodología Desarrollada durante la Investigación.*



Fuente: *Elaboración Propia*





### 3.1. Profundización y Revisión de Literatura Existente

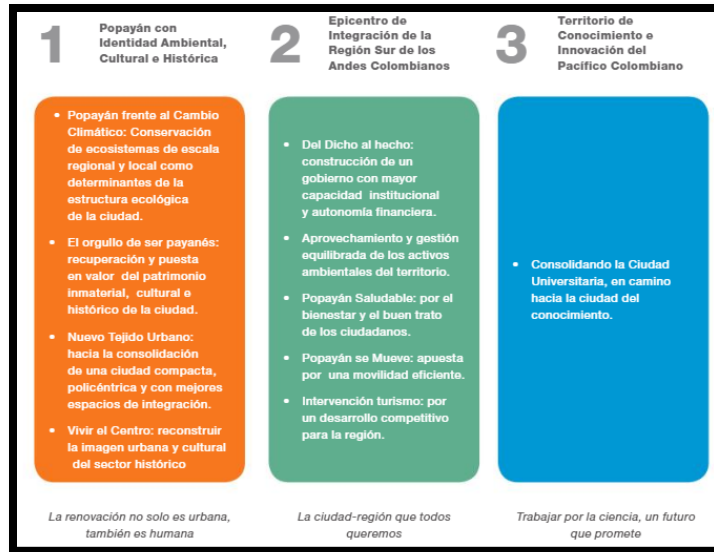
Es indispensable considerar la importancia que tienen las ciudades como entes de crecimiento económico y escenarios de convivencia e innovación, por lo tanto, es fundamental que la planificación urbana sea esencial para construir políticas que coadyuven a mejorar la calidad de vida de la población. Para lograr este fortalecimiento, es básico que exista una sinergia entre el sector público, el sector privado, la academia y la sociedad civil, de modo que se determinen procesos colaborativos entre la comunidad y el estado.

Popayán es una ciudad reconocida por ser culta, biodiversa, patrimonial, religiosa, con gran presencia étnica debido a su calidad universitaria; se caracteriza por ser una de las ciudades más antiguas y bien conservadas, principalmente en el sector histórico y monumental, por lo que es necesario determinar una ruta que permita que sea proyectada como una ciudad integradora, sostenible e incluyente buscando adaptarse al cambio que se requiere para conseguir las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y de la agenda a cumplir hasta el 2030, adoptados por la Organización de Naciones Unidas (ONU) en el año 2015, con el fin de obtener un desarrollo sostenible alineado con el objetivo 11: “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”, lo cual se consigue creando una visión conjunta de ciudad por todos los actores que en ella participan que estén interesados en su crecimiento y desarrollo económico, de manera que sea inclusiva, funcional y sostenible.





Figura 3-2. Plan de Acción. Popayán: Ciudad Sostenible y Competitiva.



Fuente: [https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/pub\\_2016\\_popayan\\_col\\_ces\\_2018](https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/pub_2016_popayan_col_ces_2018)

Según la ONU, ...” *una ciudad sostenible es una ciudad resiliente a los cambios adversos del cambio climático que identifica y reduce las vulnerabilidades de su población e incrementa la capacidad adaptativa en donde se cumplan funciones sociales, es decir, que garantice el acceso equitativo y asequible de todos a la vivienda, los bienes, los servicios y las oportunidades urbanas, en particular para las mujeres, los grupos marginados y las personas con necesidades especiales.*”

En ese orden de ideas y en relación con lo mencionado, es indispensable proporcionar infraestructura adecuada e inclusiva a aquellos actores viales que ocupan el primer escalón en la importante Pirámide de Movilidad, siendo el peatón, el usuario más versátil y recursivo, quien comparado directamente con el resto de los usuarios que utilizan la infraestructura vial y su modo de desplazamiento, se convierten en la condición más expuesta de todas debido al alto grado de fragilidad que podría tener al momento de una colisión.





Todas esas políticas que se llegasen a implementar deben ir acompañadas de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) en cabeza de la Secretaría de Planeación Municipal, que se concentre en resolver temas relacionados con la urbanización, sistema vial, transporte público, entre otros que permitan implementar una ciudad sostenible en donde se mejore la calidad de vida de todos sus habitantes y talvez crear una armonía entre la ciudad tradicional y las expectativas futuras en términos de sostenibilidad e inclusividad urbana.

La ciudad de Popayán es importante para el departamento del Cauca, debido a que cumple funciones como centro de servicios, comercio y de otro tipo de actividades relacionadas con su importancia educativa. En el centro histórico y monumental se encuentran concentradas las instituciones gubernamentales como la Gobernación del Cauca, la Alcaldía de Popayán e instituciones educativas de educación básica primaria y secundaria que albergan gran cantidad de estudiantes propios y foráneos, así como instituciones educativas de nivel superior entre ellas la Universidad del Cauca, además existen establecimientos comerciales, clubes sociales, entidades bancarias, entre otras, lo cual incide directamente en la cantidad de peatones que circulan en ese espacio, por lo tanto, contar con una infraestructura vial adecuada al servicio de sus habitantes es indispensable como ciudad inclusiva.

Los documentos a los cuales se les realizó la revisión de literatura fueron el Plan Especial de Manejo y Protección (PEMP) del Sector Histórico y el Plan Maestro de Movilidad (PMM) de la ciudad de Popayán, los cuales incluyen en su contenido diferentes temas como aspectos ambientales, socioeconómicos, infraestructura vial, estructura urbana, transporte público y de carga, entre otros, que no fueron relevantes y aplicables a la presente investigación.







### 3.1.1. Revisión del Plan Especial de Manejo y Protección del Sector Histórico (PEMP)

Mediante la Resolución No. 2432 de 2009, se concibe el sector histórico como Bien de Interés Cultural, por medio de la cual se define un modelo estructural de protección que establece procedimientos urbanísticos, uso de suelo, movilidad, niveles de intervención, entre otros como herramientas para preservación y a su vez el espacio público como modelo de identidad cultural y territorial. El plan incluye áreas de conservación en el centro monumental como las siguientes:

*Figura 3-3. Áreas Plan Especial de Manejo y Protección del Sector Histórico de Popayán.*

Zona	Área (ha)
Sector histórico Ley 163 de 1959	110,32
Zona de manejo especial nororiental	34,82
Zona de manejo especial normal superior	5,03
<b>Total zona histórica propuesta PEMP</b>	<b>150,17</b>
Área de influencia suroccidental	41,66
<b>Total área de intervención sector histórico</b>	<b>191,82</b>
Zonas intermedias (en el área, pero sin detalle levantamientos)	20,67
<b>Total sector histórico y su área de Influencia</b>	<b>212,49</b>

*Fuente: Ministerio de Cultura, 2009.*

*El PEMP<sup>9</sup> tiene como objetivos principales los siguientes:*

- *Revitalizar el centro histórico en función de una mejor calidad de vida para sus habitantes, por medio de un nodo activo, sostenible, de encuentro, con generoso espacio público y movilidad, en el que se privilegie la vivienda y*

<sup>9</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE. Plan de Manejo y Protección del Sector Histórico de Popayán. Resolución No. 2432 de 2009

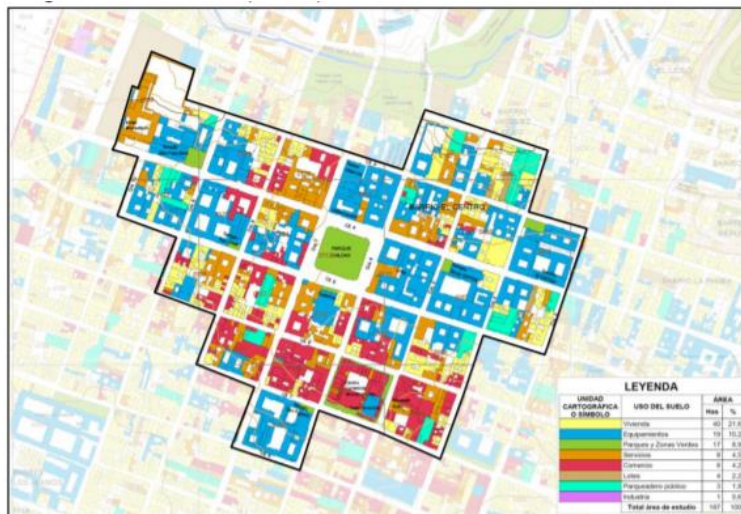


se combine con las actividades comerciales, artesanales, institucionales y académicas.

- Viabilizar la protección del patrimonio haciéndolo rentable y útil a la sociedad.
- Brindar los instrumentos necesarios para la protección, recuperación, conservación, revitalización, sostenibilidad y divulgación del sector antiguo de Popayán con el propósito de preservar la identidad cultural nacional.

El PEMP divide el centro histórico en Unidades de Gestión Urbanística (UGU), como herramientas de planeación, gestión y ejecución efectiva de zonas del territorio, contando con la participación activa de la comunidad e instituciones involucradas, para hacer posibles los planes, proyectos y programas definidos por el Plan Especial de Manejo y Protección del Sector Antiguo de Popayán.

**Figura 3-4. Usos del Suelo, Primer Piso, Sector Monumental**



Fuente: PEMP para Popayán, 2009.





La rigurosidad que ejerce el PEMP<sup>10</sup> en todas las posibles obras a ejecutar en el sector histórico, convierte en un reto poder plantear soluciones que no vayan en contravía de dichas disposiciones legales, de modo que se garantice la protección del patrimonio existente en la ciudad y a su vez considere un entorno amigable a los peatones relacionados con la infraestructura vial y espacio público dispuesto para ellos.

Al analizar la gráfica que expresa la disposición del uso del suelo en el primer piso del sector monumental en el centro histórico de Popayán, se identifica que, a excepción de industria, en este sector de la ciudad convergen todos los usos del suelo (vivienda, equipamientos, parques, servicios y comercio), predominando el uso comercial e institucional.

Referenciando el Parque Caldas como punto central, en la zona sur del área en estudio predomina el uso comercial, actividad potenciada por la existencia de diferentes pasajes comerciales, el uso institucional se observa claramente predominante hacia el resto de las zonas. Una determinante que establece la utilización del suelo, es el tamaño del predio, en la **Figura 3-4** se observa que en los predios de considerable área se ubican los edificios administrativos, educativos, religiosos y bancarios principalmente, todos los anteriores hacen parte del sector institucional; en cambio en predios de poca área, se desarrollan actividades comerciales.

A pesar de que de manera muy general se puede sectorizar el área por medio de los usos predominantes del suelo, estos puntualmente se ubican de forma desorganizada y dispersa, es decir, no hay una compactación en cuanto a los

---

<sup>10</sup><https://mincultura.gov.co/prensa/noticias/Paginas/mincultura-promueve-apropiaci%C3%B3n-y-gesti%C3%B3n-del-patrimonio-cultural-de-popayan.aspx>





usos del suelo y respuesta de ello es la subdivisión predial a la que se ha sometido a las manzanas que conforman este sector.

### **3.1.2. Revisión del Plan Maestro de Movilidad de Popayán (PMM)**

Un Plan Maestro de Movilidad es un instrumento que pretende articular un conjunto de actuaciones, técnicas y financieramente viables, encaminadas a mejorar el sistema de movilidad de la ciudad, garantizando la equidad, sostenibilidad y mejora en la calidad de vida de los habitantes. Define un plan de acción y una ruta a seguir en estrategias, programas y proyectos a ejecutar, teniendo en cuenta el diagnóstico que se le hace a una ciudad, determinando las fortalezas y debilidades relacionadas con temas relacionados con infraestructura vial, disposición de espacios, operación del transporte, entre otros.

En el año 2014 la empresa Steer Davies Gleave, desarrolló el Plan Maestro de Movilidad de Popayán<sup>11</sup> para Movilidad Futura SAS (Ente gestor del Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros SETP), efectuando el diagnóstico de lo encontrado en la ciudad y definiendo a su vez mecanismos encaminados a solucionar problemas encontrados en esa etapa de exploración y verificación de lo existente. Para el desarrollo de este artículo el estudio de dicho documento se enfocó en el análisis que se había hecho y que estaba relacionado con los peatones de modo que se determinara si lo encontrado durante la etapa de diagnóstico y la implementación de esas soluciones, fueron ejecutadas de modo que se brindaran espacios amigables para los transeúntes de manera tal que fuese considerada una ciudad inclusiva.

<sup>11</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.



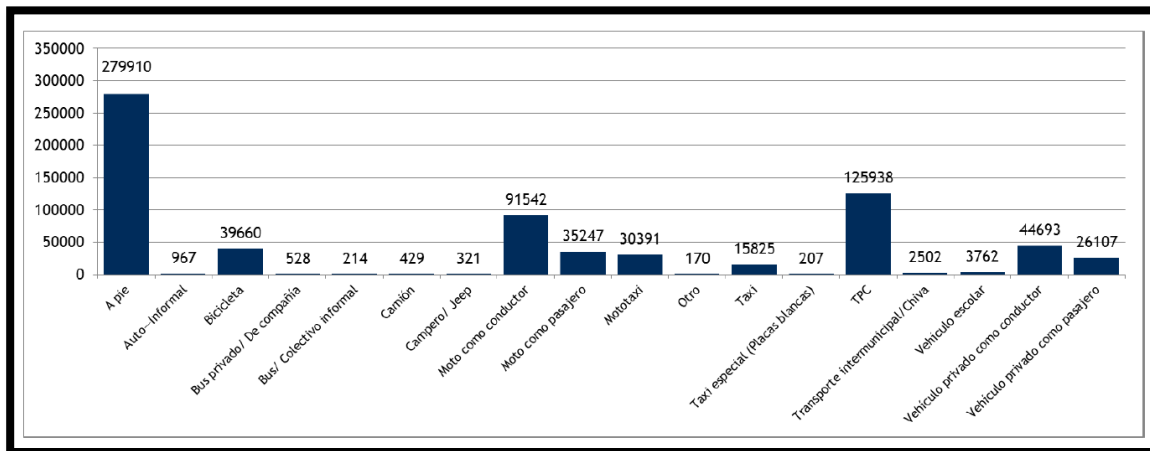


Entre los objetivos que considera el Plan de movilidad de Popayán<sup>12</sup>, es tener un sistema de movilidad que sea:

- *Accesible*
- *Conectado, integrado y equitativo*
- *Eficiente y competitivo.*
- *Integralmente sostenible*
- *Más amable y seguro*
- *Articulado*

Para poder cumplir con los retos planteados, se realizó una evaluación de lo existente, permitiendo definir un diagnóstico en el cual se tuvieron en cuenta todos los aspectos de ciudad y a su vez plantear estrategias que permitieran solucionar lo que se encontró en los hallazgos.

**Figura 3-5. Viajes Diarios por Modo Realizados por Personas Mayores a 5 años.**



Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Popayán. Elaborado por Steer Davies Gleave 2014<sup>13</sup>

En el contenido del documento se encontró la evaluación relacionada con los viajes que hacían los habitantes al sector histórico, lo cual fue primordial para

<sup>12</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.

<sup>13</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.

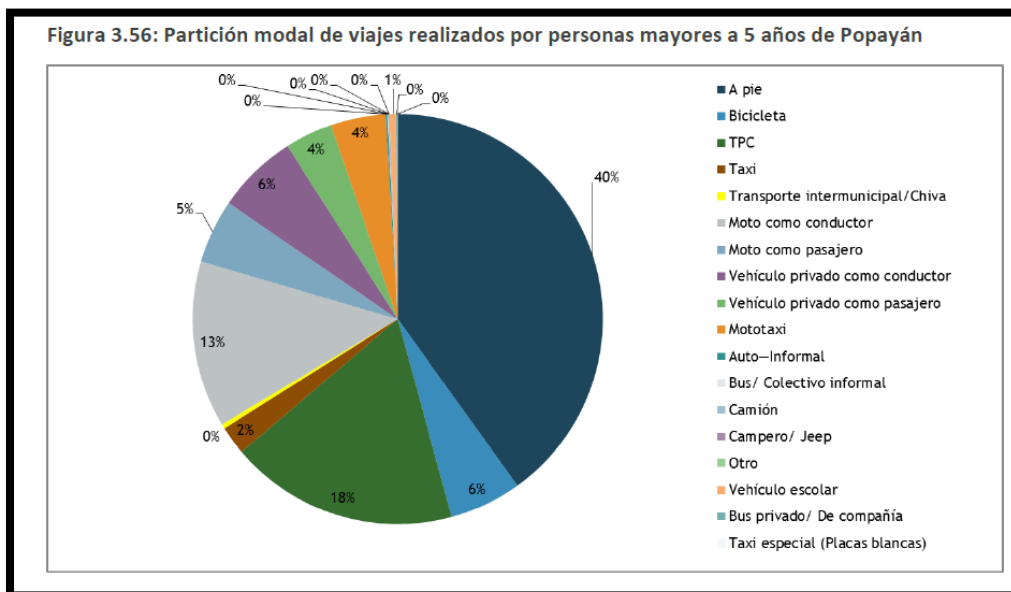




poder determinar la cantidad porcentual de los medios de transporte disponibles utilizados para el traslado a cubrir sus necesidades básicas como educación, comercio, administrativas y demás actividades a realizar.

Tal como se observó en la **Figura 3-5**, de los diferentes modos de viaje utilizados por personas mayores a 5 años, el que se realiza a pie se constituye en el más representativo con un total de 279.910 viajes, que corresponden al 40% de la partición modal total, tal como lo muestra la **Figura 3-6**.

**Figura 3-6. Partición Modal de Viajes de Popayán.**



Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Popayán. Elaborado por Steer Davies Gleave 2014<sup>14</sup>

Adicionalmente, en el Plan Maestro de Movilidad en la etapa de diagnóstico se hace una evaluación a la infraestructura dispuesta para la movilidad de los peatones, encontrándose lo siguiente:

<sup>14</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.







- *Las vías del Sector Histórico, son las que cuentan con mayor conectividad para el desplazamiento peatonal.*
- *Los andenes y espacio público del Centro de Popayán no cuentan con accesibilidad universal, es decir el espacio público no es incluyente con discapacitados, personas con maletas o con coches de niños, personas mayores, etc.*
- *Los resultados<sup>15</sup> más bajos de la evaluación se identificaron en los siguientes aspectos: ancho de andenes, rampas, gradientes, obstrucciones del espacio público, permeabilidad (no hay continuidad en rampas y cruces peatonales, ni semaforización peatonal), conflicto entre diferentes usuarios de la vía, legibilidad para ubicación del usuario dentro del centro histórico (factor altamente importante en un centro de concentración de atractivos turísticos), información e infraestructura para personas con discapacidades y movilidad reducida (información táctil y contraste de color y texturas), falta de mantenimiento de los andenes y presencia de huecos continuos, falta de accesibilidad universal.*
- *Algunas vías del sector histórico en las que se encontró que había mayor concentración de peatones, se realizaron dos tipos de análisis para determinar el nivel de servicio de la infraestructura de acuerdo a la demanda actual de peatones. En primer lugar, se calculó el nivel de servicio de los andenes de la zona mediante el método tradicional del Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte (2005), y en segundo lugar el nivel de servicio mediante un método de observación desarrollado por la consultoría.*

<sup>15</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.





- *Para el método tradicional se encontró que en general los resultados fueron positivos, encontrando predominantemente niveles de servicio A y en algunos segmentos niveles de servicio B. Se encontró que las vías de acceso al parque Caldas son las que presentan mayores flujos peatonales de las vías evaluadas.*
- *Para el método de observación, se encontraron niveles de servicio muy bajos, debido principalmente a la invasión del espacio público y a la búsqueda de comodidad de los usuarios donde se incluyen factores como evitar el sol en un determinado momento del día en determinado andén, lo que disminuye el ancho efectivo de los andenes.*

Otro de los grandes inconvenientes detectados durante la etapa de diagnóstico realizado en el marco del Plan Maestro de Movilidad, fue el espacio de los andenes ocupados por las ventas ambulantes, los cuales obligan a los transeúntes a caminar por la calle ya que los negocios disminuyen considerablemente la capacidad peatonal de estos espacios. **Ver Fotos 1 y 2.**



**Foto 1. Calle 6 entre Carreras 5 y 6.**



**Foto 2. Calle 6 entre Carreras 5 y 6.**





En términos relacionados con Seguridad Vial para peatones se encontró lo siguiente:

- *El Centro Histórico debido a la alta presencia de peatones y flujos vehiculares en calles angostas, en donde los conflictos vehículo - peatón se dan principalmente por los andes angostos y por la invasión del espacio público que obliga a los peatones a usar la vía.*

Dentro de la Formulación del Plan de Movilidad<sup>16</sup>, se definieron las siguientes estrategias para la movilidad no motorizada, es decir aquella que incluye los espacios dispuestos a los peatones:

- *Hacer que el modo natural del desplazamiento humano, caminar, sea una actividad fácil, agradable y segura en Popayán*
- *Contar con una red de andenes de alta calidad, que sea universalmente accesible, estructurada y segura, y que se conecte con otros modos de transporte y con corredores de transporte público*
- *Incrementar la proporción de viajes peatonales en los habitantes de Popayán*
- *En línea con la con la visión y los principios del Plan de Movilidad, en el centro histórico se buscará hacer un énfasis en la priorización de los modos no motorizados, poniendo siempre al peatón y a las personas con movilidad reducida en el primer lugar de la jerarquía modal, seguido por los ciclistas, el transporte público, y finalmente los modos motorizados privados.*
- *Se busca apoyar desde la movilidad, que el centro histórico sea un lugar más para las personas y menos para los vehículos.*

<sup>16</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.



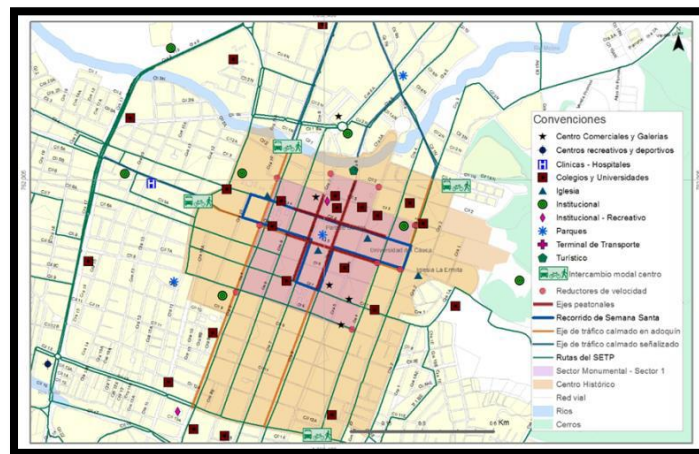


- Se busca generar espacios de interacción, esparcimiento y disfrute, espacios públicos para la gente, donde el sistema de movilidad ayude a soportar, potenciar y conserva el patrimonio histórico que representa el centro de Popayán.
- Los programas y proyectos que se plantean para el sector histórico se describen a continuación:

### **Zona 30 en el área del Centro Histórico de la ciudad**

- Este programa consiste en establecer el área del sector monumental 1, una "Zona 30", la cual es una zona donde se logra reducir la velocidad de los vehículos motorizados a valores menores a los 30 km/h, y donde se deja claramente establecido que es un área de prioridad peatonal y de modos no motorizados.

**Figura 3-7. Propuestas dentro de la Zona 30**



Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Popayán. Elaborado por Steer Davies Gleave 2014





*El Sector Monumental está delimitado por las siguientes vías:*

*Al Norte por la Calle 3 entre las Carreras 3 y 5 y luego por la Calle 2 entre las Carreras 5 y 7*

*Al Occidente por la Carrera 9 entre las Calles 3 y 8*

*Al Sur por la Calle 8 entre las Carreras 9 y 4*

*Al Oriente por la Carrera 4 desde la Calle 8 hasta la Calle 5 y por la Carrera 3 entre la Calle 5 y la Calle 3.*

### **Peatonalización**

- *Restricción total de los vehículos sobre estas vías en donde se permite el tránsito de peatones y bicicletas de las siguientes vías: Carrera 7 entre la Calle 3 y Calle 7; Carrera 6 entre Calle 3 y Calle 7; Calle 4 entre Carrera 8 y Carrera 4; Calle 5 entre Carrera 8 y Carrera 4.*

### **Nivelación de la calzada y los andenes de las siguientes vías:**

- *Carrera 9 entre río Molino costado Sur (Transversal 9) y Calle 13; Carrera 3 entre calle 1N y calle 5; calle 5 entre Carrera 3 y Carrera 4; Carrera 6 entre Calle 13 y Calle 7; Calle 5 entre Carrera 8 y Carrera 11. En estas vías se propone implementar una textura diferente del pavimento de tal manera que se genere un espacio en el que todos los actores compartan el espacio, teniendo siempre presente que la prioridad la tienen peatones, ciclistas y personas de movilidad reducida.*

### **Instalación de elementos de reducción de velocidad en los accesos a la zona 30 (sector monumental)**

- *Se propone instalar en los bordes de dicha zona elementos de reducción de velocidad y/o andenes pompeyanos en los cruces de acceso al sector 1. Estos elementos buscan hacer evidente el acceso a la zona monumental como un área con prioridad de los modos no motorizados.*





### **Señalización especial en vías de aproximación al centro histórico**

- *Se propone este proyecto con el fin de informar a los conductores que se aproximan a una zona 30 y que deben comenzar a disminuir su velocidad. Dichos corredores corresponden a los siguientes: Carrera 9 entre Transversal 9 N y Calle 1 N (costado Sur del río Molino); Calle 1 N entre Transversal 9 N y Carrera 2; Carrera 2 entre Calle 1 N y Calle 1; Carrera 6 entre Calle 1 N y Calle 1; Calle 5 entre Carrera 17 y Carrera 11*

El Plan Maestro de Movilidad de igual manera plantea la creación de un Sistema de Integración de Información de Movilidad (SIIM), debido a que no se debe hacer una evaluación individual de los elementos ya que existe interrelación entre ellos, es decir, se debe buscar integrar dinámicas de operación real, procesos de planeación, gestión y evaluación porque la información existente se encontraba dispersa entre instituciones, dependencias y funcionarios a cargo, además de información duplicada debido a la escasa coordinación y comunicación entre dependencias de la administración municipal entidades directamente involucradas con la movilidad y su desarrollo.

### **3.2. Selección del Área de Aplicación del Estudio**

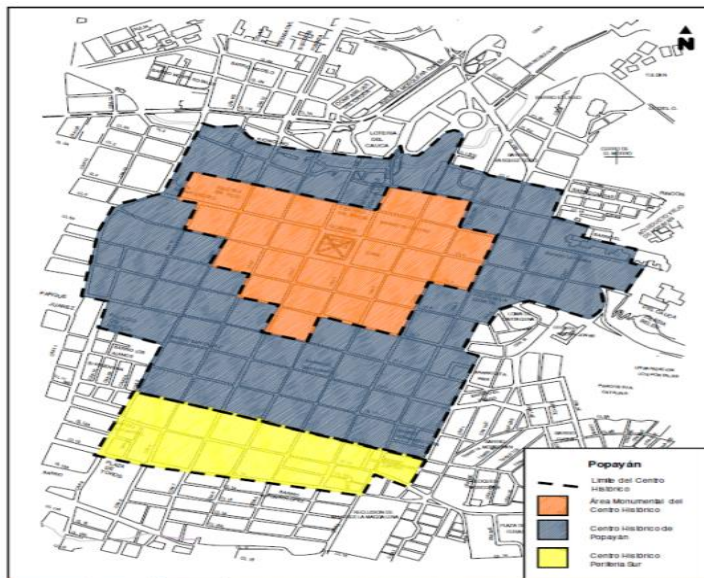
El casco antiguo o centro histórico de Popayán está considerado como uno de los más bellos y mejor conservados de Colombia y América Latina. La ciudad ha logrado conservar su escala urbana y la armonía de su carácter colonial durante más de cuatro siglos, atractivo que seduce a numerosos visitantes nacionales y extranjeros. Para seleccionar la zona en la cual se va a desarrollar el Estudio, se deben considerar varias características como los son la importancia histórica y cultural de la ciudad, combinada con la adecuación de espacios que establezcan





al peatón como principal actor vial. El área de intervención es la zona demarcada dentro del contexto urbano, la cual nos delimita el polígono de actuación que será objeto de estudio y análisis. El centro histórico de Popayán está diferenciado en tres categorías, el sector monumental, el sector histórico y el sector histórico sobre la periferia sur. **Ver Figura 3-8.**

**Figura 3-8. Categorización del Centro Histórico de Popayán**



### Centro Histórico

Se enmarca al Norte desde la Calle 1 hasta el Sur en la Calle 13 y al Oriente por la Carrera 2 hasta la Carrera 11 al Occidente.

Fuente: POT Popayán 2002

Tanto en el Plan Especial de Manejo y Protección (PEMP) como en el Plan Maestro de Movilidad (PMM) de la ciudad de Popayán, se menciona la delimitación planteada del Centro Histórico de Popayán, por lo que, se determinó que el área de estudio que se tomaría para la investigación y en donde se iba a concentrar el análisis de la información sería aquella que se denomina el Centro Monumental, debido a que es la zona con mayor concentración peatonal.



### 3.2.1. Centro Monumental de la Ciudad de Popayán

*Figura 3-9. Delimitación del Sector Monumental en el centro histórico de la ciudad de Popayán.*



#### **Centro Monumental**

Se enmarca al Norte desde la Calle 2 hasta el Sur en la Calle 8 y al Oriente por la Carrera 3 hasta la Carrera 9 al Occidente.

El Sector Monumental está delimitado por un perímetro de 2941m, el cual compone un área de 288.094 m<sup>2</sup> los cuales están distribuidos a nivel urbano organizado en una retícula de diámetro de 26 manzanas, incluida la del Parque Caldas.

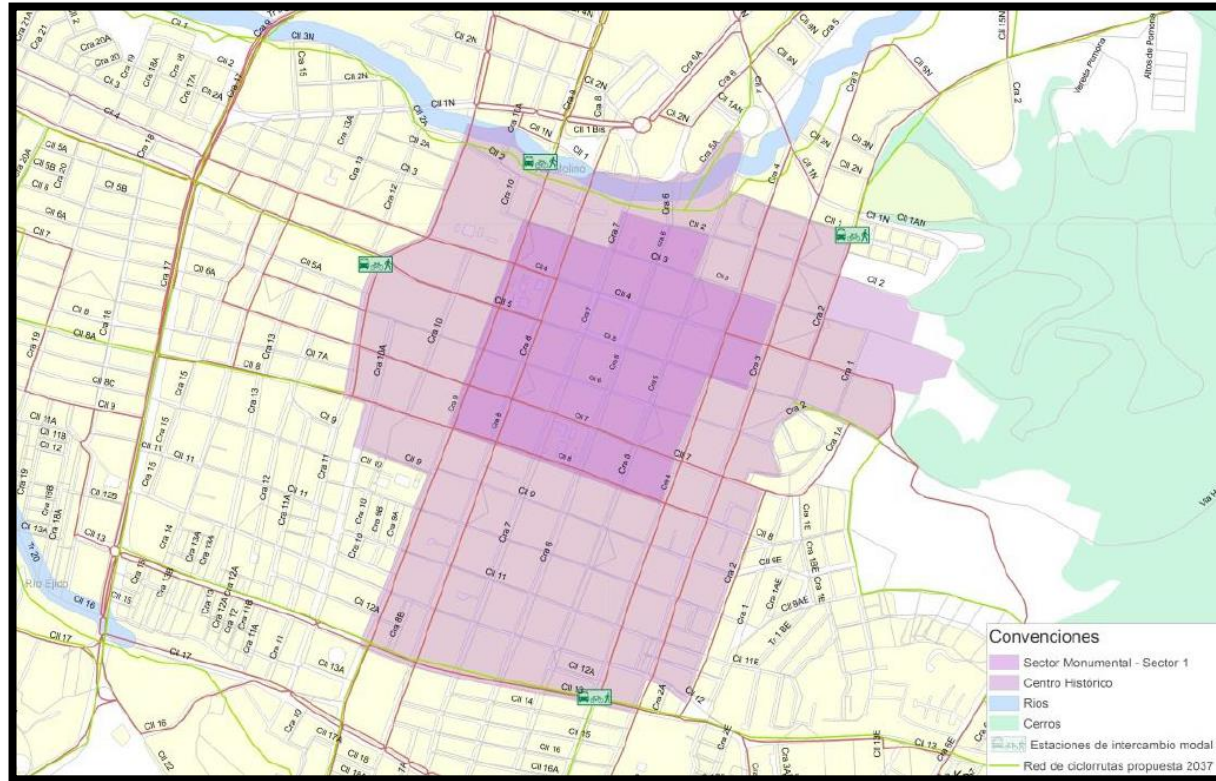
*Fuente: Elaboración Propia*







Figura 3-10. Límites del Centro Histórico y Centro Monumental de la Ciudad de Popayán.



Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Popayán. Elaborado por Steer Davies Gleave 2014





---

Como elemento ordenador y como centro del sector histórico y de la ciudad se encuentra el Parque Caldas, en torno al cual se ubican hitos de carácter religioso y administrativo (Torre del reloj, Catedral Nuestra Señora de la Asunción, Alcaldía Municipal de Popayán y Gobernación del Cauca).

Así mismo el sector monumental agrupa la mayor cantidad de comercio, flujos peatonales y vehiculares especialmente sobre las denominadas “eles” (L). Otros referentes son: La Universidad del Cauca, El Colegio Mayor, La Asamblea Departamental, Las Iglesia de Santo Domingo y Encarnación, otras instituciones universitarias, museos y varias sedes principales de las entidades bancarias que operan en la ciudad.

En esta zona se desarrolla una dinámica en la cual se debe considerar que la ciudad funciona en torno al centro, es decir, ese funcionamiento mono centrista expone al centro histórico de la ciudad como el principal destino desde cualquier punto u origen urbano. El resultado es una mezcla no muy apropiada de usos del suelo en el centro histórico y consecuentemente ha generado una demanda de accesibilidad tanto de motocicletas, bicicletas, vehículo particular, taxis, transporte público colectivo, para esta área central.

Hoy en día el Centro Histórico de Popayán es uno de los principales generadores de viajes de la ciudad donde se evidencian fuertes necesidades de espacio peatonal y adecuada infraestructura proporcionada, que facilite la interacción de las personas con las distintas actividades que allí se conjugan. El presente estudio busca con la peatonalización de vías en algunas calles del sector histórico, la recuperación integral del mismo, a fin de convertirlo en una zona de actividad cultural y atracción turística, en la cual se brinde comodidad y seguridad en el desplazamiento de las personas al realizar las diferentes actividades en el sector.

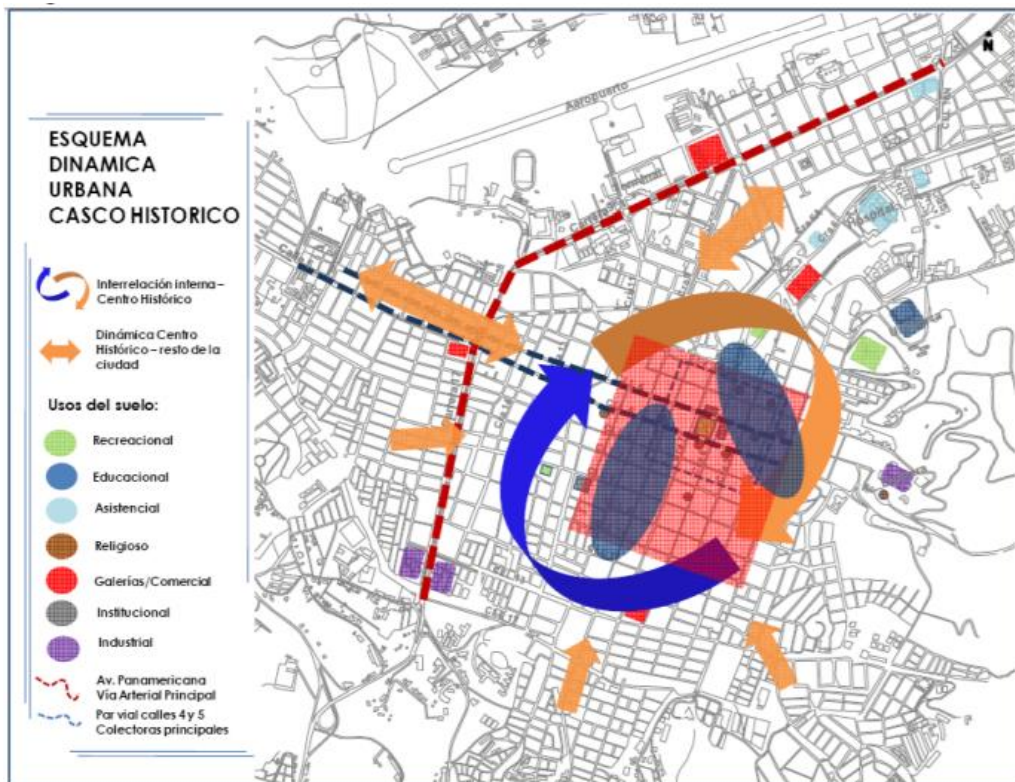
---



El siguiente esquema justifica lo anteriormente mencionando, haciendo referencia a la dinámica físico funcional que se presenta en el centro histórico de la ciudad.

**Ver Figura 3-11.**

*Figura 3-11. Dinámica Físico Funcional del Centro Histórico.*



Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Popayán. Elaborado por Steer Davies Gleave 2014

De la misma forma generará unos espacios de recreación a toda la ciudadanía, que podrá desplazarse libremente entre los sitios de interés sin preocupaciones de inseguridad. Esta propuesta debe ir ligada al manejo integral del espacio público para evitar la invasión por parte de vendedores ambulantes y el desplazamiento de vehículos motorizados, de los sitios destinados a la circulación de peatones.





Dado que en la actualidad el Parque Caldas de la ciudad de Popayán se encuentra limitado para el paso vehicular, hace falta considerar la posible peatonalización (de manera parcial o total) de cuatro zonas que durante el desarrollo de este estudio se han denominado las “eles” (L), las cuales son el área en la cual se aplicará el presente estudio. **Ver Figura 3-12**

*Figura 3-12. Ubicación de las cuatro “eles” (L) en el Centro Monumental de Popayán.*



*Fuente: Elaboración Propia*

Cada una de las “eles” (L) comprende las siguientes direcciones:

- L1 Carrera 6 entre calles 5 y 6. – Calle 5 entre carreras 5 y 6.
- L2 Calle 4 entre carreras 5 y 6. – Carrera 6 entre calles 3 y 4.
- L3 Carrera 7 entre calles 3 y 4. – Calle 4 entre carreras 7 y 8.
- L4 Calle 5 entre carreras 7 y 8. – Carrera 7 entre calles 5 y 6.





### 3.3. Definición del Actor Vial de Estudio

Los actores viales somos todos aquellos que hacemos uso de las vías para desplazarnos de un lugar a otro. La vía, al ser parte integrante del espacio público, representa un espacio de interacción en el que el logro de la concertación y la armonía entre todos los que convergen en ella es una de sus principales características. Trátese de peatones, ciclistas, motociclistas, conductores, vehículos, patrullas escolares, pasajeros o agentes de tránsito, todas las personas tienen derecho al uso de las vías y el deber de conocer cuáles son los comportamientos más adecuados para movilizarse por ellas de forma segura.

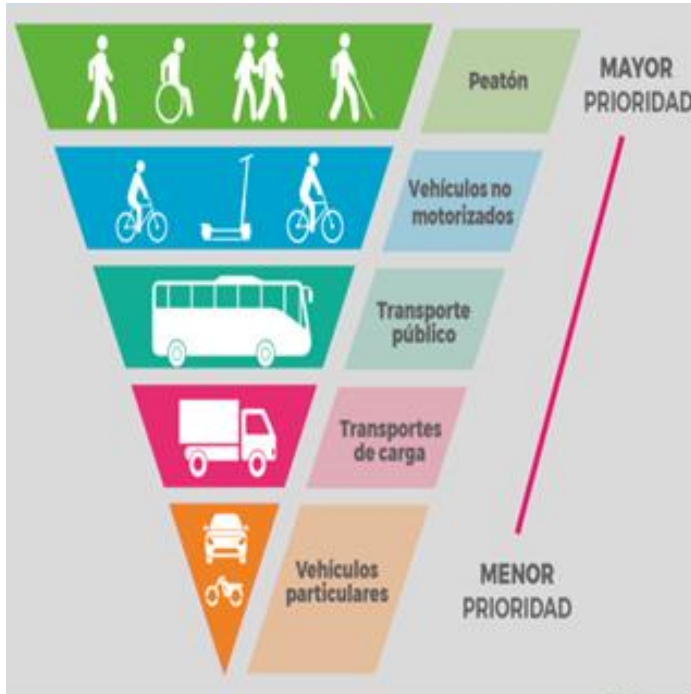
La organización Mundial de la Salud (OMS) y otras entidades Internacionales definieron la Pirámide de Movilidad **Ver Figura 3-13**, como una herramienta que cumple una función social y educativa en la que se estableció, la jerarquización del espacio vial revirtiendo la prioridad relacionada con todos los actores viales. Su objetivo es proteger a los más vulnerables, por lo que definieron una estructura de cinco peldaños siendo el primero el más importante, dado que considera inclusividad e infraestructura apropiada para los peatones.

#### 3.3.1. Peatón

En ese orden de ideas, dado que el peatón es el usuario más versátil y recursivo, también se debe reconocer que comparado directamente con el resto de los usuarios de la infraestructura vial su desplazamiento es la condición más expuesta de todas, debido al alto grado de fragilidad que podría tener al momento de una colisión. Todo individuo independiente de la actividad que esté realizando, siempre hará trayectos caminando, como el salir de casa, llegar al lugar de trabajo, hacer cambio de modos de transporte



Figura 3-13. Pirámide de Movilidad<sup>17</sup>.



Por lo tanto, se puede afirmar que los peatones son aquellos individuos que transitan a pie por diferentes espacios y este desplazamiento está constituido a su vez por quienes empujan o arrastran un coche o quienes tienen movilidad reducida utilizando silla de ruedas o alguna discapacidad o quienes se desplazan en patines o patinetas

Expuesto lo anterior, se tiene que las calles del centro de la ciudad de Popayán son muy transitadas por vehículos particulares, vehículos de servicio individual (taxis), motocicletas, bicicletas, entre otros y en su gran mayoría peatones. Dado que se requiere incrementar la seguridad vial, se hace necesario establecer al peatón como principal actor vial, por lo que la proyección de peatonalizar el Centro Monumental de la ciudad (de manera parcial o total) se podría considerar como una acción que conseguiría aumentar la confianza de los transeúntes a través de las calles que atraviesan.

<sup>17</sup> <https://pt-br.facebook.com/MovilidadGdl/photos/la-pir%C3%A1mide-de-la-movilidad-es-la-imagen-que-representa-el-respeto-y-la-prioridad/1498411523673963/f>





### 3.4. Revisión y Exploración de la Información Secundaria Existente

La principal actividad que se puede realizar con la información secundaria es resumir, reducir o sintetizar datos, con los cuales en este caso es posible hacer una evaluación cuantitativa, los que deben ser organizados para procesarlos y a partir de ese análisis concluir con medidas enfocadas al principal actor vial “el peatón”. La información existente recopilada fue:

- Encuestas de Hogares del año 2015.
- Conteos Peatonales del año 2015.
- Conteos vehiculares año 2022. Estaciones Maestras y Satélites del año 2020.

#### 3.4.1. Encuesta de Hogares del año 2015.

La información relacionada con las encuestas de hogares fue proporcionada por el Ingeniero Wilmer Pipicano Chicangana, quien es el CoDirector del presente estudio de profundización, producto de un trabajo de desarrollo personal, datos que serán usados para aplicación académica

Las encuestas de hogares se realizan para recolectar información cuyo enfoque está relacionado en determinar el bienestar de los habitantes de una ciudad; sin embargo, también son utilizadas para recoger cierto tipo de datos que debido al nivel de detalles que se requiere recoger son difíciles de tomar en puntos localizados fuera del entorno de la persona a quien se le aplica la encuesta. Por esa razón, la modalidad de entrevista se hace directamente en cada vivienda. Los datos encontrados corresponden a las intenciones de viaje de los payaneses, los







horarios en que los ejecutan e incluye los modos utilizados de transporte durante el desarrollo de sus actividades cotidianas.

Toda la información existente obtenida, es primordial para definir el comportamiento que tienen los habitantes de la ciudad, relacionado con la movilidad, determinación de horarios de máxima demanda peatonal por medio de la red que se llegue a establecer, las líneas de deseo que representan gráficamente esa movilidad en donde se visualice claramente esas intensiones que fueron manifestadas al momento de ser encuestados, logrando establecer variables cuantitativas de evaluación para concluir y generar políticas de mantenimiento adecuadas.

### **3.4.2. Conteos Peatonales del año 2015.**

La información relacionada con los conteos peatonales fue igualmente proporcionada por el Ingeniero Wilmer Pipicano Chicangana, quien es el CoDirector del presente estudio de profundización, producto de un trabajo de desarrollo personal, datos que serán usados para aplicación académica.

Este tipo de conteos son mecanismos que se utilizan para estimar el flujo y dirección de los movimientos que hagan los peatones y así poder establecer su movilidad y encontrar soluciones viales mediante las cuales se puedan implementar procedimientos que ayuden a mejorar su entorno, convirtiéndolo en un espacio más amigable para el ciudadano. Mediante este análisis se logra entre otras cosas calcular la cantidad de personas que hacen uso de la infraestructura existente, por esa razón, los resultados obtenidos después de la reducción y organización de la información es evaluar su funcionalidad en términos de capacidad y niveles de servicio, entre otros.





### **3.4.3. Conteos Vehiculares año 2022. Estaciones Maestras y Satélites del año 2020.**

La información recopilada de conteos vehiculares fue suministrada por el Ingeniero Rubén Torres, especialista en Tránsito, que en el desarrollo de su ejercicio profesional tomó dichos datos en el centro de la ciudad de Popayán a comienzos del año 2020.

Las estaciones maestras son aquellas que se permiten tener un conocimiento de las variaciones típicas del tránsito mediante las cuales se pueden definir las tendencias del comportamiento vehicular a largo plazo. Se consideran como puntos en los cuales se hacen conteos vehiculares de 18 horas continuas con lo que se pueden llegar a calcular factores de expansión y ajuste. Las estaciones secundarias o satélites, son aquellas en las cuales el período de conteo es más corto, y mediante el factor de expansión se amarra a una estación maestra que esté cerca y con comportamientos similares, adquiriendo dichas características.

Adicionalmente se realizaron aforos vehiculares en puntos adicionales a los obtenidos en la información suministrada, de modo que se complementarían los datos de la red para desarrollar la modelación equivalente a lo que ocurre en la zona de estudio.

### **3.5. Recolección de Información Primaria**

El estudio contempla el análisis de información primaria, de tres maneras, la primera censando los locales que se encuentran en el sector de estudio, de modo que permita establecer la cantidad de locales que hay en cada una de las “eles” (L), la segunda mediante la aplicación de encuestas de opinión en el sector de modo que se logre hacer una evaluación cualitativa relacionada con la percepción





que tengan las personas que tienen sus establecimientos en cada una de las “eles” (L), respecto a la posible peatonalización (de manera parcial o total) en el Centro Monumental de la ciudad de Popayán y la tercera con el procesamiento de dos tipos de datos de conteos vehiculares (recolectados y existentes) que permitan realizar modelación del comportamiento vehicular alrededor del sector en donde se plantea hacer el cierre vial (parcial o total).

Para el desarrollo del estudio se consideró tener como información primaria:

- Censo de Establecimientos Públicos y Privados
- Encuesta de Opinión
- Conteos vehiculares

### ***3.5.1. Censo de Establecimientos Públicos y Privados.***

Es un mecanismo mediante el cual se pueden establecer características de una determinada población de modo que se interpreten los datos que la definen, en este caso en particular se requiere determinarle a los establecimientos la cantidad y tipo de éstos en la zona donde se desarrollará el estudio.

### ***3.5.2. Encuesta de Opinión.***

Por medio de este mecanismo se busca establecer de alguna manera la forma en que se podrían afectar los establecimientos localizados en la zona de estudio, en caso de que se llegase a peatonalizar (de manera parcial o total), siendo la encuesta un método acertado de recolectar la información de opinión, en donde se tendrán en cuenta algunos temas importantes a conocer, como:





- Horarios de atención, horarios de cargue y descargue, horarios de entrega de basura que resultan de las actividades que desarrollan.
- Modo en que se surte de mercancía (vehículos tipo, horarios).
- Contabilizar parqueaderos oficiales, públicos y privados para determinar la cantidad de puestos de parqueo que cada entidad tiene a disposición y que podrían ser afectados al momento de implementar la medida.
- Percibir la opinión de los encuestados en relación con una posible peatonalización en las “eles” (L).
- Manejo de vehículos de seguridad que prestan servicio a las entidades bancarias del sector.

### **3.5.3. Conteos Vehiculares.**

Con los aforos de vehículos se consiguen datos para calcular la capacidad de la vía y el volumen de tráfico que normalmente circula por esta. Adicionalmente se pueden establecer la cantidad de vehículos que toma cierta dirección, en el caso de intersecciones vehiculares. Dependiendo de las características de la infraestructura y los datos que se requieren procesar, se pueden hacer aforos divididos en rangos de 15 o 30 minutos.

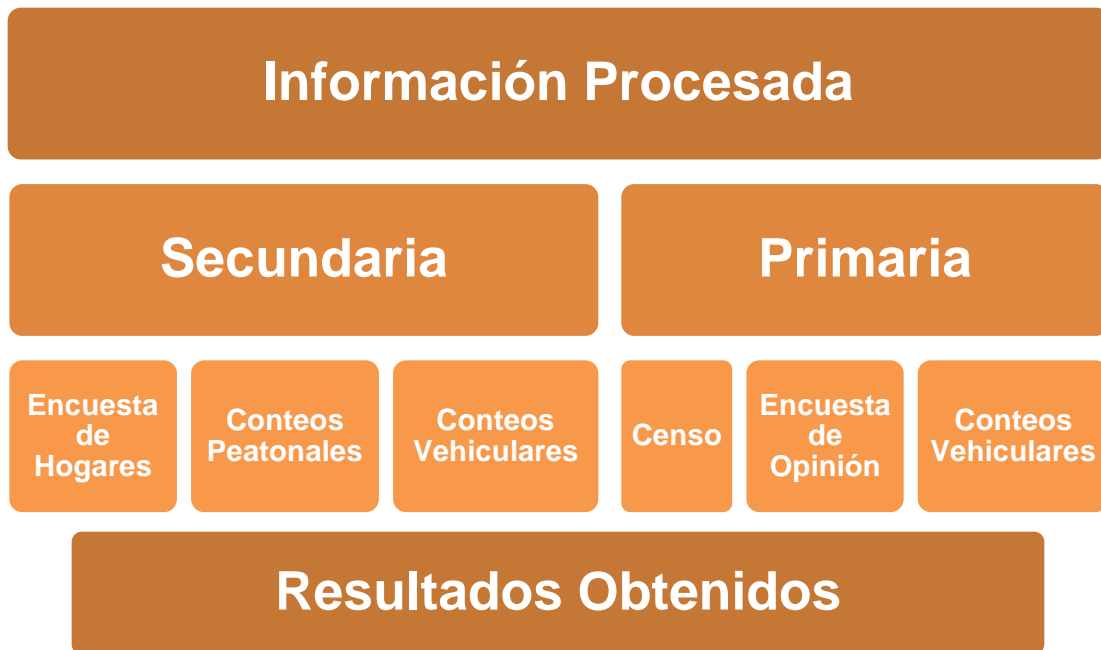




## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO

Luego de recolectar la información requerida, deben organizarse los datos obtenidos a fin de procesarlos y analizarlos y de acuerdo con los resultados plantear propuestas que hagan que los impactos que se podrían tener al momento de considerar peatonalizar (de manera parcial o total) el Centro Monumental de la ciudad de Popayán, generen el menor traumatismo posible. En cada una de las etapas establecidas en la metodología se recopila y procesa información que según a través de sus resultados y la combinación de ellos se logren establecer conclusiones relacionadas con la medida que se quiere adoptar.

*Figura 4-1. Esquema de Manejo de Información*



*Fuente: Elaboración Propia*



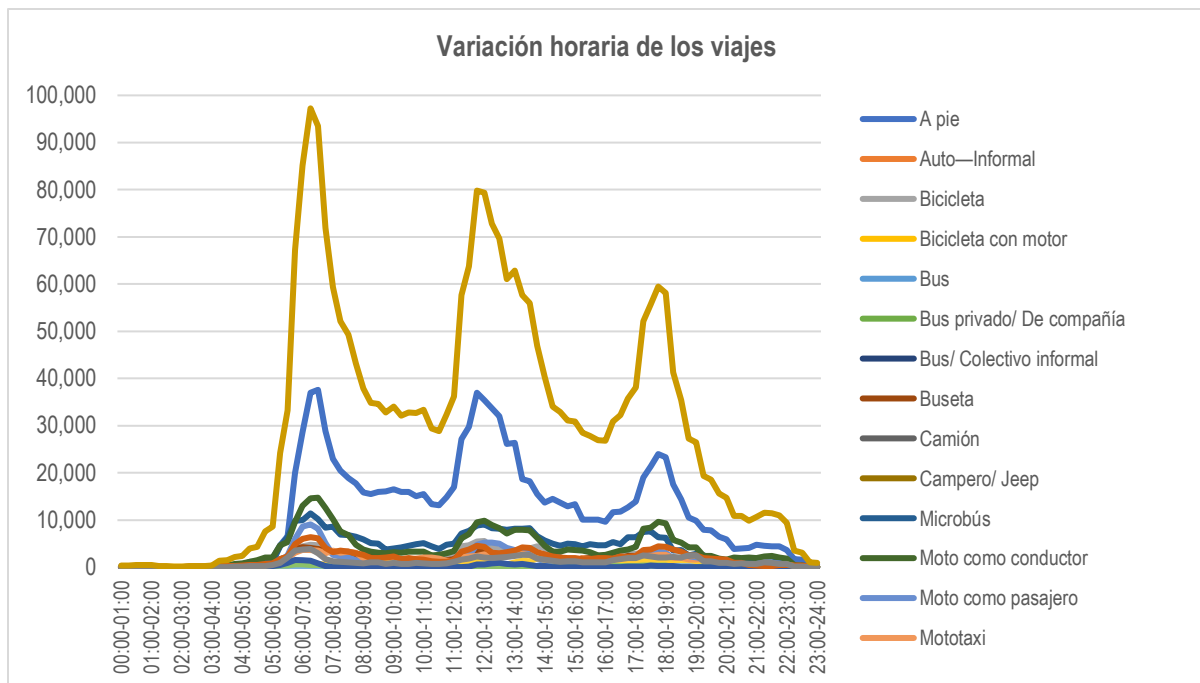


## 4.1. Análisis de la Información Secundaria Existente (Encuesta de Hogares 2015 – Conteos Peatonales 2015 – Conteos Vehiculares 2020)

### 4.1.1. Encuesta de Hogares 2015

De las encuestas de Hogares se pudo obtener la discriminación de los motivos de viaje de los encuestados. Se pueden manejar varios datos, entre ellos conocer el modo de viaje que más utilizan los habitantes encuestados, variación horaria de los viajes por cada uno de los medios de transporte utilizados. Dicha información permite trabajar con resultados que se asocian a otros parámetros. En la **Figura 4-2** se observa la cantidad de viajes relacionada con la variación horaria y a su vez con el medio de transporte utilizado por las personas encuestadas.

*Figura 4-2. Variación Horaria de Viajes.*



Fuente: Elaboración Propia.





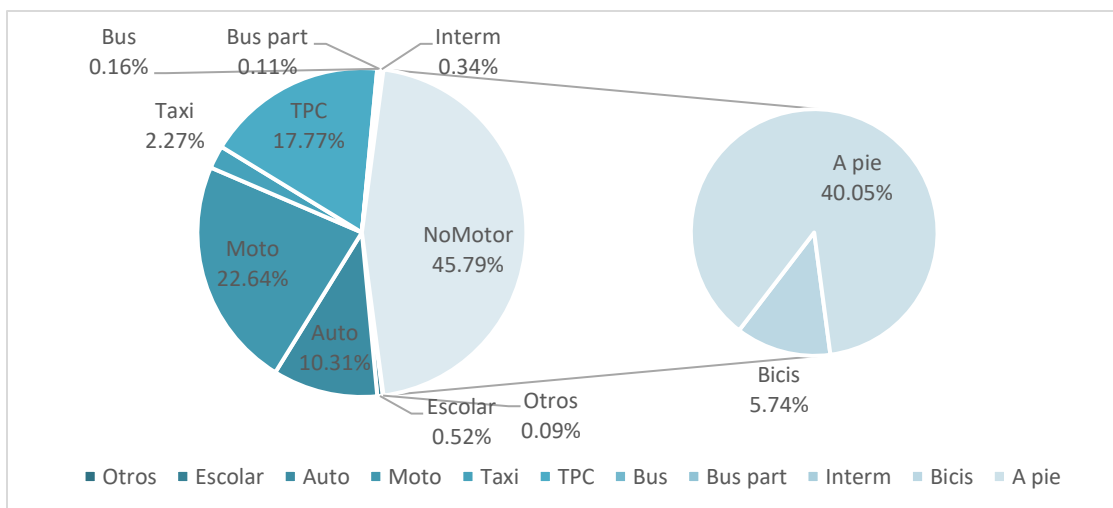
Con la información recolectada se puede establecer el mayor porcentaje utilizado en los modos de transporte, tal como se observa en la **Tabla 4-1** y en la **Figura 4-3**, en la cual adicionalmente se muestra el porcentaje de viajes en medios no motorizados.

**Tabla 4-1. Modos y Tipos de Viaje Resultado de la Encuesta de Hogares.**

ID	Modo	Trips	%
11	Otros	599	0.1%
10	Escolar	3,639	0.5%
9	Auto	71,847	10.3%
8	Moto	157,702	22.6%
7	Taxi	15,786	2.3%
6	TPC	123,770	17.8%
5	Bus	1,114	0.2%
4	Bus part	741	0.1%
3	Interm	2,392	0.3%
2	Bicis	39,949	5.7%
1	A pie	278,995	40.1%
	Total	696,534	100.0%

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 4-3. Porcentaje de Modos y Tipos de Viaje Resultado de la Encuesta de Hogares.**



Fuente: Elaboración Propia.







Mediante la modelación por medio del programa de macrosimulación TransCAD, se obtienen las zonas ZAT (Zonas de Análisis de Transporte) con características especiales para el estudio de las dinámicas de una ciudad, permitiendo establecer modelos de desplazamiento de origen – destino (O-D). Adicionalmente, se definen las líneas de deseo para establecer las rutas que las personas escogen para desplazarse.

En el Plan Maestro de Movilidad (PMM) de Popayán<sup>18</sup>, se encuentran establecidas las zonas de análisis de transporte para la ciudad, estas zonas son definidas de acuerdo con la homogeneidad de un área desde el punto de vista de generación de viajes, en el proceso normalmente se toma en cuenta los usos del suelo, número de viviendas, población total, número total de empleos, red vial existente y medios de transporte disponibles, entre otros.

Con la información definida de ZAT para Popayán, la información de matrices Origen-Destino entregadas en el PMM y apoyados en la herramienta de planificación de transporte TransCAD se procedió a generar los mapas espaciales de líneas de deseo de viaje a pie de las personas para diferentes periodos del día (AM, MD y PM). El proceso de generación de líneas de deseo de viajes que intervienen con la zona centro de la Ciudad se resume en cinco (5) pasos:

- Definición de zonas ZAT para la ciudad.
- Generación de Centroides de las zonas ZAT.
- Incorporación de matriz Origen – Destino.
- Generación de líneas de deseo de viajes.

<sup>18</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.

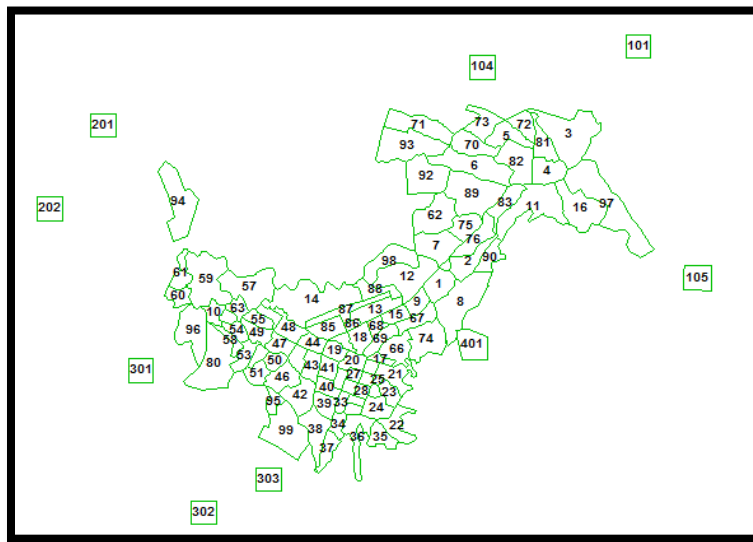


- Selección de viajes cuyo Origen /Destino se dan en la zona centro de la Ciudad.

#### 4.1.1.1. Definición de Zonas ZAT para la ciudad de Popayán

Dado que en la información del PMM se encuentran definidas las zonas ZAT para la Ciudad, se procedió a cargar el archivo en el software TransCAD. A continuación, se presenta las zonas ZAT definidas y su codificación.

*Figura 4-4. Zonas ZAT de la ciudad de Popayán.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 4.1.1.2. Generación de Centroides de las ZAT para la ciudad de Popayán

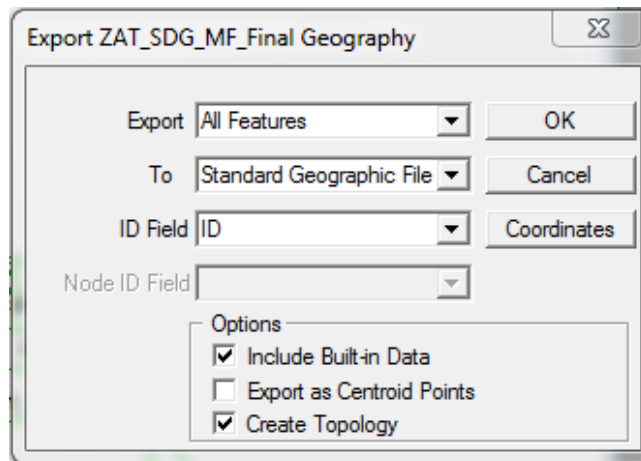
Se debe generar una capa de centroides, los cuales pueden considerarse como puntos que representan las zonas ZAT, y es en los cuales se constituye el Origen o Destino de todos los viajes que van o vienen de una zona. Para su generación se ingresa en la cinta de opciones, por la pestaña **Tools** y selecciona la opción





**Export**, esto abrirá un cuadro que creará un nuevo archivo geográfico para esta nueva capa. *Ver Figura 4-5.*

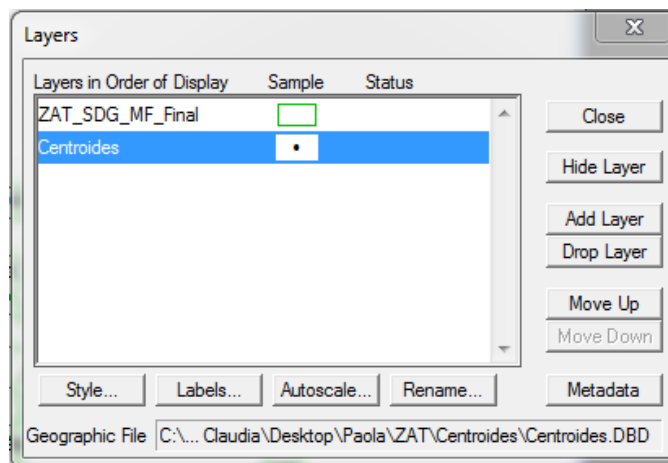
*Figura 4-5. Proceso para Generación de Centroides en TransCAD.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

Una vez generado el archivo, éste se debe vincular a las zonas ZAT mediante la pestaña **MAP**, opción **Layers** y seleccionando **Add layer**. *Ver Figura 4-6.*

*Figura 4-6. Proceso para Generación de Centroides en TransCAD.*

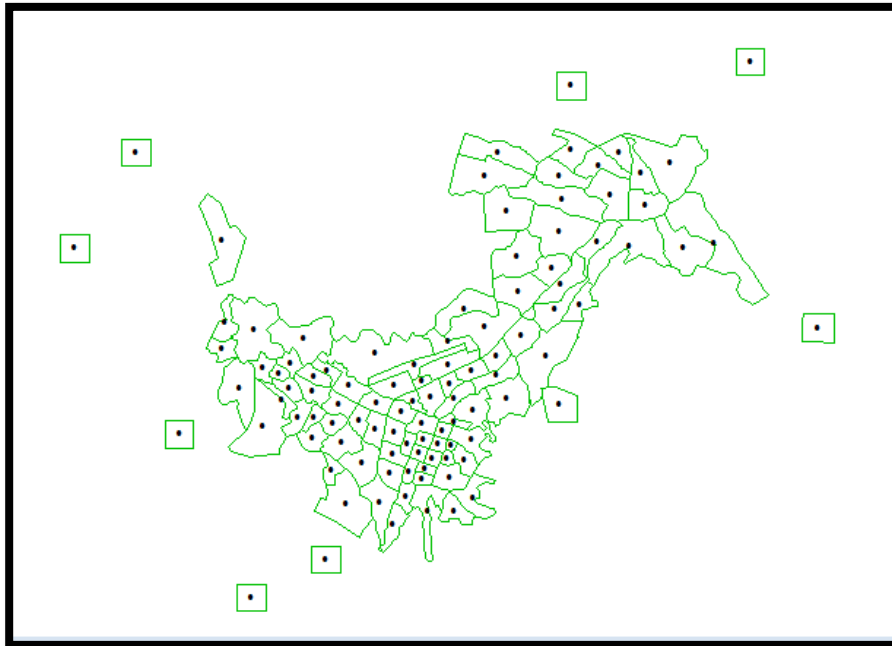


*Fuente: Elaboración Propia.*



La representación gráfica de los centroides se observa en la **Figura 4-7**:

**Figura 4-7. Centroides de las ZAT en la ciudad de Popayán.**



Fuente: Elaboración Propia.

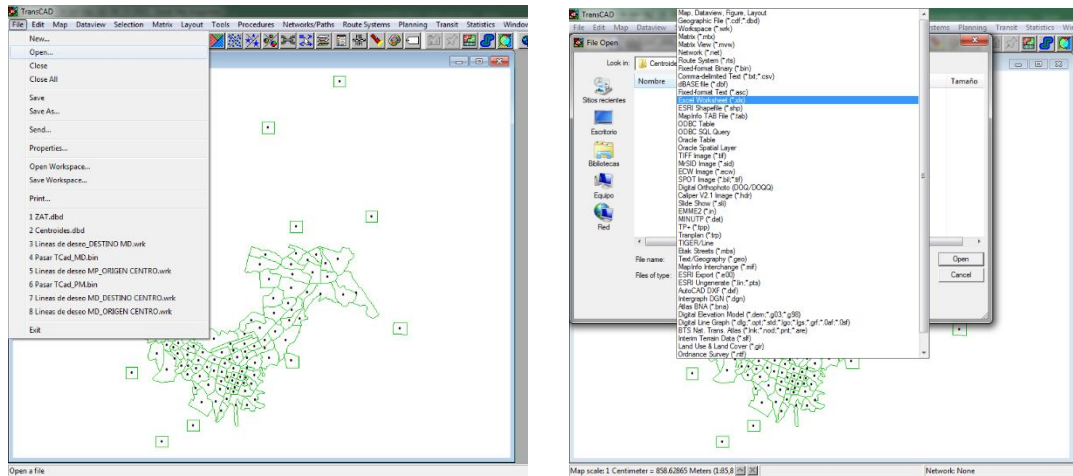
#### **4.1.1.3. Incorporación de Matriz Origen – Destino (O-D)**

Dado que la información secundaria de encuestas recolectada del PMM, cuenta con la asociación de codificación de zonas ZAT correspondiente, se procedió a vincular los datos de la matriz O-D que se tienen en Excel, para ello ingresando por la pestaña **File**, se dio apertura de los archivos en Excel que contenían la información de viajes para los diferentes periodos del día (AM, MD, PM), a través de la opción tipo de archivo *Excel worksheet*. **Figura 4-8**.





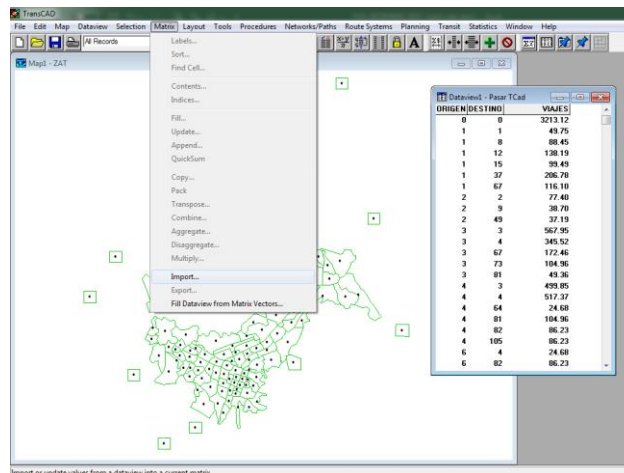
Figura 4-8. Proceso de Definición de la Matriz Origen - Destino (O-D).



Fuente: Elaboración Propia.

Esta información es necesaria transformarla en formato de matriz que sea trabajable en TransCAD. Para ello a través de la pestaña **Matrix**, en la opción **Import** y siguiendo el proceso de cada tabla se obtiene la conversión de la matriz.

Figura 4-9. Proceso de Transformación de la Matriz para TransCAD



Fuente: Elaboración Propia.

Obteniendo la siguiente tabla con la relación Origen-destino y viajes:



Estudio para Evaluar la Peatonalización  
 del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán  
 Nancy Paola González Idrobo

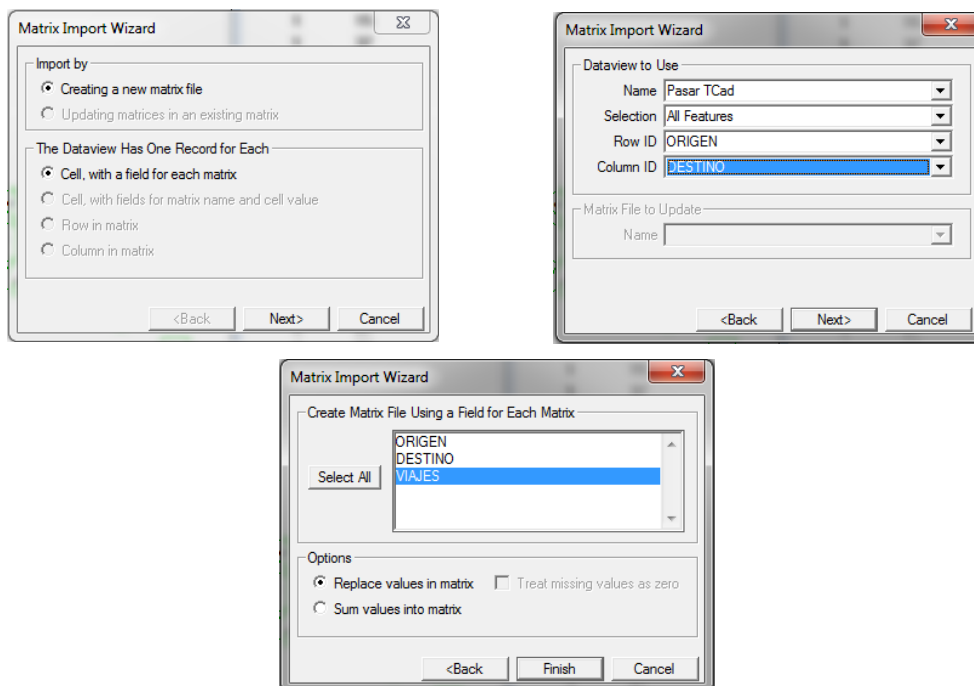


Figura 4-10. Matriz Origen - Destino (O-D) Resultante.

ORIGEN	DESTINO	VIAJES
0	0	3213.12
1	1	49.75
1	8	88.45
1	12	138.19
1	15	99.49
1	37	206.78
1	67	116.10
2	2	77.40
2	9	38.70
2	49	37.19
3	3	567.95
3	4	345.52
3	67	172.46
3	73	104.96
3	81	49.36
4	3	499.85
4	4	517.37
4	64	24.68
4	81	104.96
4	82	86.23
4	105	86.23
6	4	24.68
6	82	86.23

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-11. Procedimiento para Generar la Matriz Origen – Destino TransCAD.



Fuente: Elaboración Propia.





**Figura 4-12. Matriz Generada Origen Destino (O-D).**

	0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14
0	3213.12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1	--	49.75	--	--	--	--	--	88.45	--	--	--	138.19	--	--
2	--	--	77.40	--	--	--	--	--	38.70	--	--	--	--	--
3	--	--	--	567.95	345.52	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	499.85	517.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	24.68	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	138.19	--	--	--	--	--	206.41	--	--	--	49.75	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	307.55	35.11	--
13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	70.22	--
14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	--	--	--	--	--	--	--	152.95	--	--	--	--	--	--
16	--	--	--	24.68	24.68	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	31.14	--	--	--
19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	63.32	--
23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

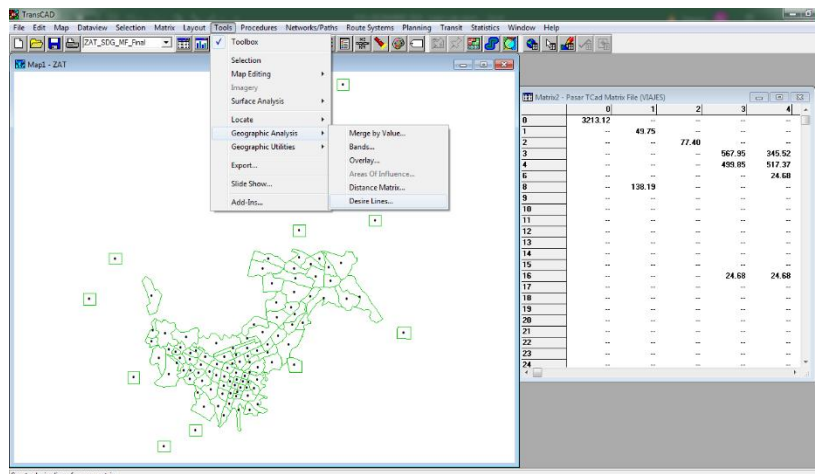
Fuente: Elaboración Propia.

Con la información de viajes contenida en un archivo matriz de TransCAD, se generan los mapas de representación de líneas de deseo de viaje.

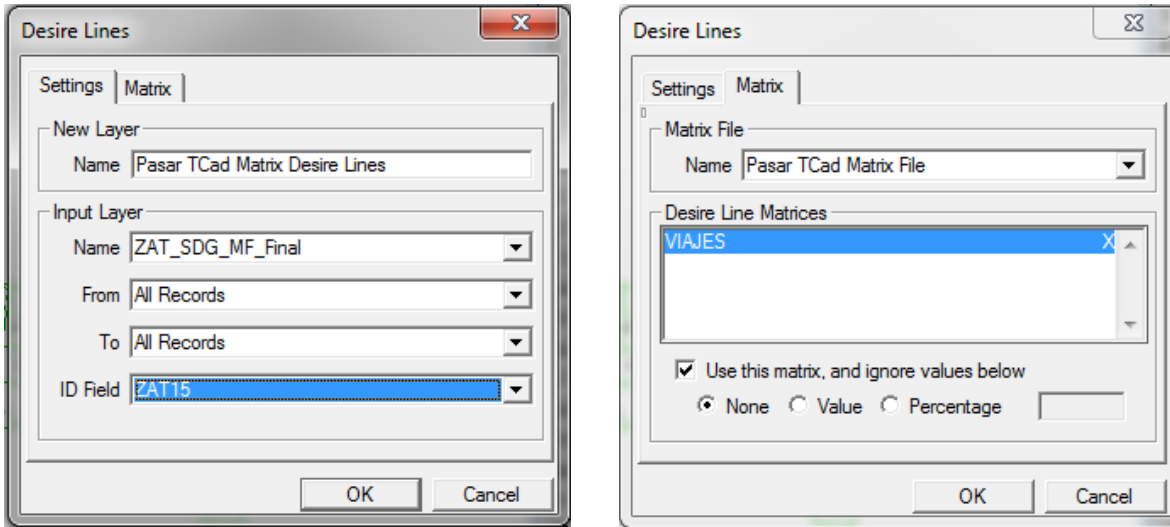
#### 4.1.1.4. Generación de Líneas de Deseo de Viajes

Para hacerlo, se ingresa por la pestaña **Tools**, en la opción **Geographic Analysis** y seleccionando la opción **Desire Lines**. **Figura 4-13**

**Figura 4-13. Proceso para Obtener Líneas de Deseo.**

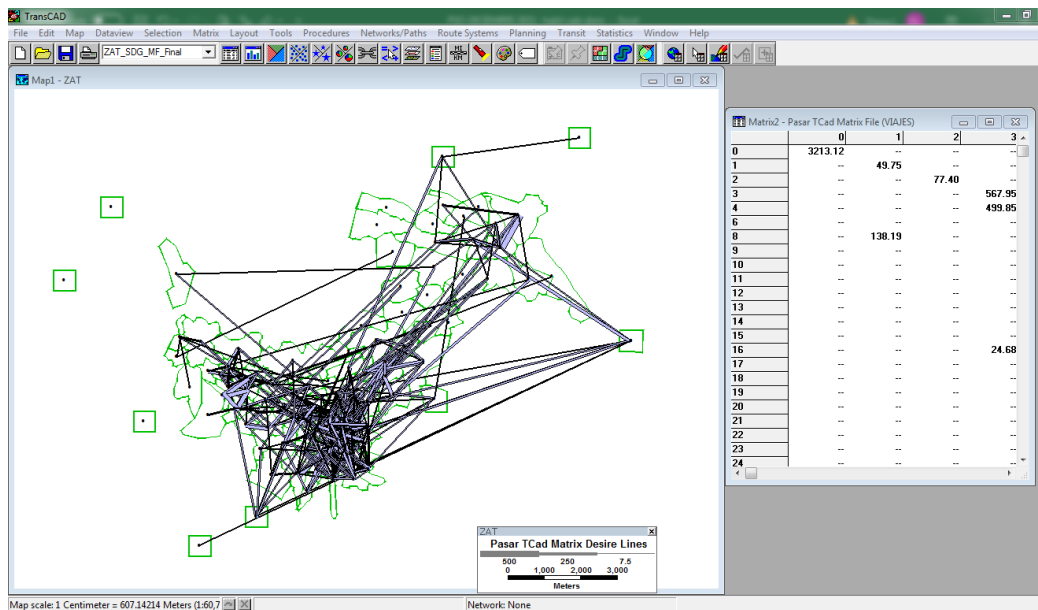






Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-14. Líneas de Deseo de la Matriz Origen (O-D) Procesada



Fuente: Elaboración Propia.





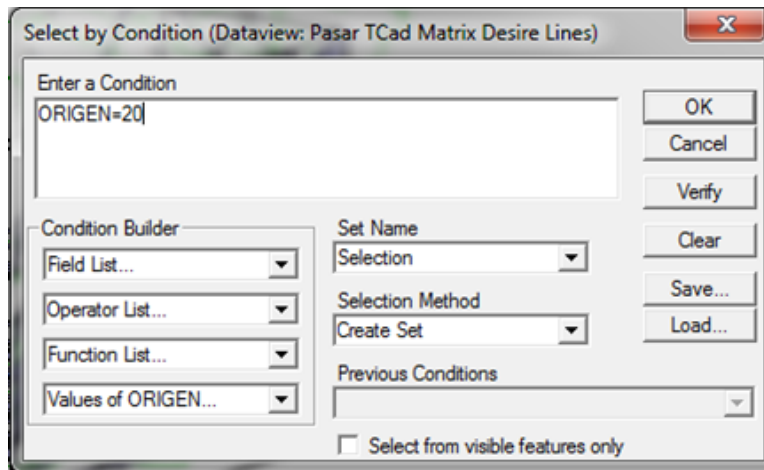
Luego de obtener las líneas de deseo de toda la matriz se procede a limitar y seleccionar los datos solamente cuyo Origen / Destino están incluidos en la zona del centro de la ciudad.

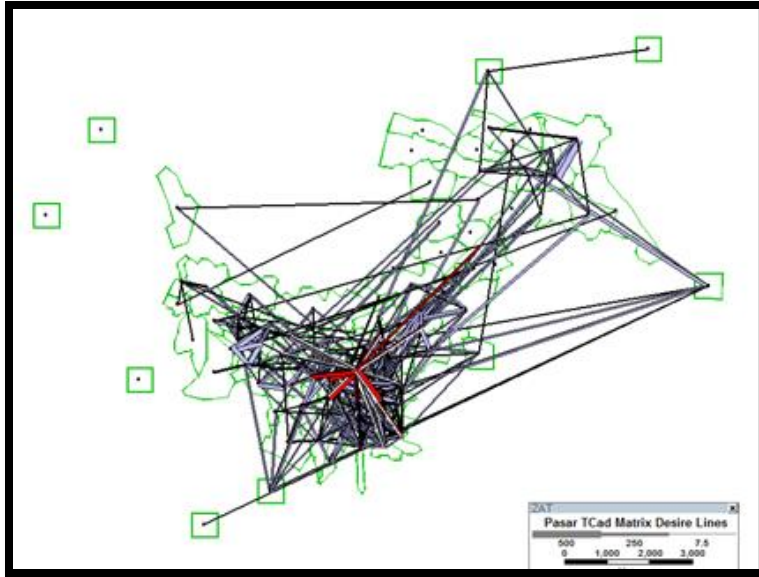
Teniendo las líneas de deseo de viajes que se dan en la Ciudad, se realizan las selecciones para los análisis requeridos, mediante la pestaña **Selection**, opción select by Condition *Ver Figura 4-15*.

Específicamente para la zona centro, se realizaron análisis de origen y destino que se generan desde las zonas 20, 26, 27 y 64, teniendo en cuenta que estas ZAT incluyen lo que se conoce como centro monumental y que es de interés en el presente trabajo.

Así mismo y para ampliar el análisis del sector centro se incluyó las zonas ZAT 28, 29 y 30.

*Figura 4-15. Proceso de Selección de Datos Origen – Destino del Centro de Popayán*

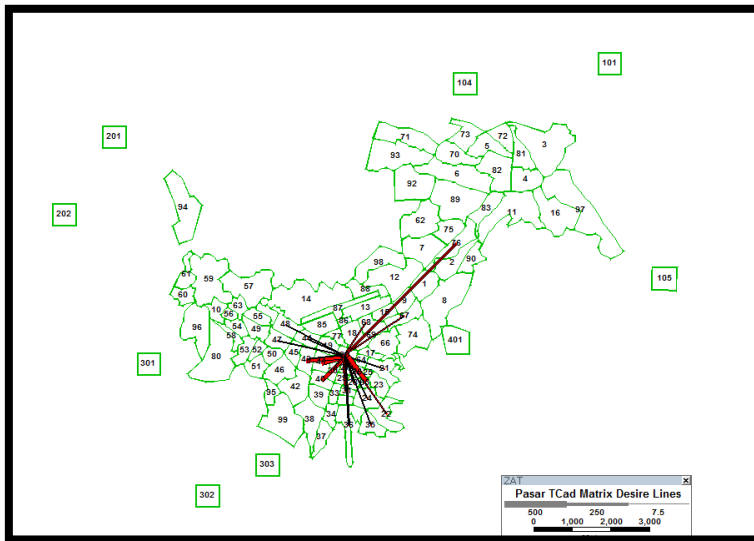




Fuente: Elaboración Propia.

Para ver mejor la selección se invisibiliza la capa general de viajes.

**Figura 4-16. Líneas de Destino Ubicadas en el Centro Monumental de Popayán**



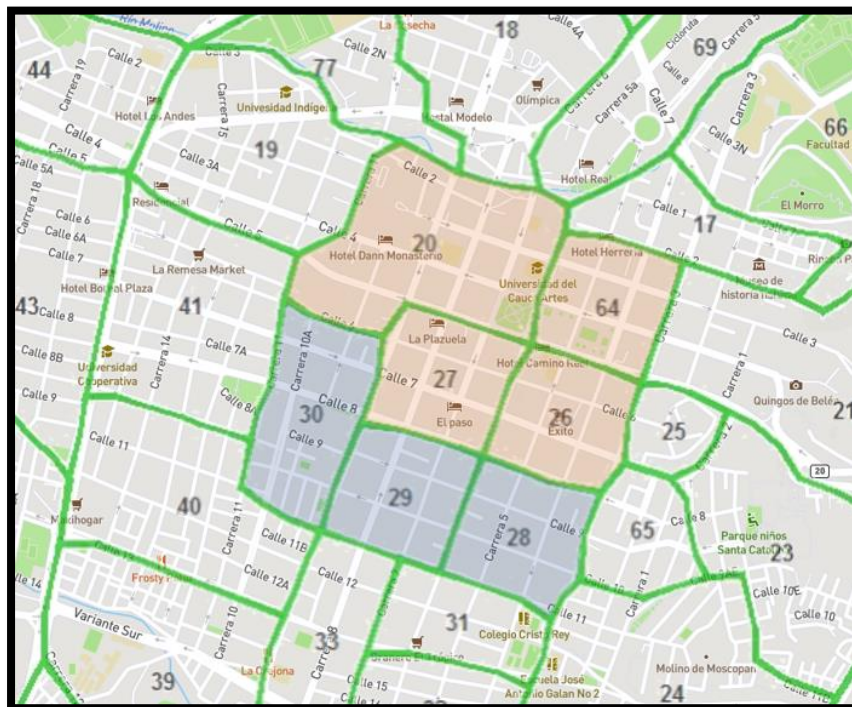
Fuente: Elaboración Propia.





Luego de determinar las líneas de deseo con base en los datos obtenidos de la matriz de origen y destino de la ciudad de Popayán, en la **Figura 4-17**, se observa las Zonas sombreadas que corresponden a la concentración de las intenciones de viaje de los habitantes de Popayán.

**Figura 4-17. Zonas ZAT con Mayor Concentración de Intenciones de Viajes en el Centro Monumental de Popayán**



Fuente: Elaboración Propia.

La información resultante, respalda la zona escogida de estudio, debido a que responde a la mayor concentración peatonal, lo cual coincide con la cantidad de locales comerciales ubicados en el sector.





#### 4.1.2. *Conteos Peatonales 2015*

La información de conteos peatonales dentro del estudio, será utilizada para determinar capacidad y niveles de servicio. Dado que son datos obtenidos en el año 2015, se hace necesario hacer un análisis al año 2023, el cual se asume será un comportamiento normal luego de pasar el período por la pandemia relacionada con el covid-19. Los puntos de aforo peatonal que se encontraron dentro de la base de datos corresponden a las siguientes 24 ubicaciones:

*Tabla 4-2. Puntos de Aforo Peatonal. Conteos Peatonales 2015.*

PUNTOS	
1	CALLE 3 ENTRE CARRERAS 9 Y 8
2	CARRERA 8 ENTRE CALLES 2 Y 3
3	CARRERA 9 ENTRE CALLES 4 Y 5
4	CARRERA 8 ENTRE CALLES 4 Y 5
5	CALLE 6 ENTRE CARRERAS 9 Y 8
6	CARRERA 8 ENTRE CALLES 6 Y 7
7	CALLE 7 ENTRE CARRERAS 7 Y 6
8	CALLE 6 ENTRE CARRERAS 7 Y 6
9	CARRERA 5 ENTRE CALLES 7 Y 6
10	CALLE 6 ENTRE CARRERAS 5 Y 4
11	CARRERA 5 ENTRE CALLES 4 Y 5
12	CARRERA 4 ENTRE CALLES 4 Y 5
13	CARRERA 5 ENTRE CALLES 3 Y 2
14	CALLE 3 ENTRE CARRERAS 5 Y 4
15	CALLE 3 ENTRE CARRERAS 6 Y 7
16	CARRERA 6 ENTRE CALLES 3 Y 2
17	CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4
18	CALLE 4 ENTRE CARRERAS 7 Y 8
19	CALLE 5 ENTRE CARRERAS 7 Y 8
20	CARRERA 7 ENTRE CALLES 5 Y 6
21	CARRERA 6 ENTRE CALLES 5 Y 6
22	CALLE 5 ENTRE CARRERAS 5 Y 6
23	CALLE 4 ENTRE CARRERAS 5 Y 6
24	CARRERAS 6 ENTRE CALLE 4 Y 3

*Fuente: Información Secundaria Existente. Conteos Peatonales 2015*





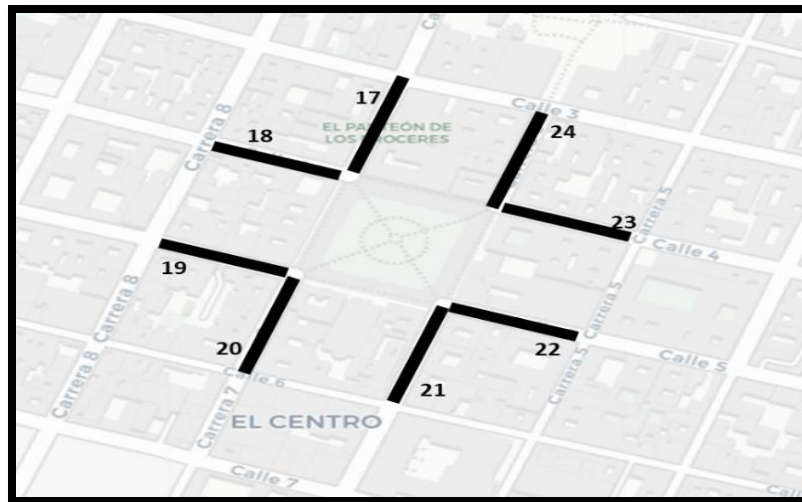
De esos 24 puntos de aforo se toman los correspondientes a las últimos 8 datos del listado, los cuales están localizados en las “eles” de estudio, además que coinciden con ser los más cargados de la información suministrada.

**Tabla 4-3. Puntos de Aforo Peatonal Considerados en el Presente Estudio.**

PUNTOS	
17	CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4
18	CALLE 4 ENTRE CARRERAS 7 Y 8
19	CALLE 5 ENTRE CARRERAS 7 Y 8
20	CARRERA 7 ENTRE CALLES 5 Y 6
21	CARRERA 6 ENTRE CALLES 5 Y 6
22	CALLE 5 ENTRE CARRERAS 5 Y 6
23	CALLE 4 ENTRE CARRERAS 5 Y 6
24	CARRERAS 6 ENTRE CALLE 4 Y 3

Fuente: Información Secundaria Existente. Conteos Peatonales 2015

**Figura 4-18. Ubicación de Puntos de Aforo Peatonal Considerados para el Cálculo de Nivel de Servicio.**



Fuente: Información Secundaria Existente. Conteos Peatonales 2015

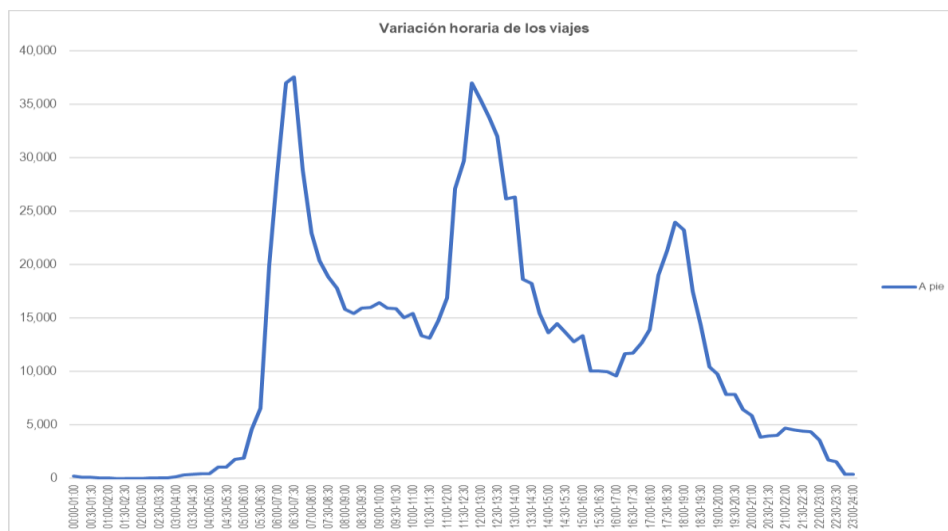




Con los datos provenientes de las encuestas de hogares, se pudo establecer los modos y horarios en que se realizan esos viajes, notándose que el modo que más utilizan los habitantes de Popayán es cuando realizan los desplazamientos a pie. Adicionalmente, se puede observar que existen tres picos horarios en los cuales se hacen estos recorridos:

- 7:00 a 8:00
- 10:00 a 11:00
- 11:00 a 12:00
- 14:00 a 15:00
- 17:00 a 18:00

**Figura 4-19. Modos y Horarios de Uso de Cada Uno.**



*Fuente: Información Secundaria Existente. Encuesta de Hogares 2015*

Se calcula el volumen peatonal en cada uno de los 8 puntos ubicados en las “eles”, notándose que existen valores superiores a 16 peat/min/m (valor mínimo considerado en la evaluación de capacidad y niveles de servicio de andenes) los cuales fueron sombreados con amarillo en la **Tabla 4-4**.





**Tabla 4-4. Volumen Peatones/min/m año 2015 en los 8 Puntos Considerados.**

Punto No. Ancho andén (m)	Volumen (Peat/min/m)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
6:00 a 7:00	2.6	5.6	5.7	5.3	3.3	6.9	6.3	14.7
7:00 a 8:00	4.5	5.8	7.6	3.5	7.6	4.5	10.7	13.9
8:00 a 9:00	6.6	6.1	14.9	6.2	9.4	6.4	15.3	22.4
9:00 a 10:00	8.1	7.4	17.5	10.6	13.0	11.9	13.4	26.6
10:00 a 11:00	9.0	6.9	18.8	10.2	11.7	20.9	13.2	24.5
11:00 a 12:00	7.9	7.4	13.9	10.0	16.4	22.5	11.5	24.3
12:00 a 13:00	4.7	11.3	10.5	10.4	16.8	21.6	11.5	20.3
13:00 a 14:00	5.0	6.6	11.6	9.0	12.0	18.7	9.6	15.3
14:00 a 15:00	6.0	8.7	13.1	10.2	14.4	10.3	9.8	11.5
15:00 a 16:00	5.7	6.8	10.6	7.1	2.8	10.6	9.1	9.5
16:00 a 17:00	4.3	6.6	10.3	7.3	6.7	8.2	6.1	13.5
17:00 a 18:00	5.1	9.7	14.2	7.6	6.9	12.3	16.4	10.8

Fuente: Elaboración Propia Conteos Peatonales 2015

Con los datos peatonales suministrados se hace necesario actualizarlos al año 2023, tal como se mencionó previamente considerando que las variaciones por el Covid-19 podrían estar solventadas. El procedimiento para ajustar los datos, se hace teniendo en cuenta el incremento anual de la población que para Popayán es de (+0.88%/Año)<sup>19</sup>, generando los siguientes valores:

**Tabla 4-5. Volumen Peatones/min/m Proyecto al año 2023.**

Punto No. Ancho andén (m)	Volumen (Peat/min/m)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
6:00 a 7:00	2.80	5.96	6.11	5.72	3.58	7.37	6.77	15.80
7:00 a 8:00	4.83	6.26	8.20	3.71	8.16	4.83	11.52	14.93
8:00 a 9:00	7.09	6.55	15.99	6.63	10.10	6.84	16.41	24.06
9:00 a 10:00	8.64	7.93	18.80	11.38	13.99	12.74	14.40	28.55
10:00 a 11:00	9.65	7.39	20.17	10.92	12.51	22.46	14.11	26.24
11:00 a 12:00	8.52	7.98	14.86	10.73	17.57	24.13	12.38	26.09
12:00 a 13:00	5.01	12.10	11.25	11.12	18.03	23.13	12.31	21.74
13:00 a 14:00	5.36	7.09	12.45	9.69	12.82	20.04	10.29	16.38
14:00 a 15:00	6.44	9.30	14.06	10.92	15.47	11.06	10.51	12.32
15:00 a 16:00	6.08	7.27	11.41	7.61	3.03	11.40	9.79	10.15
16:00 a 17:00	4.65	7.03	11.09	7.87	7.23	8.78	6.55	14.49
17:00 a 18:00	5.48	10.43	15.19	8.13	7.38	13.14	17.56	11.60

Fuente: Elaboración Propia

<sup>19</sup> <http://poblacion.population.city/colombia/popayan/>

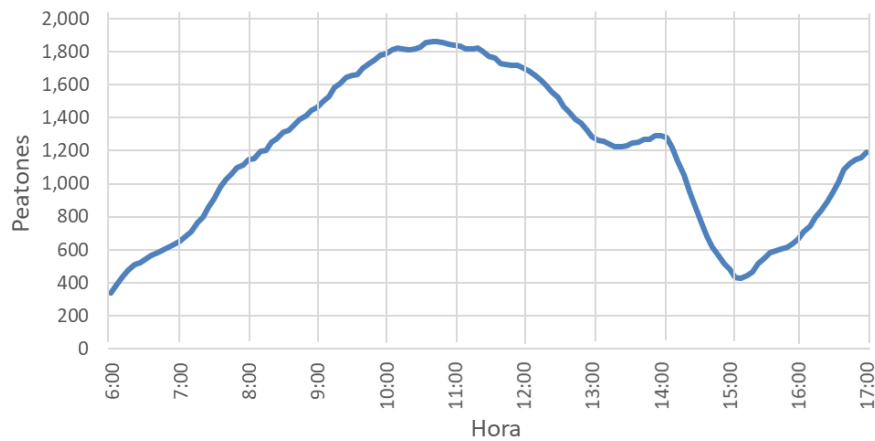




Comparando las **Tablas 4-4 y 4-5**, se observa que se con el ajuste por la tasa de crecimiento anual hasta el año 2023, se aumentan dos de los valores de la **Tabla 4-5**, que corresponde a 16.41 peat/min/m en el horario de 8:00 a 9:00am y 16.38 peat/min/m en el horario de 1:00 a 2:00pm.

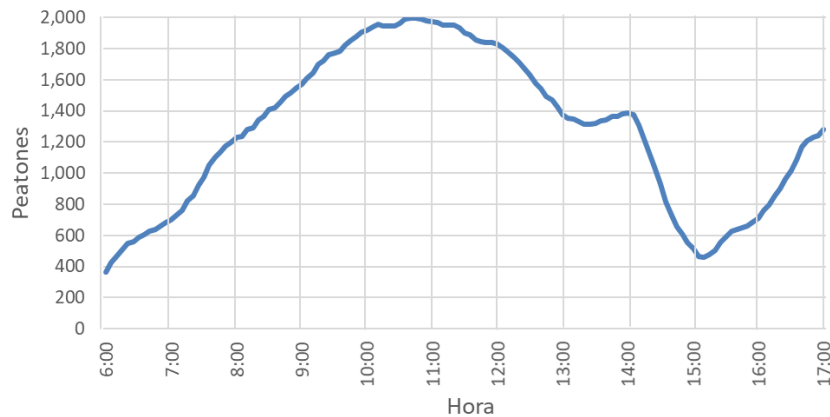
Para cada una de las tablas anteriores se graficó el volumen peatonal promedio

**Figura 4-20. Volúmenes Peatonales Promedio 2015.**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 4-21. Volúmenes Peatonales Promedio 2023.**



Fuente: Elaboración Propia





En cada uno de los puntos en donde se revisó la información se encontró que estaba distribuida por columnas y por sentido desde las 6:00 hasta las 18:00 así:

**Tabla 4-6. Información Secundaria. Conteos Peatonales 2015. Punto 17 de Aforo**

PUNTO 17						
Punto CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4, Miércoles, Miércoles						
Fecha inicio:	18/02/2015		Miércoles			
Fecha finalización:	18/02/2015		Miércoles			
Número de Puntos	CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4					
Hora	De	Hasta	SENTIDOS		OBSERVACIONES	TOTAL PEATONES
			N-S	S-N		
6	6:00	6:05	0	0		0
6	6:05	6:10	1	2		3
6	6:10	6:15	0	0		0
6	6:15	6:20	0	0		0
6	6:20	6:25	4	1		5
6	6:25	6:30	2	2		4
6	6:30	6:35	7	4		11
6	6:35	6:40	0	9		9
6	6:40	6:45	8	10		18
6	6:45	6:50	18	11		29
6	6:50	6:55	15	17		32
6	6:55	7:00	18	29		47
7	7:00	7:05	12	14		26
7	7:05	7:10	15	16		31
7	7:10	7:15	5	13		18
7	7:15	7:20	9	3		12
7	7:20	7:25	6	13		19
7	7:25	7:30	12	11		23
7	7:30	7:35	7	8		15
7	7:35	7:40	14	12		26
7	7:40	7:45	15	13		28
7	7:45	7:50	16	21		37
7	7:50	7:55	21	29		50
7	7:55	8:00	47	34		81

Fuente: Información Secundaria Existente. Conteos Peatonales 2015





#### **4.1.2.1. Cálculo Capacidad y Niveles de Servicio por el Método Cuantitativo**

A partir de los datos contenidos en la tabla anterior, se procede a hacer diferentes cálculos en cada uno de los puntos de conteo peatonal contemplados, para el cálculo de la capacidad y niveles de servicio peatonal se hace de la siguiente manera:

##### **4.1.2.1.1. Columna Peat/min.**

Tomo la cantidad total de peatones (suma sentidos NS y SN) y se divide entre 5, que corresponde a los intervalos de tiempo del conteo.

##### **4.1.2.1.2. Columna HORA**

Se suma la cantidad de peatones aforados en un período de una hora

##### **4.1.2.1.3. Columna Max Peat/Min**

Se escoge el máximo valor de peatones de la columna Peat/min en un período de una hora.

##### **4.1.2.1.4. NS Peatonal (Nivel de Servicio Peatonal)**

Esos anchos de andenes de los 8 puntos de aforos peatonales considerados, se extraen del Plan Maestro de Movilidad<sup>20</sup> debido a que, hasta el momento, en la zona de estudio no se ha realizado ningún tipo de intervención en la infraestructura vial dispuesta para el peatón. **Ver Tabla 4-7.** Para encontrar el Nivel de Servicio correspondiente a cada franja horaria, se debe tomar el valor encontrado en la columna Max Peat/min y se divide entre el ancho total del andén correspondiente a la ubicación del punto de aforo peatonal **Ver Tabla 4-8.**

<sup>20</sup> <https://co.steergroup.com/es/projects/plan-maestro-de-movilidad-del-municipio-de-popayan>.





Tabla 4-7. Información Secundaria. Conteos Peatonales 2015. Punto 17 de Aforo

Puntos de Aforo Peatonal	Ancho de Andén (m)
17	3.60
18	3.60
19	2.67
20	3.30
21	2.76
22	3.20
23	2.98
24	1.48

Fuente: Plan Maestro de Movilidad Steer Davies Glave 2014

Tabla 4-8. Cálculo Niveles de Servicio. Conteos Peatonales 2015. Punto 17 de Aforo

PUNTO 17										
Punto CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4, Miércoles, Miércoles										
Fecha inicio:	18/02/2015									Miércoles
Fecha finalizaci	18/02/2015									Miércoles
Número de Pur	CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4									
Hora	De	Hasta	SENTIDOS		OBSERVACIONES	TOTAL PEATONES	Método Cuántitativo			
			N-S	S-N			Peat/min	HORA	Máx Peat/Min	NS PEATONAL
6	6:00	6:05	0	0		0	0			
6	6:05	6:10	1	2		3	1			
6	6:10	6:15	0	0		0	0			
6	6:15	6:20	0	0		0	0			
6	6:20	6:25	4	1		5	1			
6	6:25	6:30	2	2		4	1			
6	6:30	6:35	7	4		11	2	32	9	2.6
6	6:35	6:40	0	9		9	2			
6	6:40	6:45	8	10		18	4			
6	6:45	6:50	18	11		29	6			
6	6:50	6:55	15	17		32	6			
6	6:55	7:00	18	29		47	9			
7	7:00	7:05	12	14		26	5			
7	7:05	7:10	15	16		31	6			
7	7:10	7:15	5	13		18	4			
7	7:15	7:20	9	3		12	2			
7	7:20	7:25	6	13		19	4			
7	7:25	7:30	12	11		23	5			
7	7:30	7:35	7	8		15	3			
7	7:35	7:40	14	12		26	5			
7	7:40	7:45	15	13		28	6			
7	7:45	7:50	16	21		37	7			
7	7:50	7:55	21	29		50	10			
7	7:55	8:00	47	34		81	16	73	16	4.5

Fuente: Elaboración Propia. Información Secundaria Existente. Conteos Peatonales 2015







Se hace el mismo procedimiento para el cálculo de la Capacidad y Niveles de Servicio para los conteos peatonales proyectados para el año 2023

**Tabla 4-9. Cálculo Niveles de Servicio. Conteos Peadonales 2015. Punto 17 de Aforo**

PUNTO 17																				
Punto CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4, Miércoles, Miércoles																				
Fecha inicio:	18/02/2015																		Ancho de andén	3.6
Fecha finalizac	18/02/2015																			171
Número de Pur	CARRERA 7 ENTRE CALLES 3 Y 4																			
Hora	De	Hasta	SENTIDOS		OBSERVACIONES	TOTAL PEATONES	Método Cuantitativo				Proyección Población			Método Cuantitativo						
			N-S	S-N			Peat/min	HORA	Máx Peat/Min	NS PEATONAL	N-S	S-N	TOTAL	Peat/min	HORA	Máx Peat/Min	NS PEATONAL			
6	6:00	6:05	0	0		0														
6	6:05	6:10	1	2		3														
6	6:10	6:15	0	0		0														
6	6:15	6:20	0	0		0														
6	6:20	6:25	4	1		5														
6	6:25	6:30	2	2		4														
6	6:30	6:35	7	4		11		32	9	2.6										
6	6:35	6:40	0	9		9														
6	6:40	6:45	8	10		18														
6	6:45	6:50	18	11		29														
6	6:50	6:55	15	17		32														
6	6:55	7:00	18	29		47														
7	7:00	7:05	12	14		26														
7	7:05	7:10	15	16		31														
7	7:10	7:15	5	13		18														
7	7:15	7:20	9	3		12														
7	7:20	7:25	6	13		19														
7	7:25	7:30	12	11		23		73	16	4.5										
7	7:30	7:35	7	8		15														
7	7:35	7:40	14	12		26														
7	7:40	7:45	15	13		28														
7	7:45	7:50	16	21		37														
7	7:50	7:55	21	29		50														
7	7:55	8:00	47	34		81														

Fuente: Elaboración Propia. Información Secundaria Existente. Conteos Peadonales Proyectados 2023





Se realiza el mismo procedimiento para cada uno de los 7 puntos restantes de modo que se obtenga el valor de la Capacidad de Niveles de Servicio para los años 2015 y 2023, de manera cuantitativa según el procedimiento establecido en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte (2005)<sup>21</sup>, en el cual se establecen criterios de nivel de servicio para andenes y senderos peatonales HCM. **Ver Tabla 4-10.**

**Tabla 4-10. Criterios de Nivel de Servicio para Andenes y Senderos Pevtonales HCM**

Nivel de servicio	Volumen (Peat/min/m)
A	<= 16
B	<= 91
C	<= 115
D	<= 194
E	<= 287

Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte (2005)

Luego de hacer el cálculo de Capacidad de Niveles de Servicio en todos los puntos que están ubicados en la zona de estudio, al comparar entre los aforos peatonales del año 2015 y los datos expandidos al año 2023, se observa que no existe gran variación del nivel de servicio A y el B, por lo tanto, los resultados aún se encuentran dentro de los rangos establecidos. En algunos puntos se presenta un pequeño cambio, lo cual se aprecia en la **Tabla 4-11.**

<sup>21</sup>[https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/16-03-2020/7.\\_manual\\_de\\_planeacion\\_y\\_diseño\\_para\\_la\\_administracion.pdf](https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/16-03-2020/7._manual_de_planeacion_y_diseño_para_la_administracion.pdf)





Tabla 4-11. Comparación de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio para Aforos Peatonales del año 2015 vs 2023.

Ancho de Andén	Capacidad y Niveles de Servicio para Aforos Peatonales del año 2015								Capacidad y Niveles de Servicio para Aforos Peatonales del año 2023							
	3.60	3.60	2.67	3.30	2.76	3.20	2.98	1.48	3.60	3.60	2.67	3.30	2.76	3.20	2.98	1.48
Hora	Punto 17	Punto 18	Punto 19	Punto 20	Punto 21	Punto 22	Punto 23	Punto 24	Punto 17	Punto 18	Punto 19	Punto 20	Punto 21	Punto 22	Punto 23	Punto 24
6 a 7	2.6	6.0	6.0	5.0	3.0	7.0	6.0	15.0	2.8	6.0	6.1	5.7	3.6	7.4	6.8	15.8
7 a 8	4.5	6.0	8.0	3.0	8.0	5.0	11.0	14.0	4.8	6.3	8.2	3.7	8.2	4.8	11.5	14.9
8 a 9	6.6	6.0	15.0	6.0	9.0	6.0	15.0	22.0	7.1	6.6	16.0	6.6	10.1	6.8	16.4	24.1
9 a 10	8.1	7.0	18.0	11.0	13.0	12.0	13.0	27.0	8.6	7.9	18.8	11.4	14.0	12.7	14.4	28.6
10 a 11	9.0	7.0	19.0	10.0	12.0	21.0	13.0	24.0	9.7	7.4	20.2	10.9	12.5	22.5	14.1	26.2
11 a 12	7.9	7.0	14.0	10.0	16.0	23.0	12.0	24.0	8.5	8.0	14.9	10.7	17.6	24.1	12.4	26.1
12 a 13	4.7	11.0	10.0	10.0	17.0	22.0	11.0	20.0	5.0	12.1	11.2	11.1	18.0	23.1	12.3	21.7
13 a 14	5.0	7.0	12.0	9.0	12.0	19.0	10.0	15.0	5.4	7.1	12.5	9.7	12.8	20.0	10.3	16.4
14 a 15	6.0	9.0	13.0	10.0	14.0	10.0	10.0	11.0	6.4	9.3	14.1	10.9	15.5	11.1	10.5	12.3
15 a 16	5.7	7.0	11.0	7.0	3.0	11.0	9.0	9.0	6.1	7.3	11.4	7.6	3.0	11.4	9.8	10.1
16 a 17	4.3	7.0	10.0	7.0	7.0	8.0	6.0	14.0	4.6	7.0	11.1	7.9	7.2	8.8	6.6	14.5
17 a 18	5.1	10.0	14.0	8.0	7.0	12.0	16.0	11.0	5.5	10.4	15.2	8.1	7.4	13.1	17.6	11.6

Fuente: Elaboración Propia. Conteos Peatonales 2015 y 2023

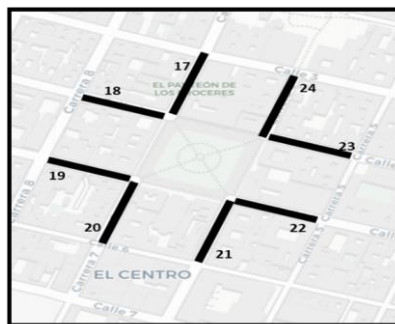




Al comparar los resultados obtenidos en la evaluación de capacidad y niveles de servicio de los años 2015 y 2023, se observa una ligera variación de las calificaciones, lo cual se observa en la **Tabla 4-12**.

**Tabla 4-12. Comparación de las Calificaciones Resultantes del Análisis de Capacidad y Niveles de Servicio para Aforos Peatonales del año 2015 vs 2023.**

MÉTODO CUANTITATIVO		
Punto de Aforo Peatonal	Calificación Año 2015	Calificación Año 2023
17	A	A
18	A	A
19	B	B
20	A	A
21	B	B
22	B	B
23	A	B
24	B	B



Nivel de servicio	Volumen (Peat/min/m)
A	<= 16
B	<= 91
C	<= 115
D	<= 194
E	<= 287

Según esos resultados se puede mencionar que cuantitativamente los andenes aún tendrán capacidad para el tránsito peatonal proyectado a 2023.



#### 4.1.2.2. Cálculo Capacidad y Niveles de Servicio por el Método Cualitativo

Este tipo de análisis se realiza mediante un proceso de observación, considerando varios tipos de variables que hacen que la caminata por el andén sea traumática para los peatones, esas variables que afectan a los transeúntes es decidir bajar a la calle y dejar la seguridad del andén, son las siguientes:

- Invasión del espacio público
- La sombra que se puede obtener al caminar por alguno de los andenes.
- Comodidad
- Costumbres
- Seguridad

Para poder determinar la evaluación se hace en relación con lo establecido en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM-2020)<sup>22</sup>.

*Figura 4-22. Criterios de Nivel de Servicio para Método de Observación*

##### **Nivel de servicio A**

*Espacio peatonal > 5,6 m<sup>2</sup>/peat Flujo ≤ 16 peat/min/m*

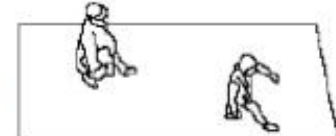
En un andén con nivel de servicio A, los usuarios se mueven en zonas ideales sin interferencias de otros peatones. Las velocidades de marcha son elegidas libremente y los conflictos entre peatones son improbables.



##### **Nivel de servicio B**

*Espacio peatonal > 3,7-5,6 m<sup>2</sup>/peat Flujo > 16-23 peat/min/m*

En el nivel de servicio B, hay suficiente área para que el peatón camine libremente a la velocidad que desee. A este nivel, los peatones comienzan a enterarse de la presencia de otros y a seleccionar una trayectoria adecuada.



*Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM-2000)*

<sup>22</sup> <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>

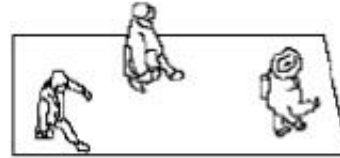


*Continuación Figura 4-22 Criterios de Nivel de Servicio para Método de Observación*

**Nivel de servicio C**

*Espacio peatonal > 2.2-3.7 m<sup>2</sup>/peat Flujo > 23-33 peat/min/m*

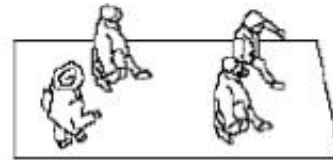
En el nivel de servicio C, el espacio es suficiente para velocidades de marcha normales y para sobrepasos sobre otros peatones en la dirección principal. El movimiento en dirección contrario o la realización de cruces pueden causar pequeños conflictos, lo cual hará que las velocidades y flujos sean un poco menores.



**Nivel de servicio D**

*Espacio peatonal > 1.4-2.2 m<sup>2</sup>/peat Flujo > 33-49 peat/min/m*

En este nivel de servicio, la libertad de elegir la velocidad de marcha individual o realizar sobrepasos, están restringidos. Los movimientos en la dirección secundaria o en cruce, presentan una alta probabilidad de conflictos y requieren frecuentes cambios de posición y velocidad. Este nivel de servicio indica una circulación razonablemente fluida, pero la fricción e interacción entre los peatones es muy probable.



**Nivel de servicio E**

*Espacio peatonal > 0.75-1.4 m<sup>2</sup>/peat Flujo > 49-75 peat/min/m*

En el nivel de servicio E, los peatones restringen su velocidad de marcha ajustando con frecuencia su paso. En su nivel más bajo, el movimiento hacia adelante es posible solamente arrastrando los pies. El espacio no es suficiente para hacer sobrepasos sobre los peatones más lentos. Los movimientos en la dirección secundaria o la realización de cruces son posibles, pero con dificultad extrema. Los volúmenes de diseño se acercan al límite de la capacidad peatonal, con cuellos de botella e interrupciones del flujo.



**Nivel de servicio F**

*Espacio peatonal ≤ 0.17 m<sup>2</sup>/peat*

En el nivel de servicio F, todas las velocidades de marcha están totalmente restringidas y el movimiento hacia adelante se realiza solamente arrastrando los pies. Hay un contacto frecuente e inevitable con otros peatones. Los movimientos en la dirección secundaria o la realización de cruces son virtualmente imposibles de realizar. El flujo es esporádico e inestable. El espacio es más característico de zonas de espera que de zonas de paso peatonales.



Fuente: *Manual de Capacidad de Carreteras (HCM-2020)*<sup>23</sup>

<sup>23</sup> <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>

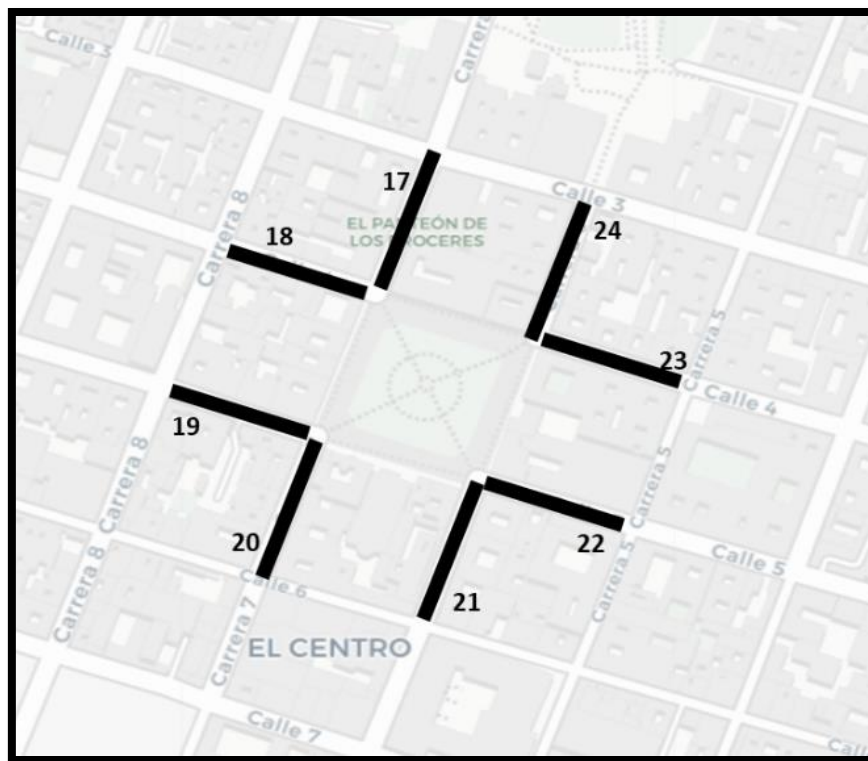






De la **Figura 4-22**, se tiene que la hora de máxima demanda peatonal es desde las 10:40am hasta las 11:40am, razón por la cual, se escoge esta misma franja para hacer la inspección visual para la metodología de evaluación cualitativa de modo que se logren comparar los dos resultados obtenidos. Se aplica en los mismos puntos de aforo considerados en la evaluación cuantitativa, los cuales en la **Figura 4-23**, se ven en donde están ubicados.

**Figura 4-23. Ubicación de Puntos de Aforo Peatonal Considerados para el Cálculo de Nivel de Servicio.**



Fuente: Información Secundaria Existente. Conteos Peatonales 2015





Realizar ese tipo de evaluación requiere estar en períodos de tiempo observando el comportamiento de los peatones al momento de transitar por los andenes y ver qué tipo de acción hacen durante la caminata.

Se tomaron fotografías en cada uno de los puntos, de modo que se pudiera establecer mediante apreciación el nivel de servicio de los andenes en cada uno de los sitios de aforo considerados.

- [Punto de Aforo 17](#)



- [Punto de Aforo 18](#)





▪ Punto de Aforo 19



▪ Punto de Aforo 20



▪ Punto de Aforo 21







▪ Punto de Aforo 22



▪ Punto de Aforo 23



▪ Punto de Aforo 24

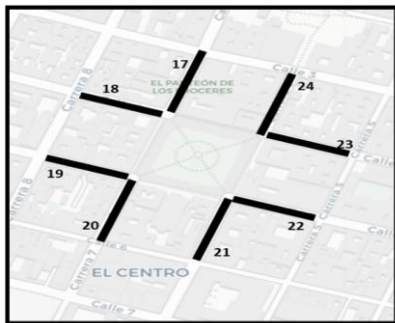




De acuerdo con lo que se observa en las fotografías presentadas según la evaluación realizada y con los criterios de Nivel de Servicio por el método de observación, es importante conocer que la calificación F por el método de Observación, es aquella en la cual un peatón debe bajar a la calle para poder continuar con su marcha, en ese orden de ideas se determina que la calificación obtenida en cada uno de los puntos es:

**Tabla 4-13. Calificación de los puntos de Aforo por el Método de Observación.**

MÉTODO CUALITATIVO	
Punto de Aforo Peatonal	Calificación Año 2022
17	F
18	F
19	F
20	F
21	E
22	B
23	F
24	F



Nivel de Servicio	Detalle del movimiento de peatones
A	Se mueven sin interferencia de otros peatones con velocidades de marcha se eligen libremente
B	Hay caminata libre a la velocidad que se desee, se nota la presencia de otras personas y seleccionan trayectoria adecuada
C	Velocidades de marcha normales, existen sobrepasos en la dirección principal, el movimiento en sentido contrario genera pequeños conflictos disminuyendo velocidades
D	La velocidad y sobrepasos están restringidos, los movimientos secundarios tienen alta probabilidad de conflictos y requieren cambios de posición y velocidad
E	Se restringe la velocidad de marcha ajustando su paso con frecuencia, los volúmenes de capacidad peatonal se acercan al límite, presenta cuellos de botella e interrupciones del flujo
F	El total de las velocidades de marcha se restringen, hay contacto frecuente e inevitable con otros peatones, no se pueden realizar sobrepasos y el espacio parece zona de espera y no de paso peatonal

Fuente: Elaboración Propia.





**Tabla 4-14. Comparación Método Cuantitativo vs Método Cualitativo.**

MÉTODO CUANTITATIVO			MÉTODO CUALITATIVO	
Punto de Aforo Peatonal	Calificación Año 2015	Calificación Año 2023	Punto de Aforo Peatonal	Calificación Año 2022
17	A	A	17	F
18	A	A	18	F
19	B	B	19	F
20	A	A	20	F
21	B	B	21	E
22	B	B	22	B
23	A	B	23	F
24	B	B	24	F

Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se observa en la **Tabla 4-14**, las calificaciones obtenidas aplicando el método de observación, son más bajas que las obtenidas por en la manera cuantitativa, debido a que se determina que en la mayoría de los andenes los peatones tienen que hacer uso de la vía ya que el espacio dispuesto para el tránsito normal se encuentra ocupado por vendedores ambulantes, en algunos sitios cercanos a entidades bancarias o cajeros automáticos se forman filas de espera para ingreso, lo que hace que también se pierda espacio en el cual las personas puedan circular sin ningún tipo de obstáculo.

#### 4.1.3. Conteos Vehiculares 2020

La información obtenida en relación con los conteos vehiculares, fue suministrada por el Ingeniero Rubén Torres, la cual fue recolectada en el desarrollo de su actividad profesional. Al hacer el análisis de los datos conseguidos, se encuentran varios hallazgos, entre ellos:

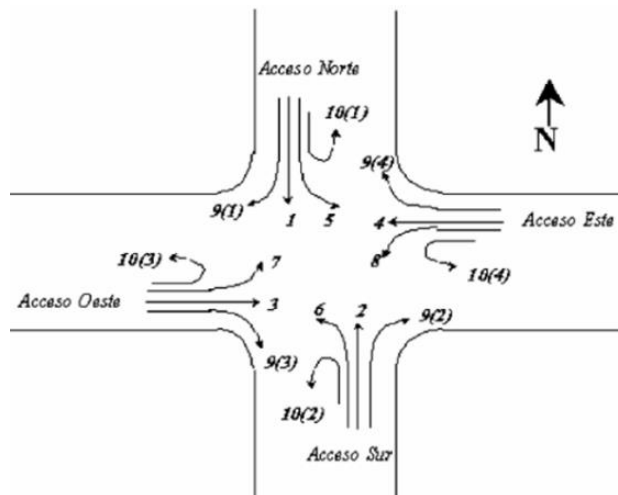






- Los aforos vehiculares se enfocaron en determinar la distribución típica de la zona y estimación del volumen en la hora de máxima demanda, en donde se tuvo en cuenta la siguiente tipología:
  - Motos
  - Automóviles: autos
  - Buses: Buses
  - Camiones:
    - C2P : Camión de 2 ejes pequeño
    - C2G : Camión de 2 ejes grandes
    - C3 : Camión de 3 ejes
    - C4 : Camión de 4 ejes
    - C5 : Camión de 5 ejes
    - >C5 : Camión de más de 5 ejes
- La toma de datos se realizó por movimientos, cuya nomenclatura obedece a la norma RILSA, según el siguiente esquema:

**Figura 4-24. Nomenclatura Movimientos Viales Intersección Norma RILSA.**



Fuente: Información Secundaria Ing. Rubén Torres





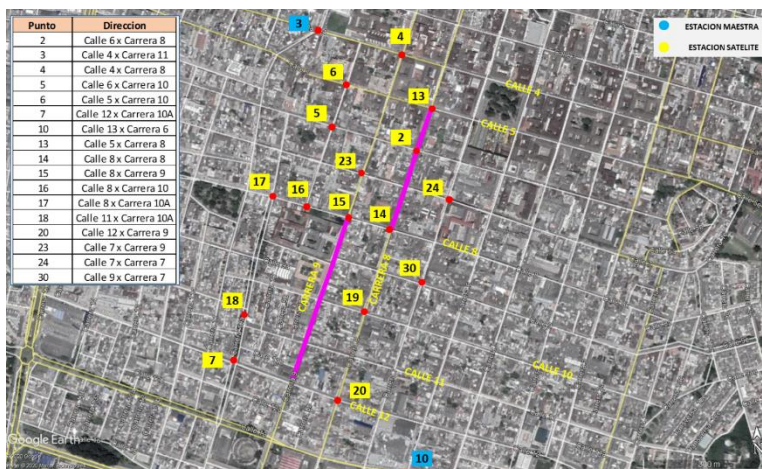
- La información fue tomada en tres fases y en cada una de ellas se establecieron los puntos de aforo, en donde se encontraron estaciones maestras y satélites. Las cuales se observan ubicadas en las siguientes gráficas:

**Figura 4-25. Puntos de Aforo. Fase I.**



Fuente: Información Secundaria Ing. Rubén Torres

**Figura 4-26. Puntos de Aforo. Fase II.**



Fuente: Información Secundaria Ing. Rubén Torres





Figura 4-27. Puntos de Aforo. Fase III.



Fuente: Información Secundaria Ing. Rubén Torres

En Ingeniería de Tránsito las estaciones maestras son aquellas en las cuales se hacen conteos vehiculares con conteos mayor a doce horas de manera que con ellas se puedan ajustar las estaciones satélites que normalmente tienen menor cantidad de horas de conteo. En la información suministrada el horario de aforo de las estaciones maestras fue de 6am hasta las 8pm. En las estaciones satélites se tomaron datos durante el período de 2pm a 5pm.

Es importante determinar el volumen vehicular que se moviliza en el corredor en la hora de mayor demanda, su distribución por tipo de vehículo y por movimiento, de esta manera se obtiene el principal insumo para la realización del modelo en la condición existente y los posibles escenarios que se lleguen a plantear.







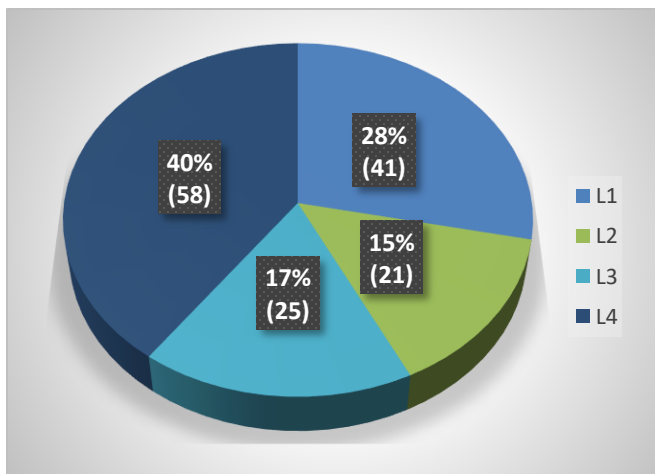
## 4.2. Análisis de la Información Primaria Recolectada

### 4.2.1. Censo de Establecimientos Públicos y Privados

Ya que la finalidad del Estudio es evaluar los posibles resultados que se obtendrían al Peatonalizar el Centro Monumental de la ciudad de Popayán, es indispensable determinar qué tipo de establecimientos están localizados en el área en la cual se podría llegar a implementar la medida, para conocer según esos datos de acuerdo con la apreciación de los encuestados el impacto que tendrían en el desarrollo normal de su actividad comercial y luego plantear soluciones posteriores a la posible ejecución de la propuesta planteada de una peatonalización (de manera parcial o total). Para ello se deben realizar actividades de campo que permitan determinar la cantidad y tipo de locales (privados y comerciales). **Figura 4-28.**

*Figura 4-28. Cantidad de Encuestas y Porcentaje que Representan en cada una de la “eles” (L).*

ele (L)	Cantidad de Encuestas	% que representa
L1	41	28
L2	21	15
L3	25	17
L4	58	40



Fuente: Elaboración Propia





**Tabla 4.15. Cantidad y Tipo de Establecimientos Encontrados Durante el Censo en c/u de las “eles” (L)**

No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento	No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento	No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento	No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento
1	L1	Local Comercial	1	L2	Droguería	1	L3	Tienda	1	L4	Droguería
2	L1	Local Comercial	2	L2	Local Comercial	2	L3	Multilocales, Oficina	2	L4	Local Comercial
3	L1	Local Comercial	3	L2	Dulcería tradicional	3	L3	Multilocales, Oficina	3	L4	Local Comercial
4	L1	Vivienda, Multilocales	4	L2	Multilocales, Oficina	4	L3	Multilocales, Oficina	4	L4	Local Comercial
5	L1	Local Comercial, Multilocales	5	L2	Multilocales, Oficina	5	L3	Multilocales, Oficina	5	L4	Vivienda
6	L1	Local Comercial, Multilocales	6	L2	Multilocales, Esprorivitalización	6	L3	Multilocales, Oficina	6	L4	Almacén de Confecciones
7	L1	Local Comercial, Multilocales	7	L2	Local Comercial	7	L3	Multilocales, Oficina	7	L4	Librería
8	L1	Local Comercial	8	L2	Local Comercial	8	L3	Multilocales, Oficina	8	L4	Parqueadero Público
9	L1	Local Comercial	9	L2	Mensajería	9	L3	Local Comercial	9	L4	Restaurante o Cafetería
10	L1	Almacén de Confecciones	10	L2	Oficina	10	L3	Parqueadero Privado, Multilocales, Oficina	10	L4	Vivienda
11	L1	Local Comercial	11	L2	Restaurante o Cafetería, Panadería	11	L3	Club social	11	L4	Local Comercial
12	L1	Almacén de Confecciones	12	L2	Fotocopiadora e internet	12	L3	Oficina	12	L4	Artesanías
13	L1	Local Comercial	13	L2	Educativo	13	L3	Multilocales, laboratorio	13	L4	Local Comercial
14	L1	Local Comercial	14	L2	Restaurante o Cafetería	14	L3	Multilocales, Oficina	14	L4	Almacenamiento
15	L1	Local Comercial	15	L2	fotocopiadora e internet	15	L3	Multilocales, Oficina	15	L4	Almacén de Confecciones
16	L1	Droguería	16	L2	Heladería	16	L3	Local Comercial	16	L4	Tienda Naturista
17	L1	Educativo	17	L2	Parqueadero Público	17	L3	Restaurante o Cafetería	17	L4	Papejería y fotocopiadora
18	L1	Miscelánea	18	L2	Restaurante o Cafetería	18	L3	Parqueadero Oficial	18	L4	Restaurante o Cafetería
19	L1	Papejería	19	L2	Local desocupado	19	L3	Parqueadero Público	19	L4	Local Comercial
20	L1	Papejería	20	L2	Parqueadero Oficial	20	L3	Local Comercial	20	L4	Almacén de Confecciones
21	L1	Restaurante o Cafetería	21	L2	local desocupado	21	L3	Mensajería internacional	21	L4	Local Comercial
22	L1	Hotel, Parqueadero Privado, Restaurante o Cafetería				22	L3	Local Comercial	22	L4	joyería
23	L1	Restaurante o Cafetería				23	L3	Oficina	23	L4	Vivienda
24	L1	Vivienda				24	L3	Droguería	24	L4	Local Comercial, Multilocales
25	L1	Local Comercial				25	L3	Restaurante o Cafetería	25	L4	Local Comercial, Multilocales
26	L1	Restaurante o Cafetería							26	L4	Multilocales, Tienda Naturista
27	L1	Vivienda							27	L4	Multilocales, Restaurante o Cafetería
28	L1	Local Comercial							28	L4	Multilocales, Prestamista
29	L1	Textiles							29	L4	Multilocales, Empresa Multidesarrollo
30	L1	Droguería							30	L4	Local Comercial, Multilocales
31	L1	Local Comercial							31	L4	Droguería
32	L1	Local Comercial							32	L4	Joyería
33	L1	Local Comercial							33	L4	Restaurante o Cafetería
34	L1	Multilocales, Tecnología							34	L4	Local Comercial
35	L1	Multilocales, Cosmética							35	L4	Local Comercial

Fuente: Elaboración Propia





Tabla 4.15. (Continuación...) Cantidad y Tipo de Establecimientos Encontrados Durante el Censo en c/u de las “eles” (L)

No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento	No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento	No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento	No.	ele (L)	Tipo de Establecimiento
36	L1	Local Comercial							36	L4	Local Comercial
37	L1	Local Comercial							37	L4	Educación
38	L1	Local Comercial, Multilocales							38	L4	Educación
39	L1	Local Comercial, Multilocales							39	L4	Restaurante o Cafetería
40	L1	Aseguradora							40	L4	Tienda Naturista
41	L1	Parqueadero Oficial							41	L4	locales desocupados
									42	L4	Local Comercial
									43	L4	Restaurante o Cafetería
									44	L4	Vivienda
									45	L4	Local Comercial
									46	L4	Local Comercial
									47	L4	educativo
									48	L4	Local Comercial
									49	L4	papejería
									50	L4	Oficina
									51	L4	Local Comercial
									52	L4	Parqueadero Oficial
									53	L4	Librería
									54	L4	Local Comercial
									55	L4	Local Comercial
									56	L4	Local Comercial
									57	L4	Casa Pastoral
									58	L4	Papejería

Fuente: Elaboración Propia







---

#### **4.2.1.1. Estadística aplicada en el estudio para determinar la cantidad de encuestas a desarrollar.**

Para poder encontrar la percepción de opinión, se debe determinar el tamaño de la muestra, es decir, la cantidad de encuestas que se deben desarrollar en cada una de las “eles” consideradas en el área de estudio. Estadísticamente se debe considerar el cálculo de la muestra en población conocida, o sea, finita. Dado que la cantidad de posibles negocios a ser encuestados es tan pequeña, se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Se hace un censo inicial de los locales comerciales que se encuentran localizados en cada una de las “eles” en estudio, se toma la decisión de descartar algunos establecimientos como bancos y entidades oficiales, debido a que la peatonalización (de manera parcial o total) o servicio que se llegara a implementar no provocaría un cambio en su ubicación, sea el caso para entidades bancarias, la Cámara de Comercio, la Alcaldía de Popayán, la Gobernación del Cauca, entre otros.
- Durante el recorrido ejecutado, se encontraron algunas edificaciones que han sido abandonadas, por lo que, también fueron descartadas al momento de aplicar la estadística a la información recolectada durante el censo, de modo que no se vean afectados los cálculos finales.
- Otras encuestas descartadas fueron aquellas en las cuales no había personas al momento de intentar recopilar la información, aunque se regresó en diferentes ocasiones para lograr entrevistar a alguien, se encontraron los establecimientos sin atención al público.





Dado lo anterior, el cálculo de la estadística para esa población finita en cada una de las “eles” (L), se hizo de la siguiente manera:

- Para definir el tamaño de la muestra para población finita<sup>24</sup>, se aplica la siguiente fórmula:

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

En donde

Z: Nivel de confianza  
e: Presión o error  
p: variabilidad positiva  
q: variabilidad negativa  
N: es el tamaño de la población

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

Para cada uno de las variables establecidas en la fórmula se adoptaron los siguientes valores:

Z: Nivel de confianza	1,96 (NC–95%)
e: Presión o error	5%
p: variabilidad positiva	50%
q: variabilidad negativa	50%
N: es el tamaño de la población	de cada ele(L)

De esa manera se hacen los cálculos para cada una de las “eles”, así:

<sup>24</sup> <https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html>





Después de realizar los cálculos estadísticos, tal como se observa en la **Tabla 4-16**, los resultados obtenidos se acercan a los datos iniciales de la población considerara.

**Tabla 4-16. Estadística Aplicada a la Población de cada una de las “eles” (L).**

Cálculo de la muestras para la población de cada una de las “eles” en estudio	
<p><b>Para L1</b>  <b>N1 = 41</b></p> $n = \frac{Z^2 * p * q * N1}{e^2 * (N1 - 1) + Z^2 * p * q}$ $n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 41}{0.05^2 * (41 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$ $n = \frac{39.38}{1.604}$ <p><b>n = 37.14 ≈ 38 encuestas</b></p>	<p><b>Para L2</b>  <b>N2 = 21</b></p> $n = \frac{Z^2 * p * q * N2}{e^2 * (N2 - 1) + Z^2 * p * q}$ $n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 21}{0.05^2 * (21 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$ $n = \frac{20.17}{1.0104}$ <p><b>n = 19.96 ≈ 20 encuestas</b></p>
<p><b>Para L3</b>  <b>N3 = 25</b></p> $n = \frac{Z^2 * p * q * N3}{e^2 * (N3 - 1) + Z^2 * p * q}$ $n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 25}{0.05^2 * (25 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$ $n = \frac{24.01}{1.0204}$ <p><b>n = 23.53 ≈ 24 encuestas</b></p>	<p><b>Para L4</b>  <b>N4 = 58</b></p> $n = \frac{Z^2 * p * q * N4}{e^2 * (N4 - 1) + Z^2 * p * q}$ $n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 58}{0.05^2 * (58 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$ $n = \frac{55.70}{1.1029}$ <p><b>n = 50.50 ≈ 55 encuestas</b></p>

Fuente: Elaboración Propia





Por lo tanto, se decide encuestar el 100% de la población de cada una de las “eles” (L), ya que descartar dos o tres encuestas en cada una de las calles, no tendría sentido debido a que no es una cantidad representativa del total de la población. Por lo tanto, siendo así la cantidad de encuestas para cada una de las “eles”, es:

n1 = 41 encuestas

n2 = 21 encuestas

n3 = 25 encuestas

n4 = 58 encuestas

#### **4.2.2. Encuesta de Opinión**


Las encuestas de opinión se utilizan para obtener comentarios personales y puntos de vista según se requiera. Normalmente se dirigen a un grupo de personas en particular dando como resultado un sondeo de opinión, ya que con una sola pregunta y múltiples respuestas se puede llegar a orientar hacia la dirección correcta.

Para efectuar la encuesta de opinión se planteó un formato sencillo **Ver Figura 4-29** mediante el cual se pudiera recolectar información efectiva sobre el funcionamiento general de los establecimientos localizados en la zona de estudio.





Figura 4-29. Formato de la Encuesta de Opinión Aplicada

 Universidad del Cauca	"Estudio para Evaluar la Peatonalización del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán" Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito"			
	ENCUESTA DE OPINIÓN	FORM - EO - 1	L1 No.	L2 L3 L4 /
<b>I- Datos del Establecimiento</b> Encuestado: Propietario <input type="checkbox"/> Arrendatario <input type="checkbox"/> Administrador <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Nombre del Establecimiento: _____ Dirección del Establecimiento: _____				
<b>II - Tipo de Establecimiento</b> Hotel <input type="checkbox"/> Parqueadero Oficial <input type="checkbox"/> Almacén de Confecciones <input type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Parqueadero Público <input type="checkbox"/> Restaurante o Cafetería <input type="checkbox"/> Droguería <input type="checkbox"/> Parqueadero Privado <input type="checkbox"/> Oficina <input type="checkbox"/> Local Comercial <input type="checkbox"/> Multilocales <input type="checkbox"/> Tienda Naturista <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Cuál???: _____				
<b>III - Datos de Operación y/o Funcionamiento del Establecimiento</b> Horario de Atención: L M Mi J V S D 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 Horario de Cargue / Descargue: L M Mi J V S D 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 Horario de Entrega Basura: L M Mi J V S D 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 Cantidad de Personal que Labora: _____ No. de espacios para parqueo: <input type="checkbox"/> Vehículos _____ <input type="checkbox"/> Motos _____ Cómo Abastece el Negocio: Puerta a puerta <input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> <small>(vehículo pequeño - Carreta)</small> Mercancía que maneja es: Mayorista <input type="checkbox"/> Al Detal <input type="checkbox"/>				
<b>IV - Peatonalización - Opinión</b> 4.1. Estaría a favor de peatonalizar ésta calle???: 1 2 3 4 5 4.2. Preferiría la peatonalización de la calle parcial o total???: TOT <input type="checkbox"/> PAR <input type="checkbox"/> L M Mi J V S D 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 4.3. Cambiaría horario de atención si se peatonaliza???: 1 2 3 4 5 4.4. Podría abastecer el negocio durante la noche???: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Horario del L M Mi J V S D Abastecimiento: 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 4.5. Los vendedores ambulantes afectan su negocio???: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Disminuyen ventas <input type="checkbox"/> Limita ingreso de interesados <input type="checkbox"/> Obstaculiza el Local <input type="checkbox"/> Aumenta Inseguridad <input type="checkbox"/> 4.6. Colocaría parte de su negocio en la calle peatonalizada???: 1 2 3 4 5				
<b>V- Observaciones</b> _____ _____ _____				

Responsable: Ing. Nancy Paola González Idrobo

Fuente: Elaboración Propia





Adicionalmente y luego de aplicar dicha encuesta, se estableció un formato digital en Google Forms (**Ver Figura 4-30**) en el que se cargaron los datos recolectados y con el propósito de tabular los resultados de percepción encontrados en la misma.

**Figura 4-30. Formato de Google Forms para recopilar la Información de la Encuesta**



Fuente: Elaboración Propia. <https://forms.gle/AUv8V2jNCvQzxDSW8>

Para el presente estudio se plantearon preguntas generales evitando consultar datos sensibles del encuestado, dirigidas a obtener la percepción que tienen las personas de diferentes locales comerciales y establecimientos institucionales localizados en las “eles” del Centro Monumental ya referenciados en el numeral 3.2, de manera que permitieran conocer su opinión respecto a la posible peatonalización (parcial o total) de esas calles y la posible afectación que se pudiera generar en caso que la medida se llegara a implementar.







En el anterior sentido y de acuerdo con los resultados del censo, se optó por tomar muestras por cada una de las “eles” en estudio, debido a que era bastante marcada la diferencia de locales comerciales e instituciones entre ellas, para un total de 145 encuestas, distribuidas de la siguiente manera. **Ver Figura 4-31:**

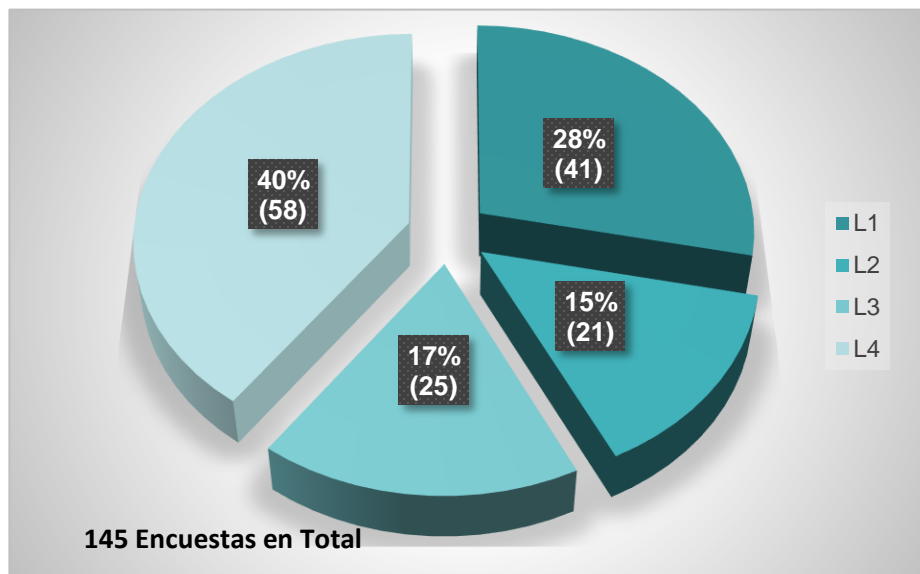
Para (L1) una muestra (n1) = 41 encuestas

Para (L2) una muestra (n2) = 21 encuestas

Para (L3) una muestra (n3) = 25 encuestas

Para (L4) una muestra (n4) = 58 encuestas

**Figura 4-31. Encuestas Realizadas en Cada una de las “eles” (L)**



Fuente: Elaboración Propia

La encuesta se elaboró definiendo cuatro secciones de preguntas y una quinta de observaciones en caso que algún encuestado quisiera aportar algo adicional, logrando recopilar en cada una de ellas información relacionada con los establecimientos donde se aplicó el cuestionario, las secciones establecidas son:



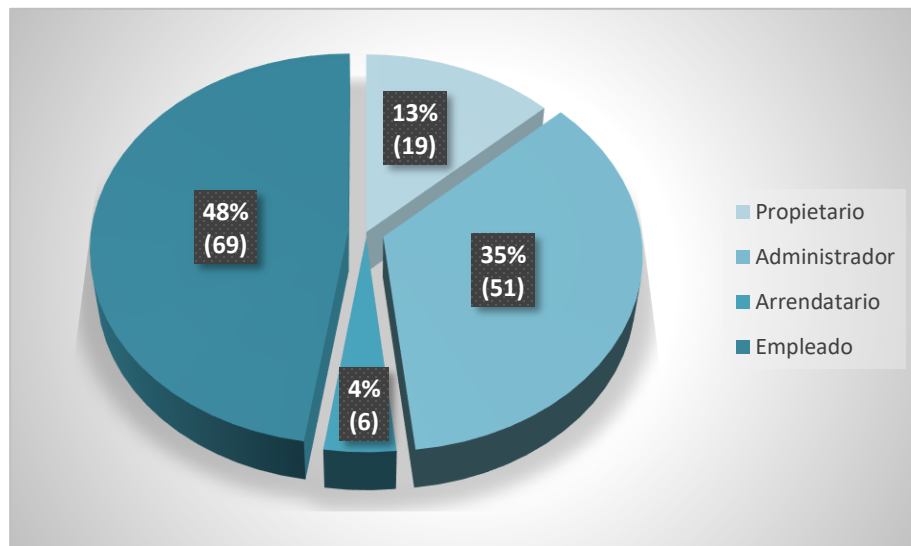


- Sección I. Datos del Establecimiento
- Sección II. Tipo de Establecimiento
- Sección III. Datos de Operación y/o Funcionamiento del Establecimiento
- Sección IV. Peatonalización - Opinión
- Sección V. Observaciones

#### 4.2.2.1. Sección I. Datos del Establecimiento

En esta sección se tomaron datos tales como el nombre y dirección del establecimiento. Con esta información se busca precisar su ubicación espacial en cada una de las “eles”. Adicionalmente se determinaba el rol que tenía el encuestado dentro del negocio, ya fuera Propietario, Arrendatario, Administrador y/o Empleado. En la **Figura 4-32**, se observa la participación numérica y porcentual del rol de las personas encuestadas.

*Figura 4-32. Rol de las Personas Encuestadas*



*Fuente: Elaboración Propia*



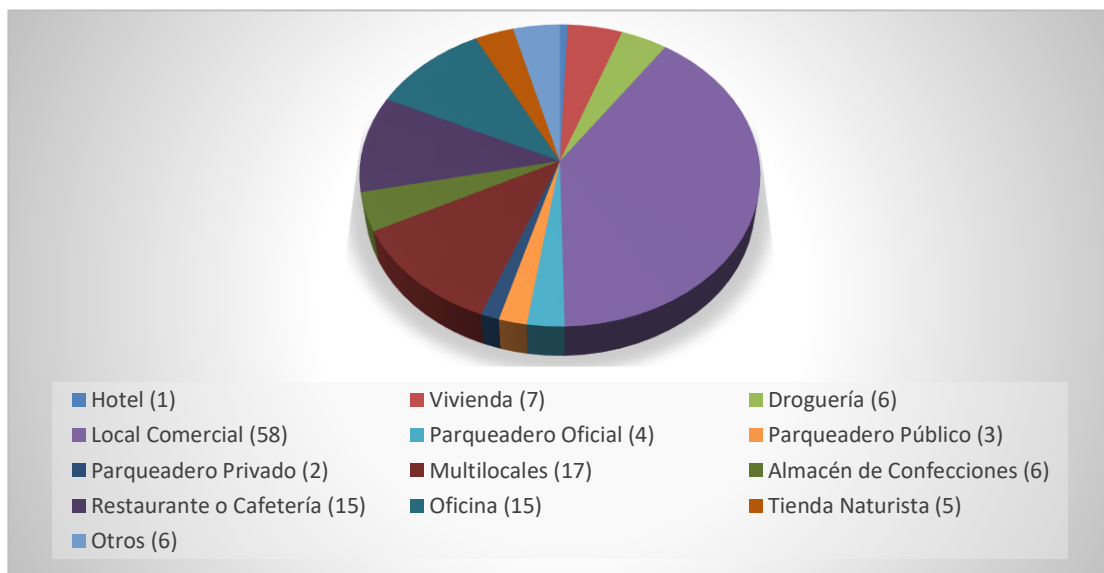


#### 4.2.2.2. Sección II. Tipo de Establecimiento

Esta sección se enfoca en conocer la clasificación general del tipo de negocio que más se concentra en cada una de las “eles”. Con esa información se pretende saber la actividad comercial de los diferentes locales donde se realizó la encuesta.

Tal como se observa la en la **Figura 4-33**, los establecimientos o locales ubicados en las “eles” estudiadas aparecen agrupados por tipo: hotel, droguería, parqueadero oficial, parqueadero privado, parqueadero público, almacén de confecciones, oficinas, vivienda, local comercial, multilocales, restaurante o cafetería y tienda naturista. Se aclara que la clasificación que corresponde a multilocales hace referencia a los pasajes en donde se encuentran varios locales comerciales y/o oficinas. En Otros se tuvieron en cuenta los establecimientos cuyo servicio es netamente educativo, como preuniversitarios, entre otros.

**Figura 4-33. Clasificación de los Establecimientos por Tipo de Comercio que Desarrollan**



Fuente: Elaboración Propia



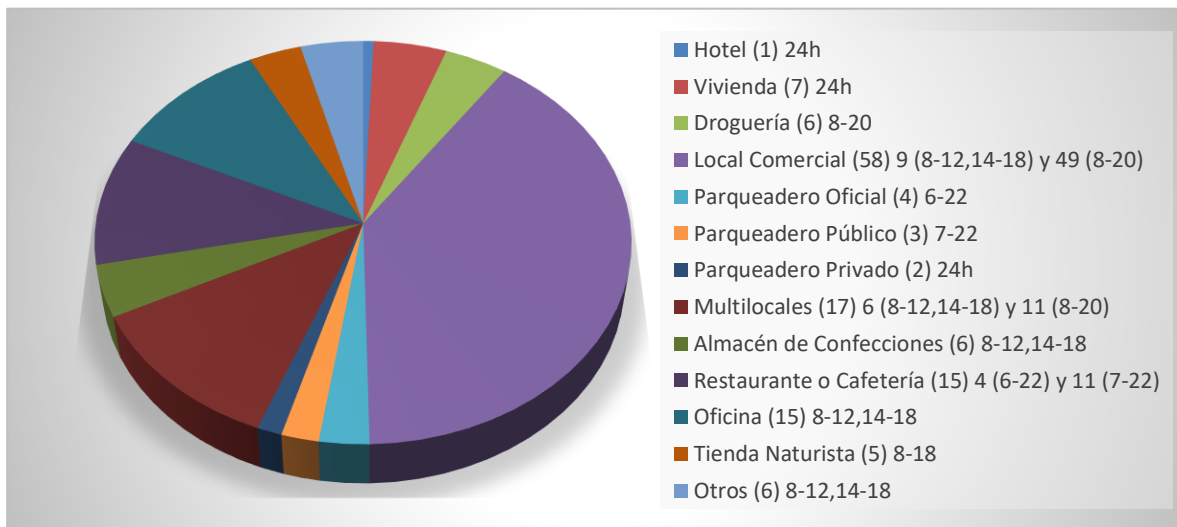


### 4.2.2.3. Sección III. Datos de Operación y/o Funcionamiento del Establecimiento

Con esta sección se busca determinar la manera en que cada uno de los locales presta el servicio a los usuarios. Para ello se estableció dentro del diseño del formulario, preguntas relacionadas con el horario de atención, cargue/descargue, entrega de basura, cantidad de personal que labora, forma en que administran el negocio y el tipo de mercancía que manejan. Para el caso específico de los parqueaderos, se consideró también la cantidad de espacios ofertados de modo que se pudiera tener una percepción de la cantidad de plazas que dejarían de utilizarse en caso que se implementara la peatonalización.

#### 4.2.2.3.1. Análisis del Horario de Atención

**Figura 4-34. Horarios de Atención de los Establecimientos Encuestados**



Fuente: Elaboración Propia

Tal como se aprecia en la **Figura 4-34**, los horarios de atención que ofrecen los negocios, dependen del tipo de establecimiento que se tiene. En su mayoría





atienden en horarios comprendidos entre las 8 y 20 horas (jornada continua), seguido del horario de oficina que es adoptado por algunos comercios y oficinas como tal, el cual está comprendido entre las 8 – 12 y 14 – 18 horas, dato que es importante conocer pues se relaciona directamente con la posible peatonalización de las calles en las cuales funcionan.

En la mayoría de establecimientos encuestados, su horario de atención es de lunes a viernes, ya que el sábado generalmente trabajan hasta la 1pm y el día domingo no prestan ningún servicio.

#### **4.2.2.3.2. Análisis del Horario de Cargue/Descargue**

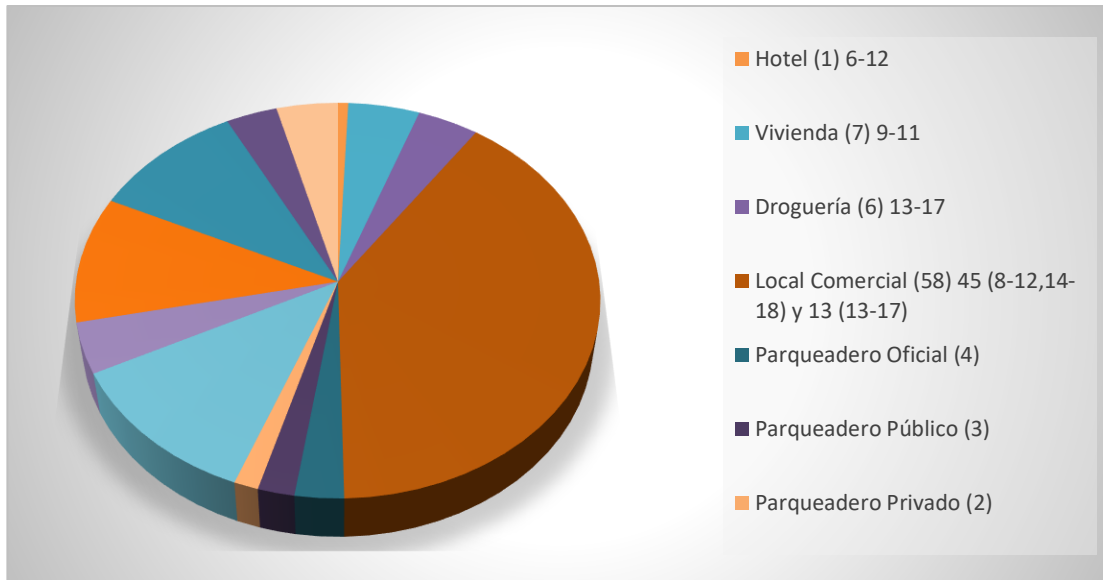
En la actividad de cargue y descargue de los negocios la acción en su mayoría está concentrada, está en su mayoría desarrollada en horas de la mañana de 8 a 12m.

Al momento de hacer la encuesta, en varios de los locales las personas manifestaron que la ejecutaban en cualquier momento del día, dado que su horario de atención era de 8-12 y 14-18, sin embargo, combinando sus respuestas se obtiene que es en horas de la mañana donde la jornada que resulta más adecuada para poder abastecer el negocio.

En el caso de las droguerías, a diferencia de la anterior la jornada de la tarde resulta la más apropiada para que surtan el local. En las cafeterías y restaurantes, las respuestas a esa parte del formulario indican que en cualquier momento se abastecen de los alimentos y elementos que se agoten. **Ver Figura 4-35.**



**Figura 4-35. Horarios de Cargue / Descargue**



Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.2.3.3. Análisis Horario de Entrega de Basuras**

De Igual manera, entre las preguntas se formularon en el cuestionario, se tuvo en cuenta los horarios en que sacaban las basuras de sus locales. Se concluye, que esta actividad está bastante desordenada ya que no hay homogeneidad en la hora en que sacan las basuras, ni en los días en que se hacen y mucho menos en el sitio en que deben dejarlas o entregarlas, por lo que, hace falta y se hace necesario una efectiva supervisión de la manera en que se disponen finalmente.

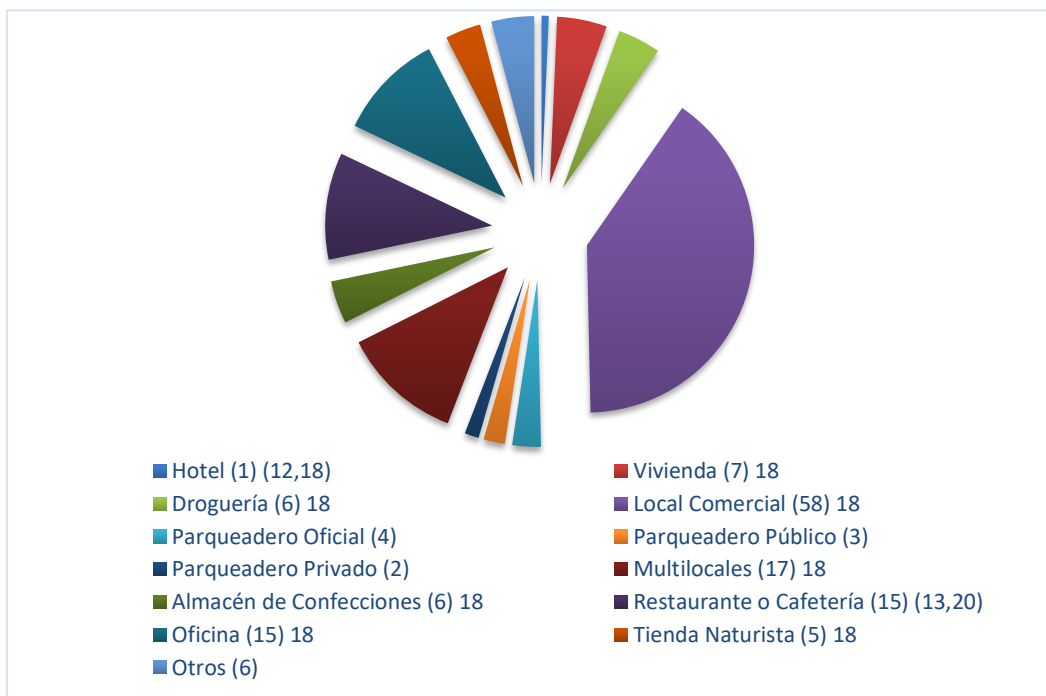
**Ver Figura 4-36.**







**Figura 4-36. Horarios de Entrega y Disposición de Basuras**



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2.3.4. Análisis de la Cantidad de Personal que Labora

Otra de las preguntas que se incluyó en el diseño del cuestionario, fue averiguar cuántas personas adicionales a quien respondía la encuesta, trabajaban en el local, de modo que se lograra establecer la cantidad que sería directamente afectada en caso de que se llegara a implementar la medida de peatonalización parcial o total del Centro Monumental. Fue así que se pudo determinar que en los 145 locales comerciales identificados trabajan 528 personas en total, sin considerar ni tener en cuenta aquellos que laboran en las entidades oficiales y bancarias.





#### 4.2.2.3.5. Análisis de los Espacios de Parqueadero Disponibles

Al momento de aplicar la encuesta en los parqueaderos oficiales, privados y públicos, se obtiene la siguiente cantidad de espacios disponibles en cada uno de ellos. **Ver Tabla 4-17.**

**Tabla 4-17. Tipo y Cantidad de Parqueaderos Disponibles en cada una de las “eles” (L).**

ele	Tipo de Parqueadero	carros	motos
L1	Parqueadero Oficial	2	12
L1	Parqueadero Privado	8	6
	<b>Total L1</b>	<b>10</b>	<b>18</b>
L2	Parqueadero Público	20	20
L2	Parqueadero Oficial	35	20
	<b>Total L2</b>	<b>55</b>	<b>40</b>
L3	Parqueadero Privado, Multilocales, Oficina	25	10
L3	Parqueadero Oficial	8	5
L3	Parqueadero Público	30	30
	<b>Total L3</b>	<b>63</b>	<b>45</b>
L4	Parqueadero Público	50	55
L4	Parqueadero Oficial	1	
	<b>Total L4</b>	<b>51</b>	<b>55</b>
	<b>Total de Parqueaderos L1+L2+L3+L4</b>	<b>179</b>	<b>158</b>

Fuente: Elaboración Propia

Según los datos obtenidos, en las “eles” existen parqueaderos oficiales, públicos y privados que se deben considerar al momento de establecer la posible medida de peatonalización parcial o total de esas calles, en procura de tomar decisiones adecuadas relacionadas al menos, con aquellos parqueaderos oficiales que son los que pertenecen a la Gobernación del Cauca, la Alcaldía de Popayán y la Curia Municipal. **Ver Figura 4-37.**

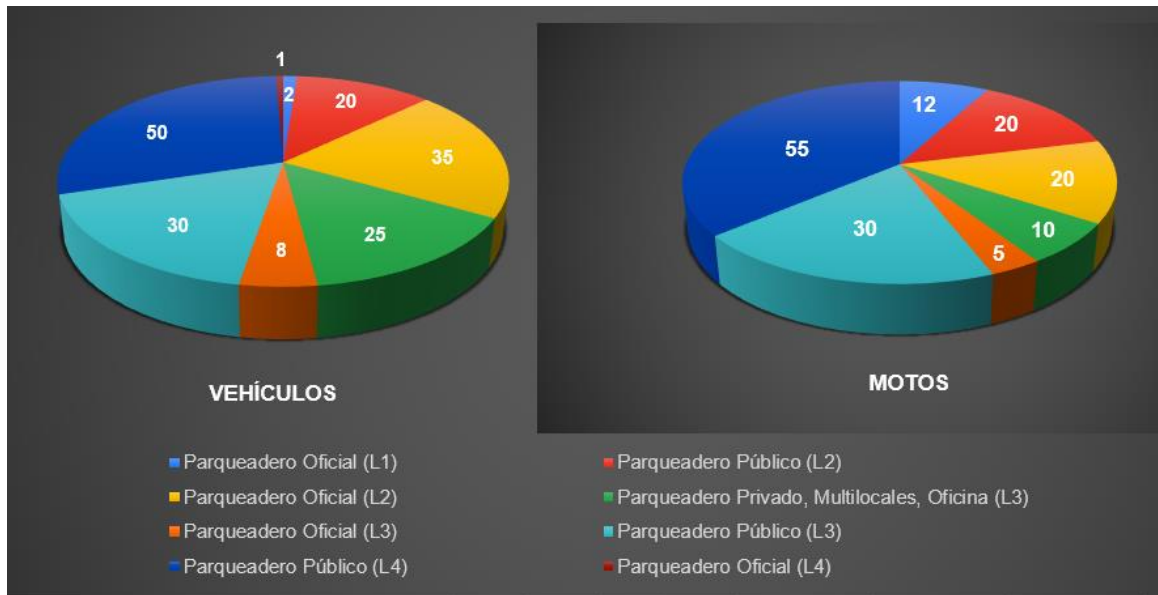
En uno de los establecimientos encuestados manifestaron tener 20 parqueaderos de autos y motos disponibles para sus asociados y empleados. Estos lugares no fueron tenidos en cuenta dentro de los espacios para parqueo, debido a que el





ingreso vehicular de ese establecimiento está ubicado sobre la Calle 3, la cual no está incluida en la zona de estudio.

**Figura 4-37. Cantidad de Parqueaderos Disponibles en cada ele (Vehículos-Motos)**



Fuente: Elaboración Propia

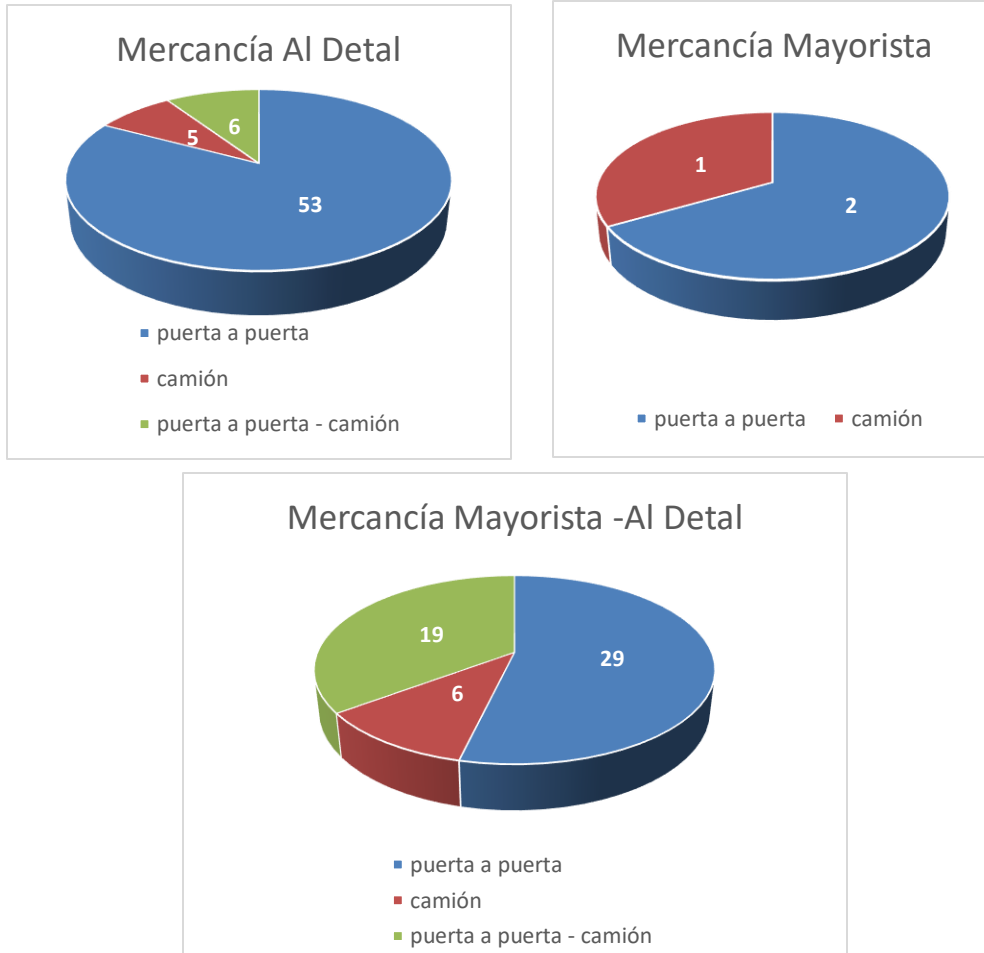
**4.2.2.3.6. Análisis de la Forma en que Abastecen y Tipo de Mercancía en los Locales Comerciales.**

De los 145 establecimientos encuestados, en la mayoría de los casos manejan mercancía al detal, lo cual está directamente relacionado con la forma en que abastecen el local. De igual manera, la mayor parte de los encuestados. La mayoría manifestó que la actividad la realizan en piaggios y en vehículos particulares, debido a que no son tan grandes los volúmenes que manejan. Sin embargo, hay algunos que reciben sus mercancía de forma mayorista y al detal. **Ver Figura 4-38.**





Figura 4-38. Forma de Abastecer el Local y Tipo de Mercancía que Manejan



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2.4. Sección IV. Peatonalización

Se constituye en la sección más importante de la encuesta, debido a que sus respuestas permiten conocer la percepción que tienen las personas en caso de que se llegara a implementar la medida de forma parcial o total.



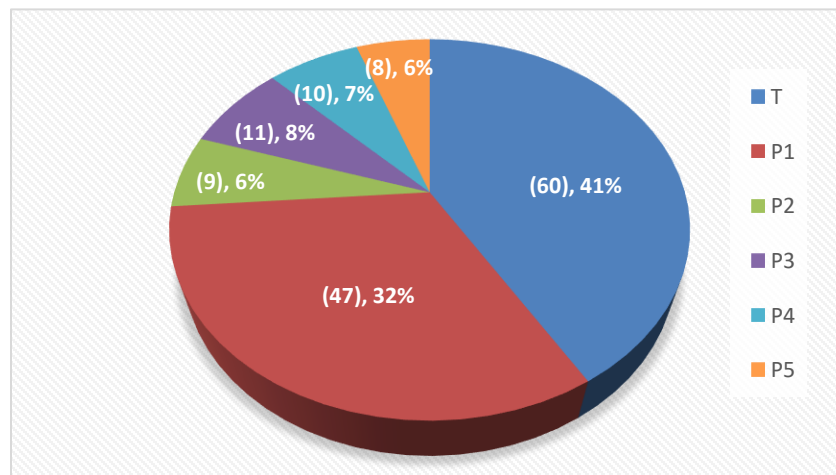


En algunas de las preguntas que pertenecen a este segmento del estudio, se estableció usar la escala de Likert<sup>25</sup>, de manera que se pudiera contar con una percepción con rangos más amplios y no tan puntuales como al responder un SI o NO.

#### 4.2.2.4.1. Análisis a Favor de Peatonalizar o NO la Calle

Según se observa en la **Figura 4-39**, el valor de 60 negocios corresponde al 41%, es la percepción de la mayoría de los encuestados quienes están a favor de la peatonalización de la calle en la cual están sus locales ubicados. El siguiente valor que se destaca corresponde a 47 establecimientos equivalentes al 32%, que es el más bajo en la escala de valores establecida para que las personas escogieran su satisfacción respecto a la medida, siendo parte de los resultados obtenidos en la segunda pregunta de la sección.

**Figura 4-39. Percepción Relacionada con la Peatonalización**



Fuente: Elaboración Propia

<sup>25</sup> <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-escala-de-likert-y-como-utilizarla/>



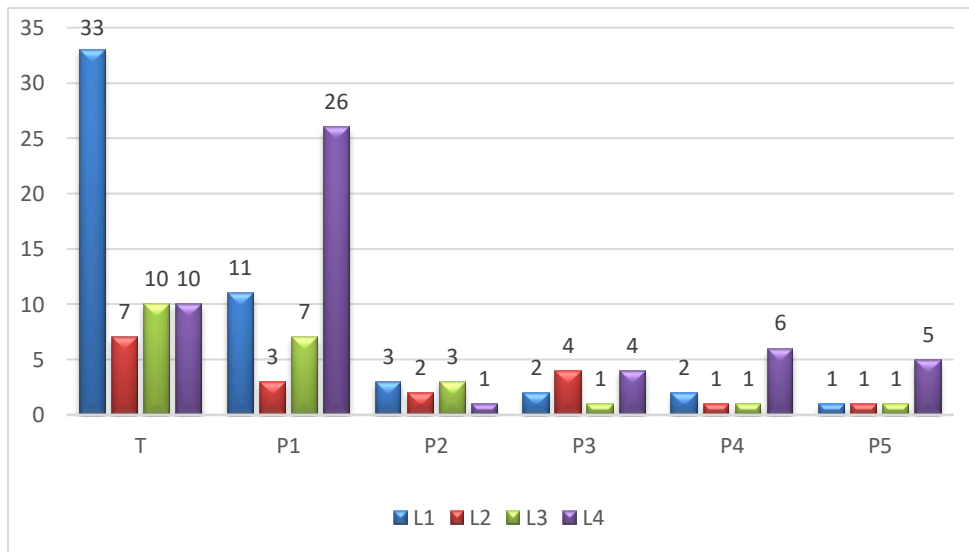


Adicionalmente aquellos encuestados que mencionaron estar de acuerdo con la medida en las calificaciones consideradas en la escala de Likert de 3, 4 y 5, corresponden en cantidad a 11 (8%), 10 (7%) y 8 (6%) locales comerciales respectivamente. Sumando los mayores valores de los resultados, se obtienen 89 encuestados que corresponden al 62% respuestas favorables con la implementación de la medida que comparada con el 38% que corresponde a quienes no están de acuerdo, es un valor bastante considerable.

**4.2.2.4.2. Análisis de Percepción para Peatonalizar Parcial o Total**

En la **Figura 4-40**, se compara la cantidad de locales respecto a la ubicación de ellos en cada una de las “eles” incluidas en la zona de estudio. Concordando con la Gráfica anterior la ele con aceptación Total de la peatonalización es la L1, y la L4 dentro de la escala presentada está relacionada con el grado más bajo de satisfacción de la medida.

**Figura 4-40. Percepción de Encuestados en cada una de las “eles”.**



Fuente: Elaboración Propia



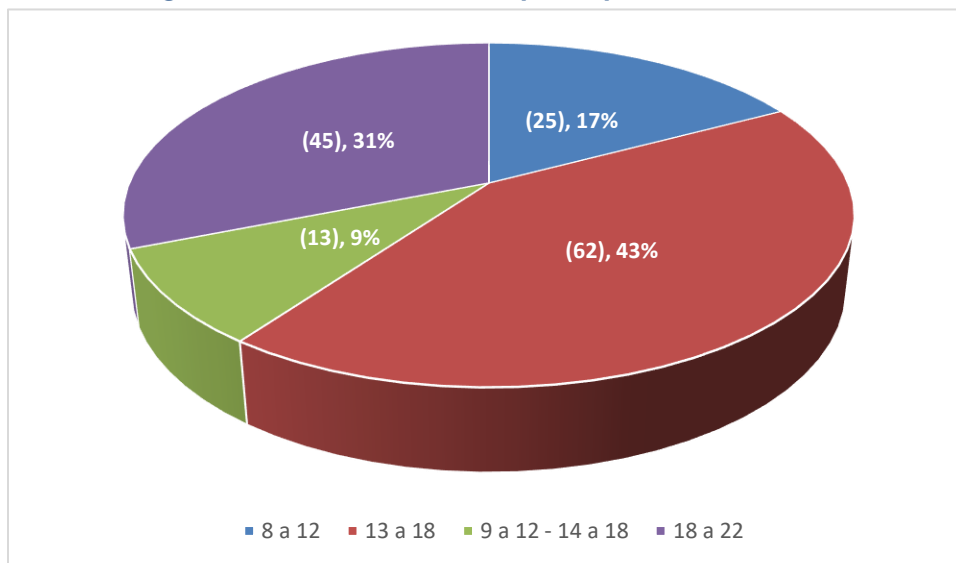




#### 4.2.2.4.3. Análisis del Horario en que Preferiría la Peatonalización

Los valores de las otras “eles” parecen muy pequeños en comparación con los resultados obtenidos en L1 y L4, pero en realidad son concordantes con la cantidad de locales comerciales ubicados en cada una de ellas. También se cuestionó a quienes se inclinaron por una peatonalización parcial, 145 encuestados, en qué horarios preferirían que la medida se implementara **Ver Figura 4-41.**

*Figura 4-41. Horario Preferido para Aplicar la Peatonalización.*



*Fuente: Elaboración Propia*

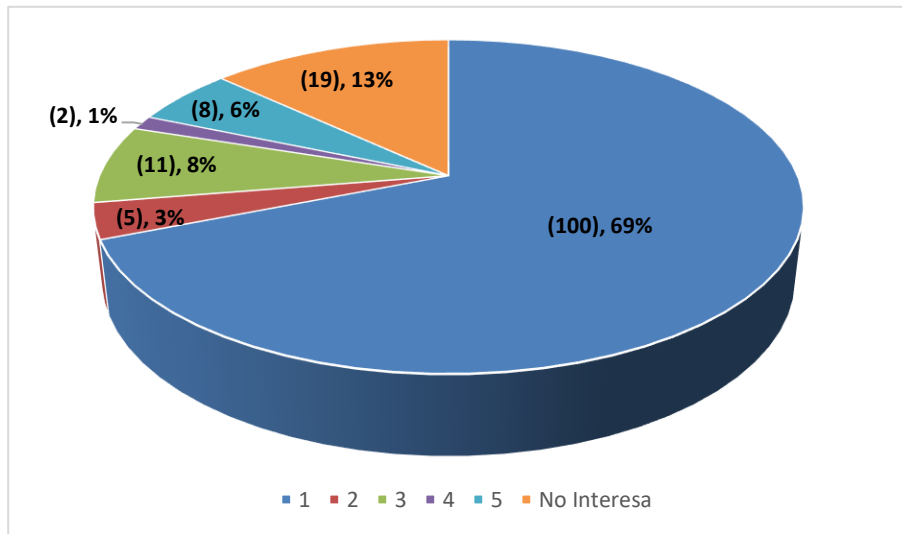
#### 4.2.2.4.4. Análisis de Cambio de Horario en caso de Peatonalización

Sin embargo, al preguntarles sobre si aceptarían cambiar el horario de atención, **Ver Figura 4-42**, 100 encuestas equivalentes al 69%, resultaron no estar de acuerdo en hacerlo, es decir que mantendrían su comportamiento de igual manera como hasta el momento lo han desarrollado.



Después de ese valor la segunda intención de respuesta corresponde al 13% de 19 encuestados a quienes les es indiferente que se aplique la medida ya que se adecuarían a lo que se disponga.

**Figura 4-42. Apreciación Respecto a Cambio de Horario Debido a la Peatonalización.**



Fuente: Elaboración Propia

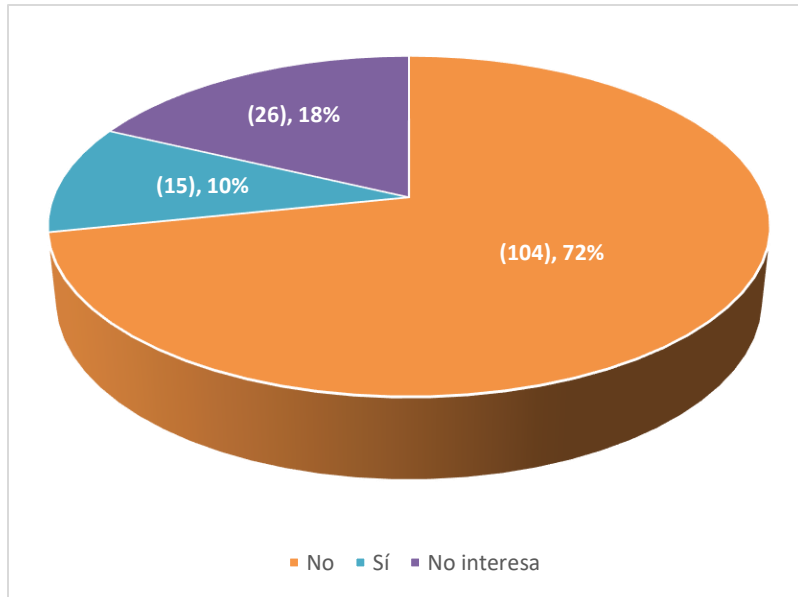
#### **4.2.2.4.5. Análisis de Cambio de Horario del Abastecimiento**

La mayoría de los encuestados no están interesados en hacer cambio en el horario de abastecimiento y eso es consecuente con la respuesta obtenida en la pregunta relacionada con el horario normal en que cada uno surte con productos el negocio, dado que dicha actividad se desarrolla de manera esporádica, tal como se observó en la **Figura 4-34**. No es de gran interés decidir por la opción nocturna situación que manifestaron, además, que en ese horario no hay quien haga entrega de mercancía y tampoco existe acompañamiento de autoridades que garanticen seguridad en el sector. **Ver Figura 4-43.**





**Figura 4-43. Apreciación Respecto al Abastecimiento Nocturno del Establecimiento.**



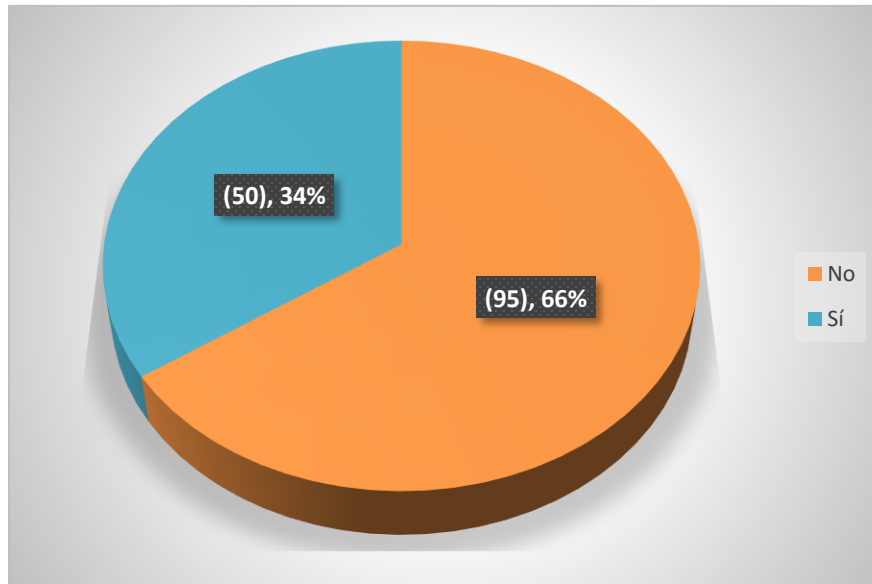
Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.2.4.6. Análisis de Afectación por Presencia de Ambulantes**

En el recorrido que se hizo durante el censo en la zona, se identificó alta presencia de vendedores ambulantes en cada una de las “eles”. Por esa razón, una de las inquietudes que se quería llegar a resolver, era determinar para los encuestados que tanta afectación tenía para sus negocios la presencia de vendedores ambulantes, donde la respuesta de mayor peso fue el NO. Sin embargo, quienes contestaron que SI, también indicaron que esa mala ubicación de las personas en la calle limita el ingreso de interesados al negocio. **Ver Figura 4-44.**



**Figura 4-44. Percepción de la Afectación de Ambulantes cerca al Negocio.**



Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.2.4.7. Análisis del Traslado de Parte del Negocio a la Calle**

Dado que el objetivo principal de este trabajo de grado es identificar la posibilidad de formular una peatonalización parcial o total de las calles incluidas dentro de las “eles” en estudio, se preguntó adicionalmente, en algunos de los negocios si estarían interesados en disponer parte del mismo en la calle, de manera que se pudiera brindar atención en algunos espacios que fueran amigables para los transeúntes. En este sentido, solamente 3 negocios (cafetería (1) y artesanías (2)) de los 145 encuestados en total, estarían dispuestos a ubicar parte de su negocio en la calle.

Se pone de manifiesto que la encuesta no se realizó a entidades oficiales ni bancarias, sin embargo, mediante entrevistas mencionan que el hecho de peatonalizar la calle de manera parcial o total, NO afectará el desarrollo normal de





actividades, de ese modo, aunque no se aplicó el formato, se logró obtener mediante entrevista, algunas manifestaciones relacionadas con la percepción sobre el tema, entre ellas:

### ***Entidades Oficiales***

- En otras ocasiones han participado de la implementación de ese tipo de medida esporádicamente, en especial cuando se han celebrado eventos como “Noche de Museos”, Semana Santa y Festival Gastronómico, entre otras, emitiendo buenos comentarios relacionados con las experiencias vividas debido a la sensación de tranquilidad y seguridad en la zona.
- Durante esas jornadas se han dispuesto espacios en la calle para que se instalen temporalmente negocios como cafés, artesanías, entre otros.

### ***Entidades Bancarias***

- En las entidades bancarias no tienen inconveniente con el desarrollo de su actividad comercial, ya que los usuarios desarrollan sus trámites sin ningún problema. Sin embargo, manifiestan que al hacer cambio en la longitud del desplazamiento que la empresa transportadora de valores hace hasta el vehículo a cargo, podría llegar a generar un aumento en el valor de la póliza que deben adquirir para protección del dinero

### ***Transportadora de Valores***

- Al preguntar por el desarrollo de su actividad misional, indican que frente al hecho de que se llegase a peatonalizar de manera total, tendrían inconvenientes en su generalidad debido a que aumenta el riesgo por





transitar en la calle con el dinero que entregan o recogen en cada una de las entidades bancarias y locales comerciales, porque la responsabilidad relacionada con el dinero inicia desde el momento en que salen de cada una de las sucursales bancarias o negocios particulares.

- Por otra parte, en el sector existen varios cajeros electrónicos que deben ser abastecidos periódicamente con dinero para su normal funcionamiento, por lo que, esta actividad estaría afectada de la misma forma, por el aumento en la exposición de riesgo siendo susceptibles a un posible hurto.
- Finalmente, los horarios de entrega o recolección de dinero son aleatorios por seguridad. Por lo tanto, se requiere reprogramar lo que en la actualidad se hace, en busca de mantener a salvo el dinero en custodia que el camión de valores transporta.

#### **4.2.3. Conteos Vehiculares 2022**

En la información secundaria obtenida, se encontraron aforos vehiculares de estaciones maestras y secundarias, notando que los datos recolectados están ubicados hacia el lado occidental del centro, por esa razón se hizo necesario hacer conteos vehiculares en seis puntos adicionales localizados hacia el lado oriental de la zona a modelar, de modo que, al momento de procesar los datos, se pudiera complementar la información y así conseguir una modelación que reflejara el movimiento real de la red en estudio. **Figura 4-45.**





**Figura 4-45. Puntos Adicionales de Aforo para Modelación.**



*Fuente: Elaboración Propia*

Las puntos de aforo adicionales escogidos fueron:












- PP1 – Calle 3 con Carrera 3
- PP2 – Calle 3 con Carrera 4
- PP3 – Calle 4 con Carrera 3
- PP4 – Calle 4 con Carrera 4
- PP5 – Calle 4 con Carrera 5
- PP6 – Calle 5 con Carrera 4

Se definió un formato para realizar el aforo vehicular, en el cual se tuvieron los movimientos que se presentaban en cada uno de los puntos **Ver Figura 4-46**, también se estableció el formato resumen para los conteos vehiculares realizados **Ver Figura 4-47**.





Figura 4-46. Formato Establecido para Aforos Vehiculares.

				"Estudio para Evaluar la Peatonalización del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán"							FORM - AFOR - VEH - 1	
		Fecha (D.M.A.): _____ Estación de Aforo: _____		Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito							_____ de _____	
Condición Climática: _____												
Aforador: _____												
Coordinador: _____ Hora de Inicio : _____ Hora Final : _____												
HOR	PER	MOV	MOTOS 	AUTOS 	BUSES 	C-2P 	C-2G 	C-3 	C-4 	C5 	≥C5 	
	30 a 45	↑	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		↙	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		←	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		↗	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	45 a 00	↑	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		↙	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		←	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		↗	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Responsable: Ing. Nancy Paola González Idrobo




Fuente: Elaboración Propia



Estudio para Evaluar la Peatonalización  
 del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán  
 Nancy Paola González Idrobo



Figura 4-47. Formato Resumen Establecido para Recopilación de los Aforos Vehiculares.

 Universidad del Cauca				“Estudio para Evaluar la Peatonalización del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán”								FORM - RES - AFOR - VEH - 1		
				Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito								____ de ____		
Fecha (D.M.A): _____ Estación de Aforo: _____												Movimiento Aforado		
Condición Climática: _____														
Aforador: _____														
Coordinador: _____		Hora de Inicio : _____		Hora Final : _____										
HOR	PER	Motos	Autos	Buses	C2P	C2G	C3	C4	C5	≥C5	Total Período	Total Hora	ADES	Flujo
14:00 a 15:00	00 a 15													
	15 a 30													
	30 a 45													
	45 a 00													
15:00 a 16:00	00 a 15													
	15 a 30													
	30 a 45													
	45 a 00													
16:00 a 17:00	00 a 15													
	15 a 30													
	30 a 45													
	45 a 00													
Responsable: Ing. Nancy Paola González Idrobo														

Fuente: Elaboración Propia





Figura 4-48. Resumen de Datos de los Conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Norte – Sur Clle 3 con Cra 4.




				<b>"Estudio para Evaluar la Peatonalización del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán"</b>								FORM - RES - AFOR - VEH - 1		
				Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito								_ 1 _ de _ 4 _		
Fecha (D.M.A): 22 DE FEBRERO DE 2022    Estación de Aforo: PP2    Ubicación: CARRERA 4 - CALLE 3														
Condición Climática: TEMPLADO												Movimiento Aforado		
Aforador: MARIA CAMILA PARDO												↑		
Coordinador: ENRIQUE PARDO    Hora de Inicio : 2:00pm    Hora Final : 5:00pm														
HOR	PER	Motos	Autos	Buses	C2P	C2G	C3	C4	C5	≥C5	Total Período	Total Hora	ADES	Flujo
14:00 a 15:00	00 a 15	165	69	14	0	1	0	0	0	0	249		168.45	732.76
	15 a 30	158	71	5	2	2	0	0	0	0	238		150.14	
	30 a 45	143	94	14	0	0	0	0	0	0	251		183.19	
	45 a 00	89	68	6	1	1	0	0	0	0	165	903	121.37	
15:00 a 16:00	00 a 15	162	72	8	0	0	0	0	0	0	242		149.46	629.04
	15 a 30	114	72	8	0	0	0	0	0	0	194		133.62	
	30 a 45	122	72	11	4	0	0	0	0	0	209		157.26	
	45 a 00	129	88	6	0	1	0	0	0	0	224	869	151.57	
16:00 a 17:00	00 a 15	138	78	12	1	2	0	0	0	0	231		168.54	712.64
	15 a 30	101	58	0	0	1	0	0	0	0	160		94.33	
	30 a 45	152	89	10	2	1	0	0	0	0	254		178.16	
	45 a 00	174	85	8	1	1	0	0	0	0	269	914	172.42	
Responsable: Ing. Nancy Paola González Idrobo														

Fuente: Elaboración Propia





Figura 4-49. Resumen de Datos de los Conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Norte – Oriente C/le 3 con Cra 4.

												"Estudio para Evaluar la Peatonalización del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán"			FORM - RES - AFOR - VEH - 1	
		Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito										_ 2 _ de _ 4 _				
Fecha (D.M.A): 22 DE FEBRERO DE 2022    Estación de Aforo: PP2    Ubicación: CARRERA 4 - CALLE 3												Movimiento Aforado				
Condición Climática: TEMPLADO																
Aforador: MARIA MARIA CAMILA PARDO																
Coordinador: ENRIQUE PARDO    Hora de Inicio : 2:00pm    Hora Final : 5:00pm																
HOR	PER	Motos	Autos	Buses	C2P	C2G	C3	C4	C5	≥C5	Total Período	Total Hora	ADES	Flujo		
14:00 a 15:00	00 a 15	26	40	0	0	0	0	0	0	0	66		48.58	259.32		
	15 a 30	26	13	0	0	1	0	0	0	0	40		24.58			
	30 a 45	18	23	0	1	0	0	0	0	0	42		31.94			
	45 a 00	51	45	0	1	0	0	0	0	0	97	245	64.83			
15:00 a 16:00	00 a 15	28	19	0	0	0	0	0	0	0	47		28.24	145.24		
	15 a 30	6	7	0	0	0	0	0	0	0	13		8.98			
	30 a 45	16	12	0	0	0	0	0	0	0	28		17.28			
	45 a 00	7	28	0	2	0	0	0	0	0	37	125	36.31			
16:00 a 17:00	00 a 15	12	21	0	0	0	0	0	0	0	33		24.96	158.52		
	15 a 30	10	24	0	0	0	0	0	0	0	34		27.3			
	30 a 45	11	36	0	0	0	0	0	0	0	47		39.63			
	45 a 00	10	14	0	0	0	0	0	0	0	24	138	17.3			
												Responsable: Ing. Nancy Paola González Idrobo				

Fuente: Elaboración Propia





Figura 4-50. Resumen de Datos de los Conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Occidente – Oriente Cile 3 con Cra 4.

												<b>"Estudio para Evaluar la Peatonalización del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán"</b>			FORM - RES - AFOR - VEH - 1	
		Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito										_ 3 _ de _ 4 _				
Fecha (D.M.A): 22 DE FEBRERO DE 2022		Estación de Aforo: PP2			Ubicación: CARRERA 4 - CALLE 3											
Condición Climática: TEMPLADO												Movimiento Aforado				
Aforador: MARIA CAMILA PARDO																
Coordinador: ENF MARIA CAMILA PARDO																
HOR	PER	Motos	Autos	Buses	C2P	C2G	C3	C4	C5	≥C5	Total Período	Total Hora	ADES	Flujo		
14:00 a 15:00	00 a 15	40	29	0	0	1	0	0	0	0	70		45.2	180.8		
	15 a 30	16	13	0	0	0	0	0	0	0	29		18.28			
	30 a 45	10	26	0	1	0	0	0	0	0	37		32.3			
	45 a 00	21	20	0	1	0	0	0	0	0	42	178	29.93			
15:00 a 16:00	00 a 15	19	22	0	1	0	0	0	0	0	42		31.27	125.08		
	15 a 30	8	14	0	0	0	0	0	0	0	22		16.64			
	30 a 45	13	17	0	1	0	0	0	0	0	31		24.29			
	45 a 00	11	13	0	1	0	0	0	0	0	25	120	19.63			
16:00 a 17:00	00 a 15	28	32	0	1	0	0	0	0	0	61		44.24	176.96		
	15 a 30	6	19	0	1	0	0	0	0	0	26		23.98			
	30 a 45	8	16	0	0	0	0	0	0	0	24		18.64			
	45 a 00	10	24	0	0	0	0	0	0	0	34	145	27.3			
Responsable: Ing. Nancy Paola González Idrobo																




Fuente: Elaboración Propia







Figura 4-51. Resumen de Datos de los Conteos Vehiculares. Estación PP2. Movimiento Occidente – Sur Cile 3 con Cra 4.

				"Estudio para Evaluar la Peatonalización del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán"										FORM - RES - AFOR - VEH - 1	
				Trabajo para Optar al Título de Magister en Ingeniería de Tránsito										3 de 4	
Fecha (D.M.A): 22 DE FEBRERO DE 2022				Estación de Aforo: PP2				Ubicación: CARRERA 4 - CALLE 3							
Condición Climática: TEMPLADO												Movimiento Aforado			
Aforador: MARIA		MARIA CAMILA PARDO													
Coordinador: ENRIQUE PARDO				Hora de Inicio : 2:00pm		Hora Final : 5:00pm									
HOR	PER	Motos	Autos	Buses	C2P	C2G	C3	C4	C5	≥C5	Total Período	Total Hora	ADES	Flujo	
14:00 a 15:00	00 a 15	30	29	0	1	0	0	0	0	0	60		41.9	167.6	
	15 a 30	34	19	0	1	0	0	0	0	0	54		33.22		
	30 a 45	20	21	0	0	0	0	0	0	0	41		27.6		
	45 a 00	10	25	0	1	0	0	0	0	0	36	191	31.3		
15:00 a 16:00	00 a 15	36	18	0	0	0	0	0	0	0	54		29.88	147.52	
	15 a 30	36	22	0	1	0	0	0	0	0	59		36.88		
	30 a 45	24	23	0	0	0	0	0	0	0	47		30.92		
	45 a 00	6	30	0	0	0	0	0	0	0	36	196	31.98		
16:00 a 17:00	00 a 15	25	31	0	1	0	0	0	0	0	57		42.25	169	
	15 a 30	10	10	0	0	0	0	0	0	0	20		13.3		
	30 a 45	29	28	0	0	0	0	0	0	0	57		37.57		
	45 a 00	16	18	0	0	0	0	0	0	0	34	168	23.28		

*Responsable: Ing. Nancy Paola González Idrobo*

Fuente: Elaboración Propia



Estudio para Evaluar la Peatonalización  
 del Centro Monumental de la Ciudad de Popayán  
 Nancy Paola González Idrobo



## 5. SIMULACIÓN DE LA RED EN ESTUDIO

### 5.1. Proceso de Simulación en Tsis-CORSIM

Ya con el total de información ajustada y necesaria para poder realizar la modelación se procede con los resultados, a alimentar el software Tsis-CORSIM<sup>26</sup> de microsimulación, mediante el cual se puede mostrar el funcionamiento de la red en su estado actual y proyectar el posible comportamiento que podría llegar a presentarse, según los escenarios que se planteen.

*Figura 5-1. Proceso para Modelar en Tsis-CORSIM.*



*Fuente: Elaboración Propia*

<sup>26</sup><https://hmong.es/wiki/CORSIM#:~:text=TSIS%2DCORSIM%20es%20un%20paquete,de%20se%C3%B1ales%2C%20autopistas%20y%20autopistas.>



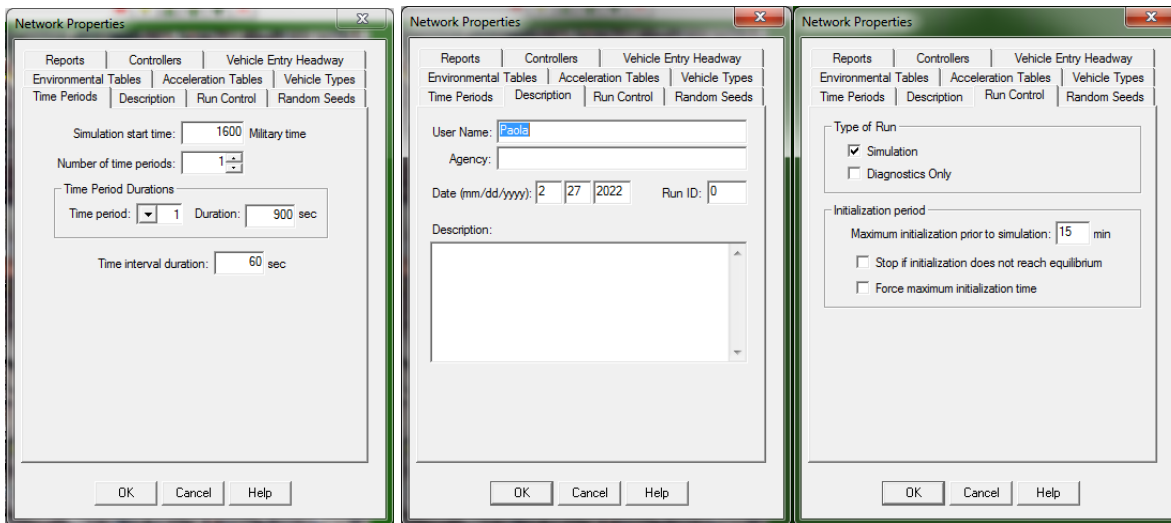


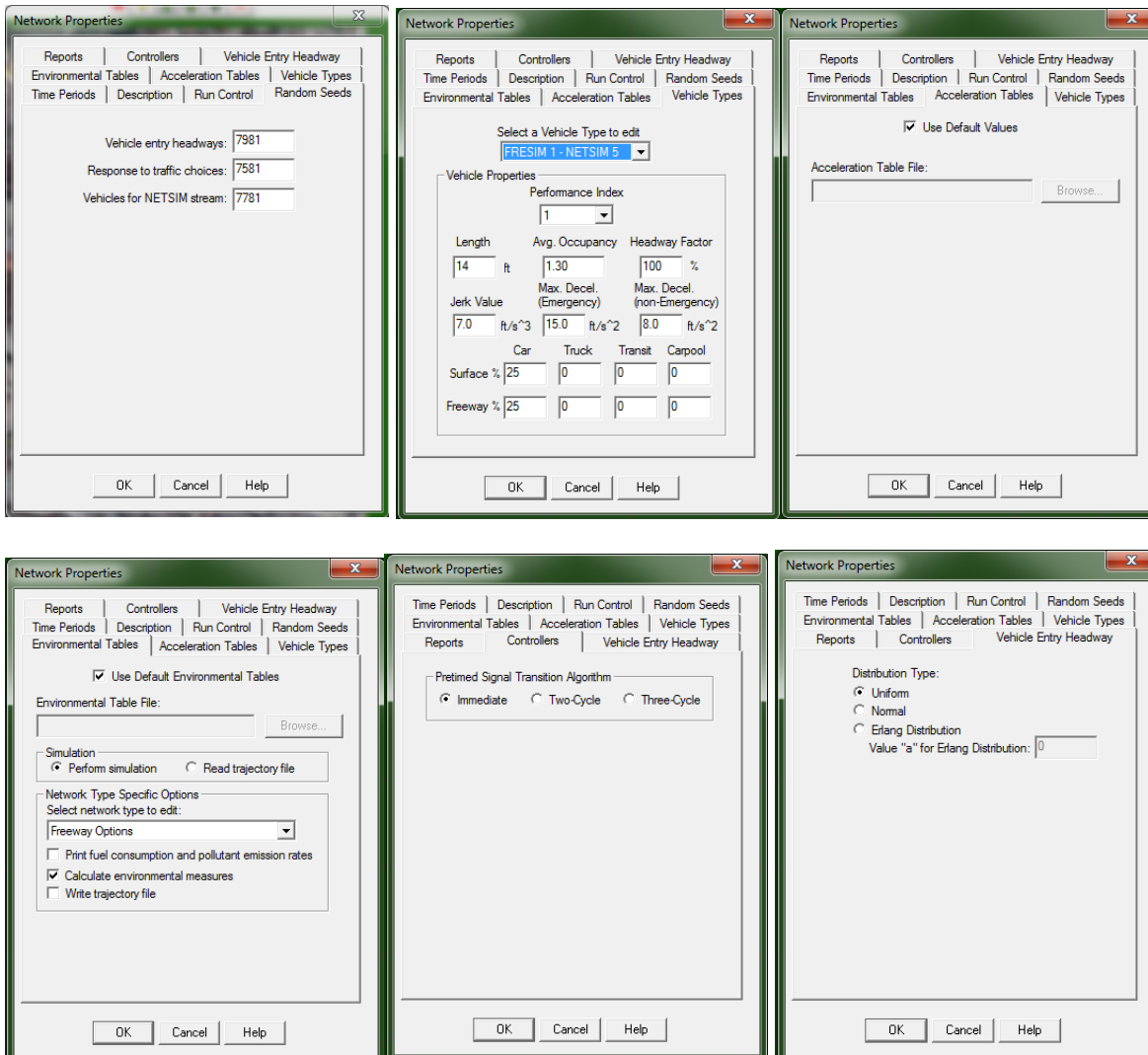
Durante la elaboración del documento y el desarrollo de la modelación se logra establecer que el proceso de simulación en TSIS se resume en ocho (8) pasos **Figura 5-1**, los cuales se desarrollan a continuación:

### 5.1.1. Parámetros Generales del Proyecto Tsis – Configuración de Datos

Al crear un proyecto en TSIS es necesario dar las propiedades del proyecto entre las cuales se incluye: el tipo de corrida que se va a realizar, nombre del proyecto, fecha de creación, tiempo de inicio de la simulación, números de periodos a simular, duración de cada periodo, parametrización de vehículos a incluir en la red (Longitud, factor de descarga de colas, tasa máxima de aceleración normal, tipo de distribución de entrada de vehículos en la red, entre otros).

**Figura 5-2. Definición de Parámetros Generales Tsis-CORSIM.**





Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.2. Cargar Mapa Base como Apoyo para el Dibujo de la Red Vial

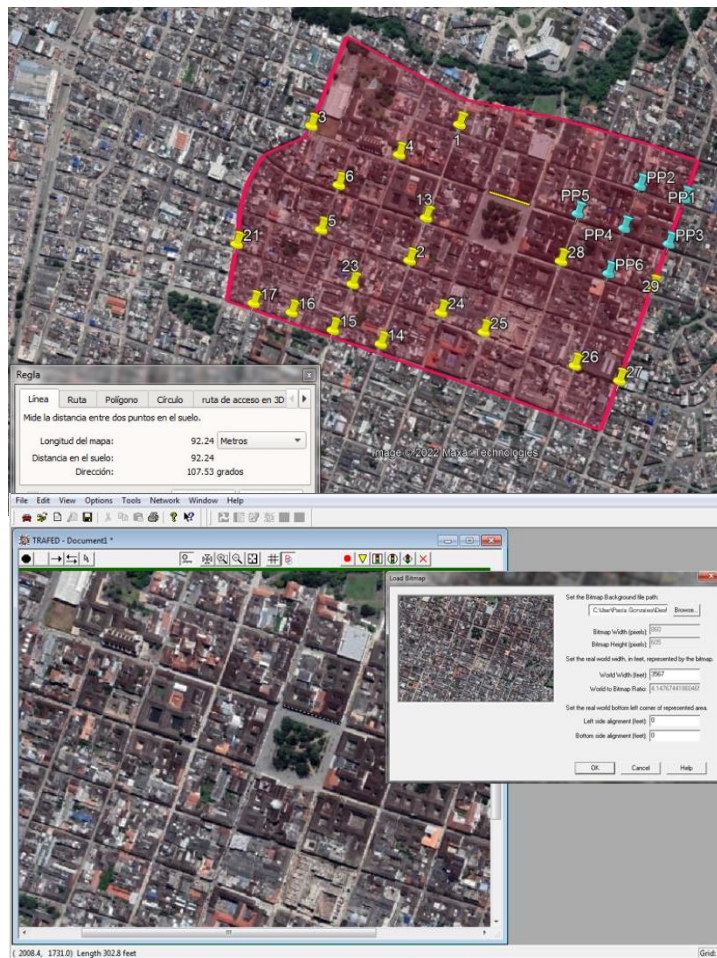
Para el dibujo de la red se cargó una imagen de mapa de bits (.bmp) la cual se escaló de acuerdo a las mediciones realizadas en Google Earth.





Para el presente proyecto se tomó como medida la dimensión de la cuadra ubicada en la calle 4 entre carreras 6 y 7 (Edificio de la Gobernación), obteniendo una longitud de 92.24m como se evidencia en la siguiente imagen. Con este dato se procedió a cargar en el Software TSIS la imagen de la zona a modelar, realizando el escalado de la imagen al mundo real. La medición en TSIS se da en pies.

**Figura 5-3. Mapa Base para Dibujo de la Red Vial. Tsis-CORSIM.**



Fuente: Elaboración Propia







### 5.1.3. Estructuración de la red: Creación de Nodos y Links

Una vez cargada y escalada la imagen de apoyo para creación de la red, se ubican las intersecciones (representadas en la imagen con puntos) y se procede a dibujar las vías (representadas con links) teniendo en cuenta el sentido de circulación, la cantidad de carriles y las canalizaciones que se puedan presentar como restricciones de giro y/o circulación.

Figura 5-4. Estructuración de la Red. Tsis-CORSIM.



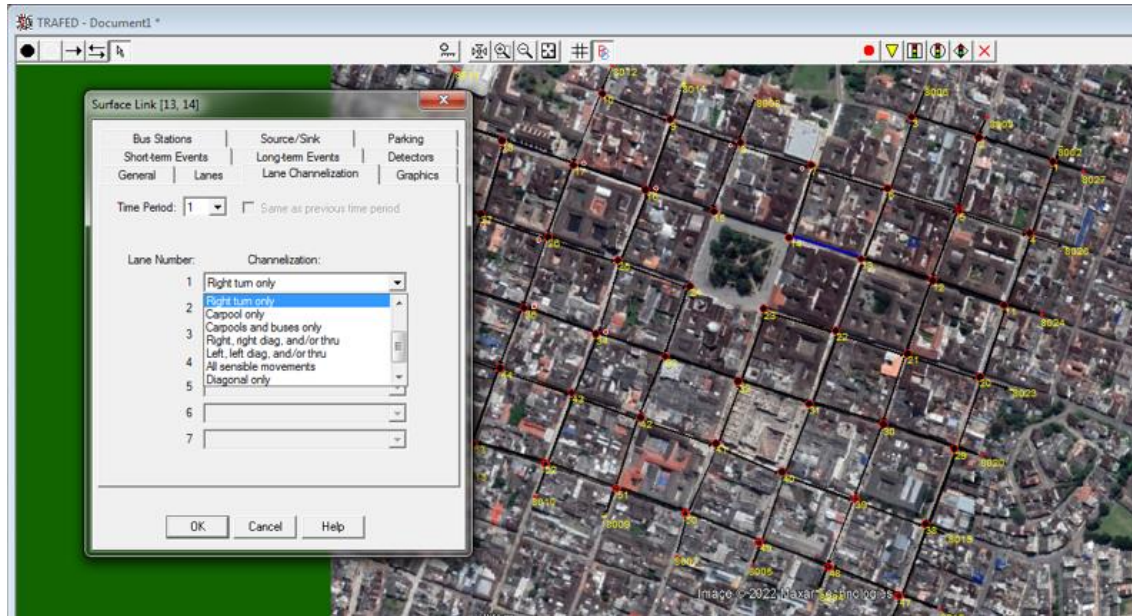
Fuente: Elaboración Propia







**Figura 5-5. Parametrización Líneas de Canalización. Tsis-CORSIM.**

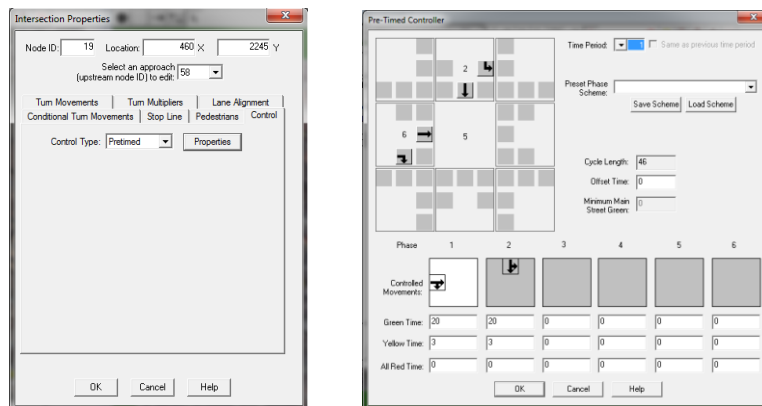


Fuente: Elaboración Propia

#### 5.1.4. Incorporación de Elementos para el Control del Tránsito

Luego de definir la red vial se incorporan los elementos de control de tránsito:

**Figura 5-6. Incorporación de Elementos de Control de Tránsito. Tsis-CORSIM.**

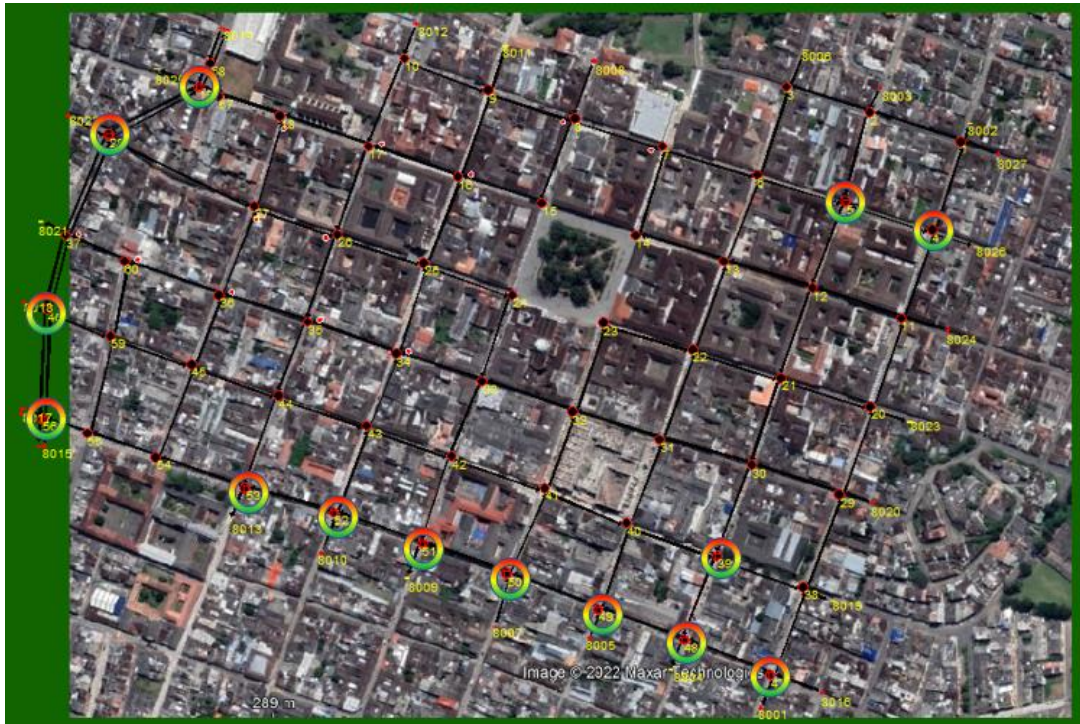


Fuente: Elaboración Propia



Semáforos y PAREs, tal como se encuentran en la realidad. Parametrizando los ciclos y movimientos semafóricos en los casos requeridos. A continuación, se resaltan los lugares donde se incluyó control semafórico.

**Figura 5-7. Control Semafórico de la Red de Estudio. Tsis-CORSIM.**



Fuente: Elaboración Propia

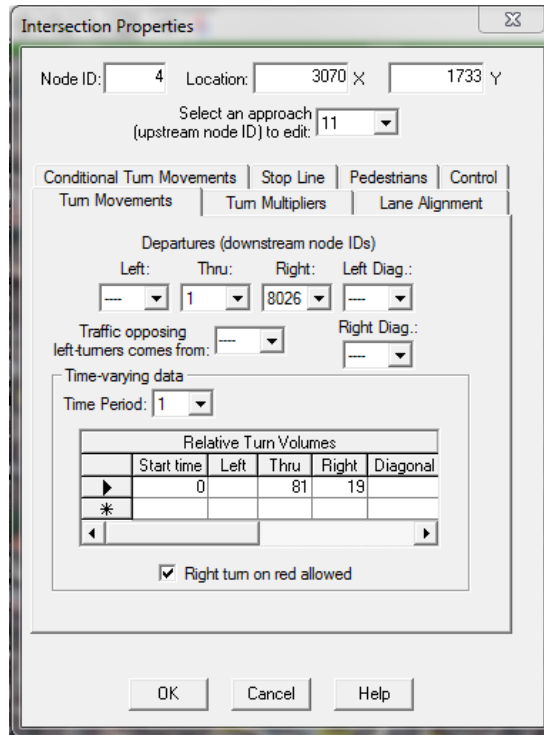
### **5.1.5. Incorporación de Porcentajes de Distribución de Movimientos en cada Intersección**

Con la información del conteo de volúmenes de tránsito por movimiento y tipología, se realizó la conversión a vehículos equivalentes - ADES, para el posterior cálculo del Flujo y porcentaje de distribución para cada movimiento. Este cálculo se incluyó en cada una de las intersecciones.





**Figura 5-8. Control Semafórico de la Red de Estudio. Tsis-CORSIM.**



Fuente: Elaboración Propia

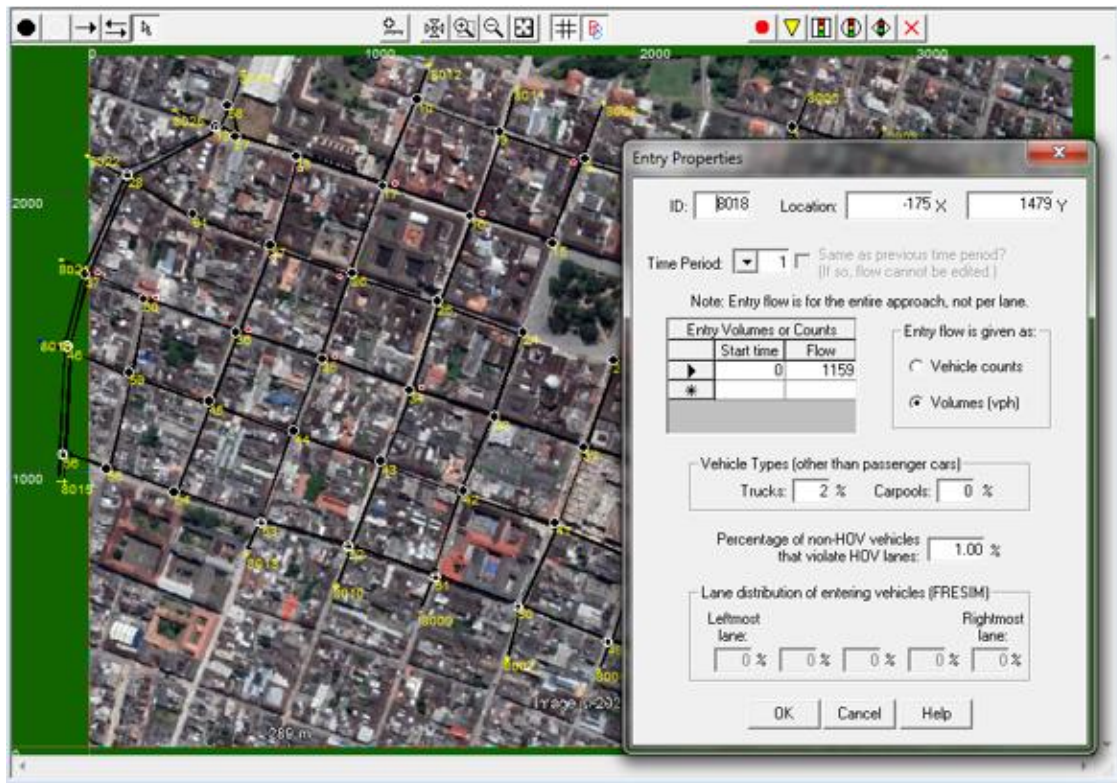
### 5.1.6. Incorporación en la Red de Volúmenes Vehiculares en ADES

Para cada uno de los links de ingreso a la red y con la información del punto anterior se incluyó el flujo y porcentajes de distribución en estos puntos, incluyendo también el porcentaje de camiones que ingresa a la red.





Figura 5-9. Definición de Volúmenes Vehiculares en la Red. Tsis-CORSIM.



Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.7. Corrida del Modelo para Chequear que se Encuentra bien Estructurado

Para verificar que el modelo estructurado corra adecuadamente, se ingresa a CORSIM y se inicia la simulación, el programa arrojará los errores que se deban corregir. Una vez corregido se habilita la interfaz TRAFVU, en donde se definen los resultados a generar:





Figura 5-10. Corrida del Modelo de la Red. Tsis-CORSIM.

```
File Edit View Options Tools Simulation Window Help
C:\User\Paola Gonzales\Desktop\Paola\Tsis\Peatonalización C TRAFVU
FIRMA TRAF-CORSIM SIMULATION MODEL: VERSION 5.1 (BUILD #301) FEBRUARY 2003
FIRMA OFFICE OF OPERATIONS RESEARCH, DEVELOPMENT AND TECHNOLOGY
CURRENT DATE AND TIME : Fri Mar 4 16:09:00 2022
BEGINNING CHECK FOR OBSOLETE INPUT FORMATS
.... DONE CHECKING FORMATS
PROCESSING TIME PERIOD 1 INPUT DATA.....
CHECKING NETSIM SUBNETWORK DATA.....
DONE NETSIM SUBNETWORK DATA ( 0.04 CPU Seconds)
CHECKING FOR SHORT LINKS
.... DONE CHECKING FOR SHORT LINKS
START THE INITIALIZATION PROCESS.....
COMPLETED 60 SECONDS OF INITIALIZATION..... (NETSIM) ( 0.02 CPU Seconds)
COMPLETED 120 SECONDS OF INITIALIZATION..... (NETSIM) ( 0.04 CPU Seconds)
COMPLETED 180 SECONDS OF INITIALIZATION..... (NETSIM) ( 0.04 CPU Seconds)
COMPLETED 240 SECONDS OF INITIALIZATION..... (NETSIM) ( 0.05 CPU Seconds)
COMPLETED 300 SECONDS OF INITIALIZATION..... (NETSIM) ( 0.05 CPU Seconds)
COMPLETED 360 SECONDS OF INITIALIZATION..... (NETSIM) ( 0.06 CPU Seconds)
COMPLETED 420 SECONDS OF INITIALIZATION..... (NETSIM) ( 0.05 CPU Seconds)
NETWORK HAS REACHED EQUILIBRIUM.
COMPLETED 60 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.20 CPU Seconds)
COMPLETED 120 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.22 CPU Seconds)
COMPLETED 180 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.24 CPU Seconds)
COMPLETED 240 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.24 CPU Seconds)
COMPLETED 300 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.23 CPU Seconds)
COMPLETED 360 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.23 CPU Seconds)
COMPLETED 420 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.22 CPU Seconds)
COMPLETED 480 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.24 CPU Seconds)
COMPLETED 540 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.25 CPU Seconds)
COMPLETED 600 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.28 CPU Seconds)
COMPLETED 660 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.30 CPU Seconds)
COMPLETED 720 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.24 CPU Seconds)
COMPLETED 780 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.24 CPU Seconds)
COMPLETED 840 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.26 CPU Seconds)
COMPLETED 900 SECONDS OF SIMULATION..... (NETSIM) ( 0.27 CPU Seconds)
TOTAL CPU TIME FOR THIS RUN = 4.04 CPU SECONDS
```

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.8. Selección de resultados a generar y evaluar

Para el presente proyecto se determina realizar un análisis de tránsito en cuanto a velocidad, demoras y nivel de servicio de la red vial modelada, para ello en el software se trabaja con diferentes rangos de valores dentro de las opciones Speed y Delay time.





Rangos para el análisis de velocidad

Figura 5-11. Rangos para el Análisis de Velocidad.

Add/Remove	Description	Color	Min	Max
1	Range 1	Red	-5	5
2	Range 2	Yellow	5.0	10
3	Range 3	Green	10.0	100
4				

Fuente: Elaboración Propia

Rangos para el análisis de demoras

Figura 5-12. Rangos para el Análisis de Demoras.

Add/Remove	Description	Color	Min	Max
1	Range 1	Green	0	5
2	Range 2	Yellow	5.0	15
3	Range 3	Orange	15	25
4	Range 4	Magenta	25.0	40
5	Range 5	Red	40.0	200
6				

Fuente: Elaboración Propia







Rangos para el análisis de nivel de servicio

Figura 5-13. Rangos para el Análisis del Nivel de Servicio.

MOE Selection Peatonalización Centro.trf #1  
 Measure of Effectiveness: Delay Time: Average - All Vehicles [seconds/vehicle] Time Interval = 60 s

All  Surface  Freeway  Freeway Ramp

All Surface Freeway Ramp

Add/Remove	Description	Color	Min	Max
1	Range 1	Green	-5	2
2	Range 2	Cyan	2.0	15
3	Range 3	Yellow	15.0	25
4	Range 4	Orange	25.0	40
5	Range 5	Blue	40.0	60
6	Range 6	Red	60.0	200
7				

OK Apply Cancel Help

Fuente: Elaboración Propia

En tránsito, para reducir las demoras, colas, congestión y demás variables que afectan la circulación vehicular es necesario poder predecir el comportamiento del tráfico mediante modelos analíticos que permitan vincular esas características. El nivel de funcionamiento de la vía se puede llegar a predecir mediante la información de la demanda (cantidad de vehículos por unidad de tiempo), la oferta (capacidad) y los dispositivos de control (semáforos y PAREs). Por lo tanto, la modelación del comportamiento vehicular ayuda a predecir las características actuales y futuras a través de relaciones entre los parámetros que los caracterizan como los son la velocidad, las demoras y niveles de servicio, entre otras.





---

## 6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Los aforos del año 2020 (información secundaria) y del año 2022 (información primaria) se combinan durante el procesamiento en el software Tsis – CORSIM, luego de cargar los datos generales que alimentan la información que se requiere para modelar la red, se realizan varias evaluaciones según los escenarios establecidos. Entre esos parámetros a revisar se encuentran: Estudio de Velocidades, Estudio de Demoras, Estudio de Nivel de Servicio. Se verifica cada una de ellas para escenario con el comportamiento actual del proyecto, para escenario con cierre parcial y para escenario con cierre total. De la siguiente manera:

### 6.1. Escenario actual 2022

Con la información suministrada y la recopilada procesadas, se hace modelación del escenario actual para poder hacer comparación con cada uno de los escenarios que se quieren plantear.

#### 6.1.1. Estudio de Velocidades

Con el modelo de simulación se puede medir la velocidad a lo largo de un corredor, incluyendo aspectos que influyen en la velocidad, como es el ancho de carril, pendiente, estado de la superficie de rodadura, entre otros. El funcionamiento de las eles “L” a evaluar se realizó para el período de las 16 a las 17 horas, teniendo en cuenta que esta hora presenta un alto volumen vehicular.



*Figura 6-1. Evaluación de Estudio de Velocidades.*



*Fuente: Elaboración Propia*

Actualmente en las eles “L” se presentan velocidades que varían entre 7 y 16 kph (tramos en color amarillo) y buenas velocidades en tramos en los cuales pueden circular a más de 16 kph (tramos en color verde). Se evidencia tramos con velocidades menores a 7 kph (tramos en color rojo) como es el tramo de la calle 3 entre carreras 8 y 9, calle 4 entre carreras 8 y 9, carrera 11 entre calles 5 y 6, y de manera crítica el tramo de la calle 6 entre carreras 5 y 9 el cual presenta una longitud de aproximadamente 400 m.

### **6.1.2. Estudio de Demoras**

El estudios de tiempos de viaje y de demora permiten evaluar la calidad del movimiento de tránsito a lo largo de un tramo y determinar la ubicación, tipo y alcance de las demoras de tránsito.





Para la situación actual se presentan demoras importantes en el corredor de la calle 6 entre carreras 4 y 8 mayores a 40 segundos/vehículo que van acorde con las bajas velocidades que se presentan en la zona debido a la congestión. Así mismo y debido a los dispositivos de control semafórico de la calle 8 se evidencia demoras que van desde los 5 y hasta los 15 segundos/vehículo, al igual que en la intersección semaforizada de la carrera 3 con calle 3.

En la siguiente figura se presentan las demoras promedio de la red modelada:

*Figura 6-2. Evaluación de Estudio de Demoras.*



Fuente: Elaboración Propia

### 6.1.3. Estudio del Nivel de Servicio

El nivel de servicio describe las condiciones de operación que experimenta el conductor durante su recorrido por la vía. Éste puede ser afectado por factores internos como variaciones en la velocidad, volumen, composición del tránsito y







porcentajes de movimientos, entre otros; y factores externos como las características físicas de la vía: ancho de carriles, pendientes, bermas, entre otras.

El nivel de servicio se ha dividido en seis niveles que van de la A a la F los cuales se describen a continuación:

- **Nivel de Servicio A:** Describe unas condiciones de completa libertad. La circulación de los vehículos queda virtualmente libre de los efectos de la presencia de otros vehículos, y las operaciones únicamente quedan restringidas por la geometría de la carretera y por las preferencias del conductor. La maniobrabilidad dentro de la corriente circulatoria es buena. En este nivel se absorberán con facilidad las pequeñas alteraciones del flujo sin ningún cambio en la velocidad de recorrido.
- **Nivel de servicio B:** Es también indicativo de flujo libre, aunque empieza a ser perceptible la presencia de otros vehículos. Las velocidades medias de recorrido son las mismas que en el nivel de servicio A, pero los conductores tienen una libertad de maniobra ligeramente inferior. En este nivel las alteraciones pequeñas todavía se absorben fácilmente, aunque se hacen más patentes ciertos deterioros locales.
- **Nivel de servicio C:** se encuentra en la zona de flujo estable. Representa un rango en el cual queda marcada la influencia de la densidad del tráfico sobre las operaciones. Ahora la presencia de otros vehículos claramente afecta la maniobrabilidad de la corriente circulatoria. Es de esperar que las pequeñas alteraciones en el flujo provoquen serios deterioros localizados del servicio y que se formen colas detrás de cualquier alteración del tráfico. Se obtiene una velocidad de operación satisfactoria.





- **Nivel de servicio D:** Representa un rango en el cual la capacidad de maniobra se ve seriamente restringida debido a la congestión de la circulación. Al incrementarse los volúmenes la velocidad de recorrido comienza a reducirse. A este nivel, los conductores tienen limitada libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.
- **Nivel de servicio E:** representa la operación vehicular a velocidades aún más bajas que las correspondientes al nivel D, con volúmenes de tránsito propios a la capacidad de la vía. El flujo vehicular es inestable, los vehículos circulan con el mínimo espaciamiento para el que se puede mantener en flujo uniforme. Al aproximarse al límite inferior del nivel de servicio no pueden absorberse o disiparse rápidamente la mayoría de las alteraciones, y éstas ocasionan la formación de colas y la caída del nivel de servicio F.
- **Nivel de servicio F:** Representa un flujo forzado o en colapso. Las velocidades son bajas y los volúmenes inferiores a los de la capacidad de la vía. Aunque la operación en estos puntos (y en los tramos inmediatamente corriente abajo) parece estar a capacidad, se formarán colas detrás de estos puntos. La circulación en las colas es altamente inestable, presentándose breves periodos de movimiento seguidos por paradas.

Tal como se observa en la **Figura 6-3**, la mayoría de la red del estado actual se encuentra en Nivel de Servicio B, en donde las condiciones de maniobra de los conductores son menores. Las alteraciones aún se pueden absorber fácilmente.







Figura 6-3. Evaluación del Nivel de Servicio.



Fuente: Elaboración Propia

## 6.2. Escenario con Proyecto Cierre Parcial

Con la información suministrada y la recopilada procesadas, se hace modelación del escenario actual para poder hacer comparación con cada uno de los escenarios que se quieren plantear.

### 6.2.1. Estudio de velocidades

Este escenario considera el cierre de un carril de circulación en las cuatro eses “L” del proyecto, con el cierre se evidencia una reducción de la velocidad en la eses del costado occidental, siendo la más crítica la del extremo superior con velocidades menores a 7 kph. Si bien la es del extremo inferior pasa a estar con velocidades promedio entre 7 y 16 kph, se evidencia que las vías de su entorno





presentan velocidades inferiores a los 7 kph. Para la carrera 9 entre calle 3 y 5 también se ve una caída de velocidades que varía entre 7 y 16 kph.

*Figura 6-4. Evaluación de Estudio de Velocidades.*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **6.2.2. Estudio de Demoras**

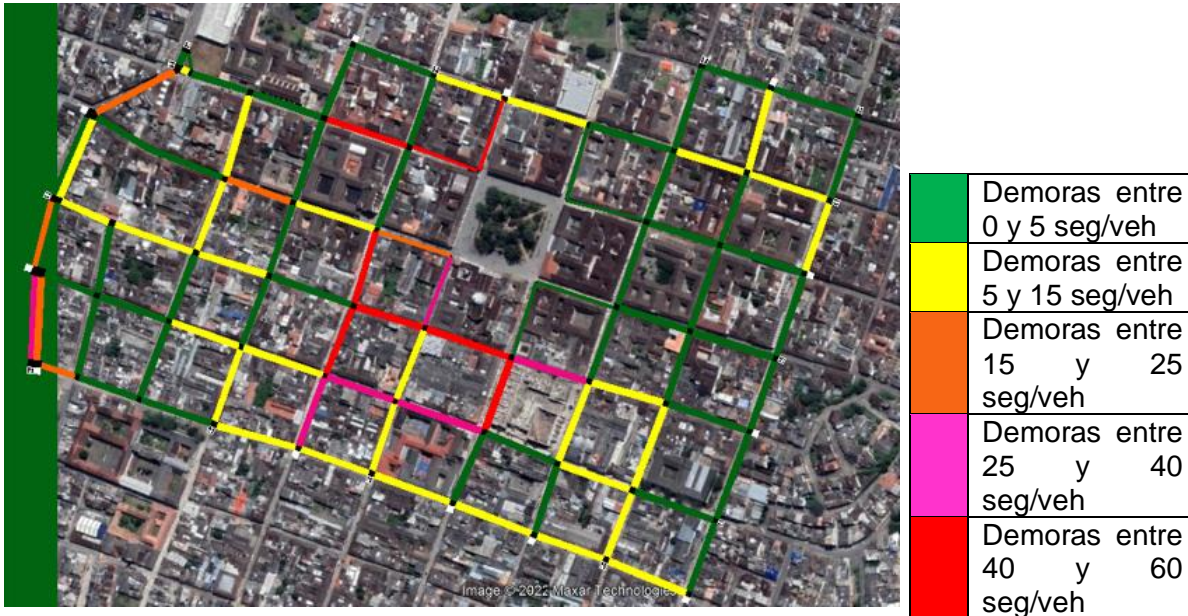
Con el cierre parcial de las eles “L” evaluadas, se evidencia un incremento en las demoras asociadas a la eles del costado occidental, así como en el entorno de la ele del costado sur occidental







**Figura 6-5. Evaluación de Estudio de Demoras.**



Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.3. Estudio del Nivel de Servicio

Con el cierre parcial a un carril en las eles “L” del proyecto, se evidencia una disminución en el nivel de servicio de la ele del costado noroccidental, la cual estaría presentando niveles de servicio E y F, lo que significa que se encontraría en operación de circulación forzada.

Para la ele del costado sur occidental se observa también una reducción del nivel de servicio que varía entre nivel C y nivel D, que considera una operación limitada en maniobrabilidad debido al alto volumen vehicular. Se siguen presentando velocidades satisfactorias.



Para la carrera 8 entre calle 5 y 7 se observa un deterioro en el nivel de servicio, el cual pasa de B a un nivel de servicio E.

*Figura 6-6. Evaluación de Estudio del Nivel de Servicio.*



Fuente: Elaboración Propia

### 6.3. Escenario con Proyecto Cierre Total

Otro de los escenarios que se plantea corresponde al cierre total de las eles “L” de modo que se pueda evaluar el comportamiento de la red bajo ese esquema.

#### 6.3.1. Estudio de velocidades

Este escenario considera el cierre total de circulación vehicular en las cuatro eles “L” del proyecto, con el cierre se evidencia una reducción de la velocidad en el costado sur y oriental del parque Caldas debido a desvíos que se tendrían que realizar para acceder a lugares donde antes llegaban a través de las eles “L”.





Figura 6-7. Evaluación de Estudio de Velocidades.



Fuente: Elaboración Propia

### 6.3.2. Estudio de Demoras

Se evidencia un aumento de demoras en la carrera 9 entre calle 3 y 5 que van entre los 15 y 25 seg/veh. Así mismo para la parte sur las demoras se incrementaron a valores entre 5 y 15 seg/veh para los tramos representados en amarillos, mientras que para la zona oriental se presentan problemas de demoras con tiempos entre 40 y 60 seg/veh cuyos tramos que se representan en color rojo.





*Figura 6-8. Evaluación de Estudio de Demoras.*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **6.3.3. Estudio del Nivel de Servicio**

Con el cierre total de la circulación vehicular en las eles “L” del proyecto, se evidencia una reducción en el nivel de servicio en el costado sur y oriental del parque Caldas debido a desvíos que se tendrían que realizar para acceder a lugares donde antes llegaban a través de las eles.

Estos nuevos niveles se evidencian en la siguiente imagen, en donde lo más crítico se representa en rojo con características de circulación vehicular forzada.





Figura 6-9. Evaluación de Estudio del Nivel de Servicio.



Fuente: Elaboración Propia

Al comparar los datos obtenidos se observa que de las tres alternativas en la que más efecto adverso sobre el vehículo que recorre la malla vial, se tiene el cierre total.

#### 6.4. Evaluación Matriz Saaty

La matriz de Saaty es un método cuantitativo que permite tomar decisiones multicriterio en donde se generan escalas de prioridades basándose en juicios mediante comparaciones pares a una escala de preferencia establecida.

Para el caso de esta investigación se hizo necesario aplicar este método debido a que se contaba con varios resultados encontrados a medida que se iba desarrollando la metodología. La consistencia lógica de la Matriz de Saaty mide la inconsistencia global de los juicios, por medio de la transitividad proporcionalidad de las preferencias





Para ello, se escogieron cinco criterios para evaluación los cuales están relacionados con el peatón y la operación vehicular de modo que se pudieran hacer dichas comparaciones. Se escogieron y establecieron de la siguiente manera:

**Funcionamiento de establecimientos.** Tomando en cuenta horario de atención, de cargue/descargue que hacen parte de la operación de cada uno de los locales comerciales.

**Prestación de servicios públicos.** Enfocado en la recolección de basuras debido a considerar esa actividad dentro de las consideraras en cada uno de los negocios.

**Funcionamiento de ventas ambulantes.** Debido a la incidencia que tiene su presencia en los corredores de cada una de las “eles” (L) de estudio y la limitante de ingreso a los establecimientos.

**Velocidades y Demora vehiculares.** Relacionada con el impacto directo sobre los vehículos que circulan por la malla vial.

**Personas favorecidas con la medida.** se tuvo en cuenta el flujo peatonal y las personas que trabajaban en cada uno de los establecimientos localizados en la zona de estudio.

**Tabla 6.1. Factores de Decisión de la Matriz Saaty**

IMPACTO PEATONAL	1	Funcionamiento de Establecimientos (Horarios de Atención, Cargue y Descargue)
	2	Prestación de Servicio (Recolección de Basuras)
	3	Presencia de Ventas Ambulantes
	4	Población Favorecida con la Medida
EFFECTO SOBRE MALLA VEHICULAR	5	Movilidad Vehicular (Velocidad, Demoras)

Fuente: Elaboración Propia





Para poder calcular la matriz, se debe hacer un proceso teniendo en cuenta la escala de valor de Saaty como herramienta para lograr la comparación por pares de los factores, tal como se observa en la **Tabla 6.2.**

**Tabla 6.2. Escala de Comparación de Saaty**

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente preferida	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio.
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al

*Los valores 2, 4, 6 y 8 se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los factores. Estos son valores intermedios de preferencia.*

*Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira<sup>27</sup>*

Se debe diligenciar la diagonal superior según la calificación de importancia de acuerdo con la escala establecida en la **Tabla 6.2.** Una vez calificada se requiere considerar la consistencia lógica de la calificación realizada. Para ello se debe calcular la proporción de consistencia (RC) que deberá ser menor a 0.1, para que tenga validez. En caso de no cumplirse esta condición se debe replantear la calificación dada. **Ver Tabla 6.3.**

<sup>27</sup> Scientia et Technica Año XIV, No 39, Septiembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701 247





**Tabla 6.3. Fórmula para Cálculo del Índice de Consistencia**

$$Ci = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

$$Rci = \frac{1.98 * (n-2)}{n}$$

$$CR = \frac{Ci}{Rci}$$

Fuente: Elaboración Propia

Se genera la matriz de Saaty que contenga la calificación según la escala establecida para los cinco criterios y factores escogidos, de manera que se logre establecer el porcentaje de prelación entre ellos de la siguiente manera:

**Tabla 6.4. Matriz Saaty Comparación de Todos los Criterios de Evaluación**

	Funcionamiento de establecimientos (Horarios de atención, Cargue y Descargue)	Prestación de servicios públicos (Recolección de basuras)	Funcionamiento de ventas ambulantes	Población favorecida con la medida	Movilidad vehicular (velocidad, demoras)
Funcionamiento de establecimientos (Horarios de atención, Cargue y Descargue)	1.00	4.00	7.00	1.00	6.00
Prestación de servicios públicos (Recolección de basuras)	1/4	1.00	1.00	1/5	3.00
Funcionamiento de ventas ambulantes	1/7	1.00	1.00	1/7	1/3
Población favorecida con la medida	1.00	5.00	7.00	1.00	9.00
Movilidad vehicular (velocidad, demoras)	1/6	1/3	3.00	1/9	1.00
	<b>2.56</b>	<b>11.33</b>	<b>19.00</b>	<b>2.45</b>	<b>19.33</b>

Fuente: Elaboración Propia





Luego se continúa con el cálculo de la matriz normalizada con todos los criterios de manera que se obtenga el porcentaje de prelación entre los factores, así:

**Tabla 6.5. Matriz Normalizada - Vector Prioridad - Todos los Criterios de Evaluación**

	Funcionamiento de establecimientos (Horarios de atención, Cargue y Descargue)	Prestación de servicios públicos (Recolección de basuras)	Funcionamiento de ventas ambulantes	Población favorecida con la medida	Movilidad vehicular (velocidad, demoras)	
Funcionamiento de establecimientos (Horarios de atención, Cargue y Descargue)	39%	35%	37%	41%	31%	37%
Prestación de servicios públicos (Recolección de basuras)	10%	9%	5%	8%	16%	10%
Funcionamiento de ventas ambulantes	6%	9%	5%	6%	2%	5%
Población favorecida con la medida	39%	44%	37%	41%	47%	41%
Movilidad vehicular (velocidad, demoras)	7%	3%	16%	5%	5%	7%

RC=	0.093	<	0.1
-----	-------	---	-----

Fuente: Elaboración Propia





Tal como se observa en los resultados obtenidos del vector en la matriz normalizada **Tabla 6.5.**, el factor que mayor prioridad tiene sobre los otros cuatro es el relacionado con la **Población Favorecida con la Medida** obteniendo el 41%. Eso implica que tal como lo establece el estudio con el actor vial de estudio, el peatón es el más favorecido al establecer la medida de peatonalización. Tal como se observa en la **Tabla 6.6.** con el vector de priorización de criterios.

**Tabla 6.6. Priorización de Criterios por Saaty**

	Priorización de criterios
Funcionamiento de establecimientos (Horarios de atención, Cargue y Descargue)	37%
Prestación de servicios públicos (Recolección de basuras)	10%
Funcionamiento de ventas ambulantes	5%
Población favorecida con la medida	41%
Movilidad vehicular (velocidad, demoras)	7%

Fuente: Elaboración Propia

Para poder obtener a una matriz de Saaty representativa de todas las variables, se optó por evaluar cada uno de los criterios con las tres alternativas, es decir, por ejemplo, el criterio **Funcionamiento de Establecimientos**, se hace la revisión para las tres alternativas de estudio (**Ver Tabla 6.7**): Seguir con la **Situación actual, Peatonalización parcial y Peatonalización total** y así sucesivamente obtener un vector de prioridad propio (**Ver Tabla 6.8.**) para las cuatro restantes, ese vector prioridad se obtiene como el promedio de cada una de las filas, con el cálculo de cada uno de ellos se hace una matriz final que permita definir la mejor de las alternativas planteadas.







**Tabla 6.7. Criterios de Evaluación Factor Funcionamiento de Establecimientos  
 (Horarios de Atención, Cargue/Descargue)**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total
Alternativa 1 Seguir con situación actual	1.00	1/5	1/7
Alternativa 2 Peatonalización parcial	5.00	1.00	1/3
Alternativa 3 Peatonalización Total	7.00	3.00	1.00
	<b>13.00</b>	<b>4.20</b>	<b>1.48</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6.8. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Funcionamiento Establecimientos**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total	Vector de Prioridad	
Alternativa 1 Seguir con situación actual	8%	5%	10%	7%	7%
Alternativa 2 Peatonalización parcial	38%	24%	23%	28%	28%
Alternativa 3 Peatonalización Total	54%	71%	68%	64%	64%
RC=					0.083 < 0.1

Fuente: Elaboración Propia





**Tabla 6.9. Criterios de Evaluación Factor Prestación de Servicios Públicos  
 (Recolección de Basuras)**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total
Alternativa 1 Seguir con situación actual	1.00	1.00	5.00
Alternativa 2 Peatonalización parcial	1.00	1.00	9.00
Alternativa 3 Peatonalización Total	1/5	1/9	1.00
	<b>2.20</b>	<b>2.11</b>	<b>15.00</b>

Fuente:

Elaboración Propia

**Tabla 6.10. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Prestación Servicios**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total	
Alternativa 1 Seguir con situación actual	45%	47%	33%	42%
Alternativa 2 Peatonalización parcial	45%	47%	60%	51%
Alternativa 3 Peatonalización Total	9%	5%	7%	7%
RC=				0.044 < 0.1

Fuente: Elaboración Propia





**Tabla 6.11. Criterios de Evaluación Factor Funcionamiento de Ventas Ambulantes**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total
Alternativa 1 Seguir con situación actual	1.00	1/5	2.00
Alternativa 2 Peatonalización parcial	5.00	1.00	5.00
Alternativa 3 Peatonalización Total	1/2	1/5	1.00
	<b>6.50</b>	<b>1.40</b>	<b>8.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6.12. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Funcionamiento de Ventas Ambulantes**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total	
Alternativa 1 Seguir con situación actual	15%	14%	25%	18%
Alternativa 2 Peatonalización parcial	77%	71%	63%	70%
Alternativa 3 Peatonalización Total	8%	14%	13%	11%
RC=				0.076 < 0.1





Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6.13. Criterios de Evaluación Factor Población Favorecida con la Medida**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total
Alternativa 1 Seguir con situación actual	1.00	1/7	1/3
Alternativa 2 Peatonalización parcial	7.00	1.00	1.00
Alternativa 3 Peatonalización Total	3.00	1.00	1.00
	<b>11.00</b>	<b>2.14</b>	<b>2.33</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6.14. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Población Favorecida con la Medida**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total	
Alternativa 1 Seguir con situación actual	9%	7%	14%	10%
Alternativa 2 Peatonalización parcial	64%	47%	43%	51%
Alternativa 3 Peatonalización Total	27%	47%	43%	39%
RC=	0.090 <		0.1	

Fuente: Elaboración Propia





**Tabla 6.15. Criterios de Evaluación Factor Movilidad Vehicular (Velocidad, Demoras)**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total
Alternativa 1 Seguir con situación actual	1.00	3.00	7.00
Alternativa 2 Peatonalización parcial	0.33	1.00	5.00
Alternativa 3 Peatonalización Total	1/7	1/5	1.00
	<b>1.48</b>	<b>4.20</b>	<b>13.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6.16. Matriz Normalizada – Vector Prioridad – Factor Movilidad Vehicular (Velocidad, Demoras)**

	Alternativa 1 Seguir con situación actual	Alternativa 2 Peatonalización parcial	Alternativa 3 Peatonalización Total	
Alternativa 1 Seguir con situación actual	68%	71%	54%	64%
Alternativa 2 Peatonalización parcial	23%	24%	38%	28%
Alternativa 3 Peatonalización Total	10%	5%	8%	7%

RC= 0.083 < 0.1

Fuente: Elaboración Propia





Se multiplica el vector prioridad de la matriz de Saaty que se obtuvo al comparar todos los factores entre sí y la matriz construida con los vectores prioridad evaluados de cada uno de los criterios con las alternativas escogidas de modo que se pueda llegar establecer cuál de ellas es la que mejor representa la combinación de ellos. **Tabla 6.17.**

**Tabla 6.17. Matriz con Vectores de Prioridad**

	Funcionamiento de establecimientos (Horarios de atención, Cargue y Descargue)	Prestación de servicios públicos (Recolección de basuras)	Funcionamiento de ventas ambulantes	Población favorecida con la medida	Movilidad vehicular (velocidad, demoras)	Priorización de Alternativas
Alternativa 1 Seguir con situación actual	7%	42%	18%	10%	64%	16%
Alternativa 2 Peatonalización parcial	28%	51%	70%	51%	28%	42%
Alternativa 3 Peatonalización Total	64%	7%	11%	39%	7%	41%

Fuente: *Elaboración Propia*

Tal como se observa en los resultados, luego de la combinación de factores, la alternativa que tiene el mayor valor de priorización es la **Alternativa 2 Peatonalización Parcial del Sector Monumental** con el 42% sobre las otras dos escogidas para comparación. Es importante tener en cuenta que las calificaciones dadas a cada uno de los factores parten de la percepción personal de quien evalúa la matriz, por eso es indispensable que ellas se tomen en consenso con un grupo interdisciplinario para que no se vea favorecido un criterio sobre el otro, sino que sea balanceado el análisis que se realice. Finalmente, quien toma la decisión de implementar la medida es la administración municipal y su equipo de trabajo.







---

## 7. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.

Al finalizar el trabajo de campo, procesar la información, se pueden manifestar las siguientes conclusiones del comportamiento a partir de los hallazgos obtenidos.

### 7.1. Profundización Literatura Existente

#### Plan Especial de Manejo y Protección del Sector Histórico

- La rigurosidad que ejerce el PEMP en todas las posibles obras a ejecutar en el sector histórico, convierte en un reto poder plantear soluciones que no vayan en contravía de dichas disposiciones legales, de modo que se garantice la protección del patrimonio existente en la ciudad y a su vez considere un entorno amigable a los peatones relacionados con la infraestructura vial y espacio público dispuesto para ellos.
- Al analizar la gráfica que expresa la disposición del uso del suelo en el primer piso del sector monumental en el centro histórico de Popayán, se identifica que, a excepción de industria, en este sector de la ciudad convergen todos los usos del suelo (vivienda, equipamientos, parques, servicios y comercio), predominando el uso comercial e institucional.
- Referenciando el Parque Caldas como punto central en la zona sur del área en estudio, predomina el uso comercial, actividad que se encuentra potenciada por la existencia de los diferentes pasajes comerciales, el uso institucional se observa claramente predominante hacia el resto de las zonas.





---

## **Plan Maestro de Movilidad de Popayán**

- De los diferentes modos de viaje utilizados por personas mayores a 5 años, el que se realiza a pie se constituye en el más representativo con un total de 279.910 viajes, que corresponden al 40% de la partición modal total.
- El Centro Histórico debido a la alta presencia de peatones y flujos vehiculares en calles angostas, se encontró que los conflictos vehículo - peatón se dan principalmente por los andes angostos y por la invasión del espacio público que obliga a los peatones a usar la vía.
- Plantea la creación de un Sistema de Integración de Información de Movilidad (SIIM), que busque integrar dinámicas de operación real, procesos de planeación, gestión y evaluación que eviten la dispersión y duplicidad en la información obligando a la coordinación y comunicación entre dependencias de la administración municipal involucradas con la movilidad y su desarrollo.

### **7.2. Zona de Influencia del Estudio**

- Tanto en el Plan Especial de Manejo y Protección (PEMP) como en el Plan Maestro de Movilidad (PMM) de la ciudad de Popayán, se menciona la delimitación planteada del Centro Histórico de Popayán, por lo que, se determinó que el área de estudio que se tomaría para la investigación y en donde se iba a concentrar el análisis de la información sería aquella que se denomina el Centro Monumental, debido a que es la zona con mayor concentración peatonal.





- En esta zona se desarrolla una dinámica en la cual se debe considerar que la ciudad funciona en torno al centro, es decir, ese funcionamiento mono centrista expone al centro histórico de la ciudad como el principal destino desde cualquier punto u origen urbano. El resultado es una mezcla no muy apropiada de usos del suelo en el centro histórico y consecuentemente ha generado una demanda de accesibilidad tanto de motocicletas, bicicletas, vehículo particular, taxis, transporte público colectivo, para esta área central.
- Así mismo el sector monumental agrupa la mayor cantidad de comercio, flujos peatonales y vehiculares especialmente sobre las denominadas “eles” (L). Otros referentes son: La Universidad del Cauca, El Colegio Mayor, La Asamblea Departamental, Las Iglesia de Santo Domingo y Encarnación, otras instituciones universitarias, museos, entidades oficiales y varias sedes principales de las entidades bancarias que operan en la ciudad.
- Al determinar las líneas de deseo con base en los datos procesados de la matriz de origen y destino de la ciudad de Popayán se obtienen las ZAT que corresponden a la concentración de las intenciones de viaje de los habitantes, esa información resultante respalda la zona escogida de estudio, debido a que responde a la mayor concentración peatonal, lo cual coincide con la cantidad de locales comerciales ubicados en el sector.





### 7.3. Actor Vial de Estudio

- Dado que el peatón es el usuario más versátil y recursivo, también se debe reconocer que comparado directamente con el resto de los usuarios de la infraestructura vial su desplazamiento es la condición más expuesta de todas, debido al alto grado de fragilidad que podría tener al momento de una colisión.
- Todo individuo independiente de la actividad que esté realizando, siempre hará trayectos caminando, como el salir de casa, llegar al lugar de trabajo, hacer cambio de modos de transporte
- Los peatones son aquellos individuos que transitan a pie por diferentes espacios y este desplazamiento está constituido a su vez por quienes empujan o arrastran un coche o quienes tienen movilidad reducida utilizando silla de ruedas o alguna discapacidad o quienes se desplazan en patines o patinetas
- Las calles del centro de la ciudad de Popayán son muy transitadas por vehículos particulares, vehículos de servicio individual (taxis), motocicletas, bicicletas, entre otros y en su gran mayoría peatones. Dado que se requiere incrementar la seguridad vial, se hace necesario establecer al peatón como principal actor vial, por lo que la proyección de peatonalizar el Centro Monumental de la ciudad (de manera parcial o total) se podría considerar como una acción que conseguiría aumentar la confianza de los transeúntes a través de las calles que atraviesan.





## 7.4. Conteos Peatonales 2015

### Evaluación Cuantitativa

- Al procesar los aforos peatonales se puede observar que la calificación de Capacidad y Niveles de Servicio en su mayoría resulta como A y B.
- Al realizar los cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio en los dos aforos contemplados, aforos del año 2015 y los expandidos para el año 2023, se mantienen las calificaciones iniciales salvo algunos puntos que pasan de valor A a B.
- Al no encontrar variación considerable entre las calificaciones, se entiende que la capacidad actual de los andenes en cuanto a la calificación cuantitativa es suficiente, por lo tanto, a partir de este procedimiento de evaluación no es necesario hacer cambio en la infraestructura ofrecida para el tránsito de peatones en la zona de estudio.

### Evaluación Cualitativa

- Las calificaciones obtenidas aplicando el método de observación, son más bajas que las calculadas de forma cuantitativa, debido a que se encontró que en la mayoría de los andenes los peatones tienen que hacer uso de la vía ya que el espacio dispuesto para el tránsito peatonal normal se encuentra ocupado por vendedores ambulantes, en algunos sitios cercanos a entidades bancarias o cajeros automáticos se forman filas de espera para ingreso, lo que hace que se pierda espacio en el cual las personas puedan circular sin ningún tipo de obstáculo.



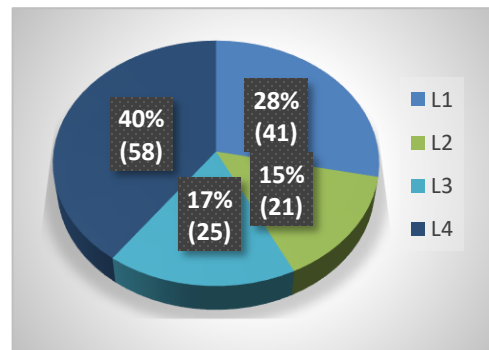


### 7.5. Censo de Establecimientos Públicos y Privados

Se encuestó el 100% de los locales comerciales ubicados en cada una de las “eles”, no se tuvieron en cuenta las entidades oficiales o bancarias, debido a que, al efectuar las entrevistas en algunos de esos lugares, manifestaron que si se llegara a convertir la zona peatonal de manera ya fuera de manera parcial o total, no generaría un traslado de sus oficinas ni cambio en la prestación del servicio durante el desarrollo de sus actividades comerciales con sus clientes.

Figura 7-1. Cantidad de Encuestas y Porcentaje que Representan en cada una de la “eles” (L).

ele (L)	Cantidad de Encuestas	% que representa
L1	41	28
L2	21	15
L3	25	17
L4	58	40



Fuente: Elaboración Propia

### 7.6. Encuesta de Opinión

Las encuestas de opinión se utilizan para obtener comentarios personales y puntos de vista según se requiera. Normalmente se dirigen a un grupo de personas en particular dando como resultado un sondeo de opinión, ya que con una sola pregunta y múltiples respuestas se puede llegar a orientar hacia la dirección correcta.





Figura 7-2. Cantidad de Encuestas en cada una de la “eles” (L).

Ele	Cantidad de Encuestas
L1	45
L2	21
L3	25
L4	58



Fuente: Elaboración Propia

- Esta información recolectada sirve para conocer la perspectiva respecto a la implementación que quisiera adoptarse con la medida, de todos los encuestados 69 son empleados que corresponden al 48% del total y el 35% es de 51 personas cuyo rol dentro de los locales es ser administradores.
- Según el tipo de establecimientos encuestados se obtuvo que la mayoría de los locales son comerciales y están a favor de la implementación de la medida, siendo los resultados obtenidos representativos en cuanto a la perspectiva de una peatonalización parcial o total de las calles en las cuales están ubicados.





- Se logró establecer que la mayoría de los establecimientos mantendrían el mismo horario de atención, por lo que los usuarios no se verían afectados en el desarrollo cotidiano de sus actividades, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos al procesar sus respuestas la tendencia se inclina a una peatonalización parcial durante la jornada de la tarde desde las 13 hasta las 22 horas, horario en donde la mayoría coincide en que no les molestaría se adoptara la medida en caso de presentarse.
- En cuanto al cargue y descargue de mercancía, algo que llama la atención es que esa actividad no se desarrolla todos los días, sino en cualquier momento, algunos manifiestan que la ejecutan una vez al mes, otros cada dos meses y algunos mencionan que lo hacen cada trimestre. Otros informan que la regularidad en que lo hacen depende en la necesidad de abastecerse y eso está ligado directamente a reponer un producto que se haya terminado o que esté próximo a acabarse. Adicionalmente los horarios en que desarrollan no son homogéneos por lo que se podría establecer momentos precisos para realizarla y de esa manera organizarla.
- En relación con la disposición de basuras generalmente los comerciantes comentaron que la ejecutan al momento de cerrar los negocios, dejando en la puerta de sus locales o trasladándola a la calle 3 o calle 6 (la más cercana al establecimiento), vías por donde circula el carro a cargo del transporte de basura. Sin embargo, algunos aseguraron que la dejan en los basureros que están colocados en el parque caldas, dado que la cantidad que sacan según su apreciación, es bastante pequeña.





- Sería necesario establecer horarios y rutas de recolección de basuras en las cuales se defina el sitio final de disposición de residuos, además que al definir el tipo de residuos que salen de cada uno de los establecimientos lograr generar una línea de reciclaje en busca de contribuir en el impacto ambiental que se presente por el desarrollo de sus actividades comerciales.
- En relación con los espacios de parqueo disponibles en la zona, se debe considerar la necesidad de mantener el ingreso de los carros oficiales a las edificaciones de la Gobernación del Cauca, la Alcaldía de Popayán y la Curia.

**Tabla 7-1. Cantidad de Encuestas en cada una de la “eles” (L).**

ele	Parqueaderos Oficiales Disponibles	carros	motos
L1	Parqueadero Oficial	2	12
L2	Parqueadero Oficial	35	20
L3	Parqueadero Oficial	8	5
L4	Parqueadero Oficial	1	
<b>Total de Parqueaderos L1+L2+L3+L4</b>		<b>46</b>	<b>37</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En el caso de las dos primeras, eventualmente la ciudad es visitada por funcionarios oficiales de alto nivel, lo que requiere otro tipo de logística para preservar la integridad de ese tipo de personas. En ese orden de ideas, dicha situación implica que la peatonalización que se podría plantear sea de manera parcial y no total.

- De igual manera, el paso de los vehículos de valores debería estar garantizado, de modo que no se incrementen los riesgos de hurto por el traslado de dinero, lo cual implicaría que se reprogramen los rangos de horarios de recolección de dinero, los cuales están a cargo del jefe de rutas y el gerente de la sucursal de la transportadora de valores.





- Aunque la entrevista a personal que trabaja en las entidades bancarias dio como resultado que ya están familiarizadas con la medida por las jornadas esporádicas que han tenido, informan que NO tendrían mucho impacto en el desarrollo de sus actividades, es importante que puedan hacer entrega del dinero de manera segura, la mejor opción sería estableciendo horarios de peatonalización parcial o si en caso de que fuera total permitir el paso de los vehículos a cargos del transporte de valores.
- Los parqueaderos privados también requieren ser considerados para poder garantizar el ingreso de los vehículos, se podría llegar a solucionar una reubicación de los parqueaderos públicos, sin embargo, serían costos que la administración municipal debería asumir en caso de que se llegara a establecer la medida de cierre total.
- De manera global con el procesamiento se puede concluir, que los únicos negocios a los que les interesaría ocupar parte de la calle, son algunas cafeterías y sitios de ventas de artesanías (3 encuestas en total). Por lo tanto, dicha variable no se hace significativa comparada con los 142 establecimientos restantes que aseguraron no tener interés de hacerlo.
- El abastecimiento nocturno NO es una buena opción para programar debido a que el surtir de productos los locales son esporádicos es decir no se hace en días ni horarios homogéneos, entonces no sería una actividad que traumatice el desarrollo de la actividad comercial en dichos establecimientos.
- Aunque los resultados obtenidos relacionados con la percepción de peatonalizar de manera total es el más relevante, aquellos quienes se





inclinaron por el NO también constituyen una parte considerable dentro del valor global, por lo tanto, no se puede considerar que la medida de cierre total sea la mejor opción al momento de querer implementarse.

- La cantidad de vendedores ambulantes ubicados afuera de los negocios de la zona, hace que se deban establecer medidas de empadronamiento y reubicación de los mismos, de modo que se les brinde un espacio adecuado para desarrollar su trabajo, que, aunque son actividades comerciales NO formales, requieren de una organización que mejore el espacio disponible y su entorno.
- Se pone de manifiesto que la encuesta no se realizó a entidades oficiales ni bancarias, sin embargo, mediante entrevistas mencionan que el hecho de peatonalizar la calle de manera parcial o total, NO afectará el desarrollo normal de actividades, de ese modo, aunque no se aplicó el formato, se logró obtener algunas manifestaciones relacionadas con la percepción sobre el tema, entre ellas:

### **Entidades Oficiales**

- En otras ocasiones han participado de la implementación de ese tipo de medida esporádicamente, en especial cuando se han celebrado eventos como “Noche de Museos”, Semana Santa y Festival Gastronómico, entre otras, emitiendo buenos comentarios relacionados con las experiencias vividas debido a la sensación de tranquilidad y seguridad en la zona.
- Durante esas jornadas se han dispuesto espacios en la calle para que se instalen temporalmente negocios como cafés, artesanías, entre otros.





---

### **Entidades Bancarias**

- En las entidades bancarias no tienen inconveniente con el desarrollo de su actividad comercial, ya que los usuarios desarrollan sus trámites sin ningún problema. Sin embargo, manifiestan que al hacer cambio en la longitud del desplazamiento que la empresa transportadora de valores hace hasta el vehículo a cargo, podría llegar a generar un aumento en el valor de la póliza que deben adquirir para protección del dinero

### **Transportadora de Valores**

- Al preguntar por el desarrollo de su actividad misional, indican que frente al hecho de que se llegase a peatonalizar de manera total, tendrían inconvenientes en su generalidad debido a que aumenta el riesgo por transitar en la calle con el dinero que entregan o recogen en cada una de las entidades bancarias y locales comerciales, porque la responsabilidad relacionada con el dinero inicia desde el momento en que salen de cada una de las sucursales bancarias o negocios particulares.
- Por otra parte, en el sector existen varios cajeros electrónicos que deben ser abastecidos periódicamente con dinero para su normal funcionamiento, por lo que, esta actividad estaría afectada de la misma forma, por el aumento en la exposición de riesgo siendo susceptibles a un posible hurto.
- Finalmente, los horarios de entrega o recolección de dinero son aleatorios por seguridad. Por lo tanto, se requiere reprogramar lo que en la actualidad se hace, en busca de mantener a salvo el dinero en custodia que el camión de valores transporta.







En cuanto a los resultados obtenidos de la encuesta de opinión y la combinación de ellos se podría mencionar que la idea de una peatonalización parcial es la más aceptada por la mayoría, siendo la jornada de la tarde la mejor opción para implementar la medida, ya que actividades como cargue/descargue para el abastecimiento de los locales podrían realizarlo en horas de la mañana. Adicionalmente, para vehículos oficiales se debería garantizar el paso a los parqueaderos dispuestos para estos. Se debe garantizar a los vehículos de transporte de valores el acceso para recoger el dinero en cada una de las entidades bancarias.

## 7.7. Conteos Vehiculares 2020 y 2022

### Conteos vehiculares 2020

- Los aforos vehiculares se enfocaron en determinar la distribución típica de la zona y estimación del volumen en la hora de máxima demanda, en donde se tuvo en cuenta la siguiente tipología:
  - Motos
  - Automóviles: autos
  - Buses: Buses
  - Camiones:
    - C2P : Camión de 2 ejes pequeño
    - C2G : Camión de 2 ejes grandes
    - C3 : Camión de 3 ejes
    - C4 : Camión de 4 ejes
    - C5 : Camión de 5 ejes
    - >C5 : Camión de más de 5 ejes
- La toma de datos se realizó por movimientos, cuya nomenclatura obedece a la norma RILSA.





- La información fue tomada en tres fases y en cada una de ellas se establecieron los puntos de aforo, en donde se encontraron estaciones maestras y satélites. En Ingeniería de Tránsito las estaciones maestras son aquellas en las cuales se hacen conteos vehiculares con conteos mayor a doce horas de manera que con ellas se puedan ajustar las estaciones satélites que normalmente tienen menor cantidad de horas de conteo. En la información suministrada el horario de aforo de las estaciones maestras fue de 6am hasta las 8pm. En las estaciones satélites se tomaron datos durante el período de 2pm a 5pm.

### **Conteos vehiculares 2020**

- En la información secundaria obtenida, se encontraron aforos vehiculares de estaciones maestras y secundarias, notando que los datos recolectados están ubicados hacia el lado occidental del centro, por esa razón se hizo necesario hacer conteos vehiculares en seis puntos adicionales localizados hacia el lado oriental de la zona a modelar, de modo que, al momento de procesar los datos, se pudiera complementar la información y así conseguir una modelación que reflejara el movimiento real de la red en estudio

### **7.8. Simulación de la Red en Estudio**

- En tránsito, para reducir las demoras, colas, congestión y demás variables que afectan la circulación vehicular es necesario poder predecir el comportamiento del tráfico mediante modelos analíticos que permitan vincular esas características.





- El nivel de funcionamiento de la vía se puede llegar a predecir mediante la información de la demanda (cantidad de vehículos por unidad de tiempo), la oferta (capacidad) y los dispositivos de control (semáforos y PAREs). Por lo tanto, la modelación del comportamiento vehicular ayuda a predecir las características actuales y futuras a través de relaciones entre los parámetros que los caracterizan como los son la velocidad, las demoras y niveles de servicio, entre otras.

### **7.8.1. Escenario Actual 2022**

#### **Velocidades**

- El funcionamiento de las eles “L” a evaluar se realizó para el período de las 16 a las 17 horas, teniendo en cuenta que esta hora presenta un alto volumen vehicular.
- Actualmente en las eles “L” se presentan velocidades que varían entre 7 y 16 kph (tramos en color amarillo) y buenas velocidades en tramos en los cuales pueden circular a más de 16 kph (tramos en color verde). Se evidencia tramos con velocidades menores a 7 kph (tramos en color rojo) como es el tramo de la calle 3 entre carreras 8 y 9, calle 4 entre carreras 8 y 9, carrera 11 entre calles 5 y 6, y de manera crítica el tramo de la calle 6 entre carreras 5 y 9 el cual presenta una longitud de aproximadamente 400m.





---

## **Demoras**

- Para la situación actual se presentan demoras importantes en el corredor de la calle 6 entre carreras 4 y 8 mayores a 40 segundos/vehículo que van acorde con las bajas velocidades que se presentan en la zona debido a la congestión. Así mismo y debido a los dispositivos de control semafórico de la calle 8 se evidencia demoras que van desde los 5 y hasta los 15 segundos/vehículo, al igual que en la intersección semaforizada de la carrera 3 con calle 3.

## **Nivel de Servicio**

- La mayoría de la red del estado actual se encuentra en Nivel de Servicio B, en donde las condiciones de maniobra de los conductores son menores. Las alteraciones aún se pueden absorber fácilmente

### ***7.8.2. Escenario con Proyecto Cierre Parcial***

## **Velocidades**

- Este escenario considera el cierre de un carril de circulación en las cuatro eles “L” del proyecto, con el cierre se evidencia una reducción de la velocidad en la eles del costado occidental, siendo la más crítica la del extremo superior con velocidades menores a 7 kph. Si bien la ele del extremo inferior pasa a estar con velocidades promedio entre 7 y 16 kph, se evidencia que las vías de su entorno presentan velocidades inferiores a los 7 kph. Para la carrera 9 entre calle 3 y 5 también se ve una caída de velocidades que varía entre 7 y 16 kph.





---

## **Demoras**

- Con el cierre parcial de las eles “L” evaluadas, se evidencia un incremento en las demoras asociadas a la eles del costado occidental, así como en el entorno de la ele del costado sur occidental

## **Nivel de Servicio**

- Con el cierre parcial a un carril en las eles “L” del proyecto, se evidencia una disminución en el nivel de servicio de la ele del costado noroccidental, la cual estaría presentando niveles de servicio E y F, lo que significa que se encontraría en operación de circulación forzada.
- Para la ele del costado sur occidental se observa también una reducción del nivel de servicio que varía entre nivel C y nivel D, que considera una operación limitada en maniobrabilidad debido al alto volumen vehicular. Se siguen presentando velocidades satisfactorias.
- Para la carrera 8 entre calle 5 y 7 se observa un deterioro en el nivel de servicio, el cual pasa de B a un nivel de servicio E.

### ***7.8.3. Escenario con Proyecto Cierre Total***

## **Velocidades**

- Este escenario considera el cierre total de circulación vehicular en las cuatro eles “L” del proyecto, con el cierre se evidencia una reducción de la velocidad en el costado sur y oriental del parque Caldas debido a desvíos





que se tendrían que realizar para acceder a lugares donde antes llegaban a través de las eles “L”.

### **Demoras**

- Se evidencia un aumento de demoras en la carrera 9 entre calle 3 y 5 que van entre los 15 y 25 seg/veh. Así mismo para la parte sur las demoras se incrementaron a valores entre 5 y 15 seg/veh para los tramos representados en amarillos, mientras que para la zona oriental se presentan problemas de demoras con tiempos entre 40 y 60 seg/veh cuyos tramos que se representan en color rojo.

### **Nivel de Servicio**

- Con el cierre total de la circulación vehicular en las eles “L” del proyecto, se evidencia una reducción en el nivel de servicio en el costado sur y oriental del parque Caldas debido a desvíos que se tendrían que realizar para acceder a lugares donde antes llegaban a través de las eles.

En conclusión, al comparar los tres escenarios, el actual con los dos propuestos de cierre parcial y total, se observa que la modelación para cierre parcial, es aquel que menor traumatismo genera en el comportamiento vehicular sobre la red.

Por esta razón, combinando los resultados obtenidos tanto con la información secundaria como con la primaria, la peatonalización parcial es aquella que en términos de percepción como en la evaluación de comportamiento vehicular es aquella que mejor funciona para ser aplicado en la zona de estudio.







## 7.9. Evaluación Matriz Saaty

- Con la combinación de varios factores y su valoración mediante la matriz Saaty, se logra obtener, que la mejor alternativa a ser implementada es la que corresponde al cierre parcial del Sector Monumental.
- Que el mayor porcentaje de priorización de los factores corresponde al obtenido en las personas que se verán favorecidas con la medida, lo cual considera el flujo peatonal, más las personas que laboran en el área de estudio.
- Que la malla vial se ve afectada por la disminución de las velocidades de tránsito y el aumento en las demoras que llevarán a un congestionamiento vial.
- Luego de la combinación de factores, la alternativa que tiene el mayor valor de priorización es la **Alternativa 2 Peatonalización Parcial del Sector Monumental** con el 42% sobre las otras dos escogidas para comparación.
- Es importante tener en cuenta que las calificaciones dadas a cada uno de los factores parten de la percepción personal de quien evalúa la matriz, por eso es indispensable que ellas se tomen en consenso con un grupo interdisciplinario para que no se vea favorecido un criterio sobre el otro, sino que sea balanceado el análisis que se realice.
- Finalmente, quien toma la decisión de implementar la medida es la administración municipal y su equipo de trabajo.





## 8. BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO

- Márquez Gómez, Daniel. [«PEATONABILIDAD, ACCESABILIDAD O CAMINABILIDAD Y LA LEGISLACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL EN MATERIA URBANA Y VIALIDAD»](#). Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Consultado el 8 de septiembre de 2020.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. Recuperado el 12 de septiembre de 2020, de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Plan Especial de Manejo y Protección de Popayán. Cauca – Colombia. Recuperado el 15 de octubre de 2020, de <https://www.mincultura.gov.co/planes-y-programas/Planes/planes%20especiales%20de%20manejo%20y%20proteccion%20de%20Popayan/Paginas/-PEMP-Grupo-Urbano.aspx>
- Pirámide de Movilidad. Recuperado el 26 de octubre de 2020, de <https://www.udem.edu.mx/es/institucional/noticia/conoce-la-piramide-de-la-movilidad-y-su-importancia>
- Resumen Ejecutivo – Plan de Movilidad de Popayán. Cauca – Colombia. Recuperado el 29 de octubre de 2020, de <https://es.scribd.com/document/347341627/150804-Resumen-Ejecutivo-Plan-de-Movilidad-de-Popayan-1>
- Ciudades Emergentes y Sostenibles. Recuperado el 5 de noviembre de 2020, de [https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/pub\\_2016\\_popayana\\_col\\_ces\\_2018](https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/pub_2016_popayana_col_ces_2018)
- Manual del Buen Peatón – Secretaría de Movilidad de Bogotá. Recuperado el 20 de noviembre de 2020, de [https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Noticias/05-11-2020/04-11-2020\\_manual\\_del\\_buen\\_peaton.pdf](https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Noticias/05-11-2020/04-11-2020_manual_del_buen_peaton.pdf)
- Cartilla de Andenes. Bogotá D.C. Secretaría Distrital de Planeación. Recuperado el 15 de enero de 2021, de [http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/cartilla\\_andenes\\_modificacion\\_07-06-2018.pdf](http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/cartilla_andenes_modificacion_07-06-2018.pdf)

