

ESTUDIO DE MOVILIDAD DE ALGUNOS CORREDORES UTILIZADOS PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA CICLORRUTA EN BUCARAMANGA

JUAN SEBASTIAN ALQUICHIRE RUEDA

ID: 000268622

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2021

ESTUDIO DE MOVILIDAD DE ALGUNOS CORREDORES UTILIZADOS PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA CICLORRUTA EN BUCARAMANGA

JUAN SEBASTIAN ALQUICHIRE RUEDA

ID: 000268622

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR ACADÉMICO

GABRIEL ALEXIS MEDINA DELGADO

INGENIERO CIVIL

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2021

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma presidente del Jurado

---

Firma Jurado N°1

---

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, a Dios por darme la oportunidad de estar en esta profesión, a mis padres y a mi familia por ser un gran apoyo durante este proceso; Agradezco a mi director de proyecto Gabriel Medina por brindarme todos sus conocimientos para que este proyecto pudiese llevarse a cabo, finalmente a todos los docentes que estuvieron involucrados en mi proceso de formación y que de una u otra manera generaron en mí un amor por esta profesión.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO .....</b>	<b>7</b>
2.1.1. INTERSECCIONES CONTROLADAS POR PARE. ....	8
2.1.2. INTERSECCIÓN CONTROLADA POR SEMÁFORO. ....	8
<b>2.2. CONDICIONES QUE ALTERAN LA CAPACIDAD Y LOS NIVELES DE SERVICIO EN LAS VÍAS</b>	<b>9</b>
2.2.1. CONDICIÓN ESTÁNDAR. ....	9
2.2.2. CONDICIÓN DE INFRAESTRUCTURA. ....	10
2.2.3. CONDICIÓN DE CIRCULACIÓN,.....	10
<b>2.3. FACTOR HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (FHMD) .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. TRÁNSITO EN LAS CICLORRUTAS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5. TIPOS DE INFRAESTRUCTURAS PARA BICICLETAS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6. CICLORRUTA A NIVEL INTERNACIONAL .....</b>	<b>12</b>
2.6.1. REQUISITOS DE DISEÑO. ....	12
2.6.2. VELOCIDAD DE DISEÑO.....	15
2.6.3. SECCIÓN LIBRE .....	16
2.6.4. RADIO DE CURVATURA .....	17
2.6.5. VISIBILIDAD .....	18
2.6.6. PENDIENTE .....	19
2.6.7. CRITERIO PARA VOLUMEN .....	20
<b>2.7. CICLORRUTA A NIVEL NACIONAL .....</b>	<b>21</b>
2.7.1. TIPOS DE CICLORRUTAS .....	21
2.7.2. ANCHO DE LAS PISTAS Y FAJAS .....	24
2.7.3. PISTAS Y FAJAS PARA LOS CICLISTAS .....	25

2.7.4.	VELOCIDAD DE DISEÑO.....	27
2.7.5.	PENDIENTES DE DISEÑO.....	28
2.7.6.	PERALTE .....	29
2.7.7.	DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....	30
<b>2.8.</b>	<b>GUÍA CICLO-INFRAESTRUCTURA DE COLOMBIA .....</b>	<b>30</b>
2.8.1.	LAS TIPOLOGÍAS DE VÍAS CICLISTAS Y VÍAS CICLO-ADAPTADAS .....	30
2.8.2.	SENTIDOS DE CIRCULACIÓN .....	34
2.8.3.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	36
<b>2.9.</b>	<b>CICLORRUTA A NIVEL LOCAL .....</b>	<b>40</b>
2.9.1.	PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD BUCARAMANGA .....	40
2.9.2.	PLAN MAESTRO DE ESPACIO PÚBLICO DE BUCARAMANGA.....	43
2.9.3.	ESTRATEGIA DE LA BICICLETA.....	46
2.9.4.	ASPECTOS LEGALES .....	56
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>60</b>
<b>3.1.</b>	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>3.2.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>61</b>
<b>3.3.</b>	<b>INSTRUMENTOS.....</b>	<b>64</b>
3.3.1.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	64
3.3.2.	AFORO VEHICULAR.....	65
3.3.3.	SOFTWARE SYNCHRO .....	65
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.</b>	<b>AFOROS VEHICULARES .....</b>	<b>68</b>
<i>4.2.1.</i>	<i>AFORO AVENIDA SAMANES.....</i>	<i>68</i>
<i>4.2.2.</i>	<i>AFORO CARRERA 21 CON CALLE 39.....</i>	<i>71</i>
<i>4.2.3.</i>	<i>AFORO CALLE 33.....</i>	<i>75</i>
<b>4.3.</b>	<b>MODELOS DE SIMULACIÓN CON SOFTWARE SYNCHRO .....</b>	<b>79</b>
<i>4.3.1.</i>	<i>MODELACIÓN AVENIDA SAMANES.....</i>	<i>80</i>
<i>4.3.2.</i>	<i>MODELACIÓN CARRERA 21 .....</i>	<i>84</i>
<i>4.3.3.</i>	<i>MODELACIÓN CALLE 33.....</i>	<i>91</i>

<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>98</b>
<b>5.1.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>98</b>
<b>5.2.</b>	<b>AFOROS VEHICULARES .....</b>	<b>99</b>
<b>5.3.</b>	<b>MODELACIÓN SOFTWARE SYNCHRO.....</b>	<b>100</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>104</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>108</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Autopista Norte de Bogotá</i> .....	14
<b>Figura 2.</b> <i>Vía Colectora</i> .....	14
<b>Figura 3.</b> <i>Sección de una calle de servicio</i> .....	15
<b>Figura 4.</b> <i>Sección libre para la bicicleta</i> .....	17
<b>Figura 5.</b> <i>Radio de Curvatura vs Velocidad de Diseño</i> .....	18
<b>Figura 6.</b> <i>Relación entre diferencia de alturas y la gradiente.</i> .....	20
<b>Figura 7.</b> <i>Ciclorruta en sitio propio</i> .....	22
<b>Figura 8.</b> <i>Ciclorruta en vía compartida</i> .....	22
<b>Figura 9.</b> <i>Bulevar para bicicletas</i> .....	23
<b>Figura 10.</b> <i>Vías compartidas</i> .....	23
<b>Figura 11.</b> <i>Pistas unidireccionales</i> .....	26
<b>Figura 12.</b> <i>Pista bidireccional</i> .....	26
<b>Figura 13.</b> <i>Fajas ciclistas</i> .....	27
<b>Figura 14.</b> <i>Gráfico desnivel vs pendiente</i> .....	28
<b>Figura 15.</b> <i>Ciclorruta en calzada</i> .....	31
<b>Figura 16.</b> <i>Ciclobanda unidireccional en la calzada</i> .....	32
<b>Figura 17.</b> <i>Dimensiones de referencia para una sección con bandas ciclopreferentes</i> .	33
<b>Figura 18.</b> <i>Carril cicloprefente</i> .....	33

<b>Figura 19.</b> <i>Dimensiones de referencia para una sección con circulación ciclista en contraflujo</i> .....	34
<b>Figura 20.</b> <i>Dimensiones básicas del ciclista</i> .....	36
<b>Figura 21.</b> <i>Red de ciclorrutas Bucaramanga</i> .....	42
<b>Figura 22.</b> <i>Red de ciclorruta en construcción</i> .....	47
<b>Figura 23.</b> <i>Perfil vial de la calle 29</i> .....	48
<b>Figura 24.</b> <i>Perfil vial de la carrera 21</i> .....	49
<b>Figura 25.</b> <i>Perfil vial del bulevar Santander</i> .....	49
<b>Figura 26.</b> <i>Perfil vial de la calle 55</i> .....	50
<b>Figura 27.</b> <i>Perfil vial de la carrera 11</i> .....	50
<b>Figura 28.</b> <i>Perfil vial de la Av. Samanes</i> .....	51
<b>Figura 29.</b> <i>Perfil vial de la Av. Samanes</i> .....	52
<b>Figura 30.</b> <i>Perfil vial de la carrera 10</i> .....	52
<b>Figura 31.</b> <i>Perfil vial de la carrera 35</i> .....	53
<b>Figura 32.</b> <i>Perfil vial de la carrera 30</i> .....	53
<b>Figura 33.</b> <i>Perfil vial de la carrera 29</i> .....	54
<b>Figura 34.</b> <i>Perfil vial de la calle 33</i> .....	55
<b>Figura 35.</b> <i>Perfil vial calle 33</i> .....	55
<b>Figura 36.</b> <i>Intersección calle 33 con carrera 18</i> .....	62

<b>Figura 37.</b> <i>Av. Samanes</i> .....	63
<b>Figura 38.</b> <i>Intersección carrera 21 con calle 39</i> .....	64
<b>Figura 39.</b> <i>Ubicación Av. Samanes</i> .....	69
<b>Figura 40.</b> <i>Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 15 de julio del 2020 en la Av. Samanes Movimiento 1</i> .....	70
<b>Figura 41.</b> <i>Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 15 de julio del 2020 en la Av. Samanes Movimiento 2</i> .....	70
<b>Figura 42.</b> <i>Composición vehicular total de la Av. Samanes el día 15 de Julio del 2020</i>	71
<b>Figura 43.</b> <i>Ubicación carrera 21 con calle 39</i> .....	73
<b>Figura 44.</b> <i>Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 22 de julio del 2020 en la carrera 21 Movimiento S – W</i> .....	73
<b>Figura 45.</b> <i>Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 22 de julio del 2020 en la carrera 21 Movimiento S - N</i> .....	74
<b>Figura 46.</b> <i>Composición vehicular total de la carrera 21 día 22 de Julio del 2020</i> .....	75
<b>Figura 47.</b> <i>Ubicación calle 13</i> .....	77
<b>Figura 48.</b> <i>Columnas apiladas de volumen vehiculares mixtos el día 8 de julio del 2020 en la calle 33 Movimiento W/E</i> .....	77
<b>Figura 49.</b> <i>Columnas apiladas de volumen vehiculares mixtos el día 8 de julio del 2020 en la calle 33 Movimiento W/S</i> .....	78
<b>Figura 50.</b> <i>Composition vehicular total de la calle 33 el día 8 de julio del 2020</i> .....	79

<b>Figura 51.</b> Modelación sin ciclorruta en Av. Samanes .....	81
<b>Figura 52.</b> <i>Modelo sin ciclorruta en Av. Samanes</i> .....	82
<b>Figura 53.</b> <i>Resultados modelación Av. Samanes sin ciclorruta</i> .....	83
<b>Figura 54.</b> <i>Resultados modelación Av. Samanes con ciclorruta</i> .....	84
<b>Figura 55.</b> <i>Modelación con ciclorruta en la carrera 21</i> .....	85
<b>Figura 56.</b> <i>Volumen vehicular ciclorruta en la carrera 21</i> .....	86
<b>Figura 57.</b> <i>Resultados modelación con ciclorruta carrera 21 con calle 39</i> .....	87
<b>Figura 58.</b> <i>Resultados modelación con ciclorruta carrera 21 con calle 37</i> .....	88
<b>Figura 59.</b> <i>Resultados modelación sin ciclorruta carrera 21 con calle 39</i> .....	89
<b>Figura 60.</b> <i>Resultados modelación sin ciclorruta carrera 21 con calle 37</i> .....	90
<b>Figura 61.</b> <i>Modelación con ciclorruta calle 33</i> .....	92
<b>Figura 62.</b> <i>Volumen vehicular ciclorruta en la calle 33</i> .....	93
<b>Figura 63.</b> <i>Resultados modelación con ciclorruta calle 33 con carrera 18</i> .....	94
<b>Figura 64.</b> <i>Resultados modelación sin ciclorruta calle 33 con carrera 18</i> .....	95
<b>Figura 65.</b> <i>Resultados modelación con ciclorruta y reducción de carril en la carrera 18 con calle 33</i> .....	96
<b>Figura 66.</b> <i>Trafico de la calle 33</i> .....	108
<b>Figura 67.</b> <i>Trafico calle 33</i> .....	109
<b>Figura 68.</b> <i>Trafico carrera 21</i> .....	109

<b>Figura 69.</b> <i>Av. Samanes</i> .....	110
<b>Figura 70.</b> <i>Composición vehicular total de la Av. Samanes movimiento 1</i> .....	113
<b>Figura 71.</b> <i>Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la A.V samanes movimiento 1</i> .....	113
<b>Figura 72.</b> <i>Composición vehicular total de la Av. Samanes movimiento 2</i> .....	117
<b>Figura 73.</b> <i>Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la A.V samanes movimiento 2</i> .....	117
<b>Figura 74.</b> .....	119
<b>Figura 75.</b> <i>Composición vehicular total de la Carrera 21 movimiento S – N</i> .....	119
<b>Figura 76.</b> <i>Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la Cra. 21</i> ...	120
<b>Figura 77.</b> <i>Composición vehicular total de la calle 39 movimiento E – W</i> .....	121
<b>Figura 78.</b> <i>Composición vehicular total de la calle 39 movimiento E – N</i> .....	122
<b>Figura 79.</b> <i>Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la Calle 39.</i>	122
<b>Figura 80.</b> <i>Composición vehicular total de la calle 37</i> .....	123
<b>Figura 81.</b> <i>Columna apilada de volumen vehiculares mixtos en la carrera 21 el 21 julio 2020</i> .....	124
<b>Figura 82.</b> <i>Composición vehicular total de la calle 33 movimiento W/E</i> .....	126
<b>Figura 83.</b> <i>Composición vehicular total de la calle 33 movimiento W/S</i> .....	126
<b>Figura 84.</b> <i>Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la Calle 33.</i>	127

<b>Figura 85.</b> <i>Composición vehicular total de la Carrera 18 movimiento N/S</i> .....	128
<b>Figura 86.</b> <i>Composición vehicular total de la Carrera 18 movimiento N/E</i> .....	129
<b>Figura 87.</b> <i>Composición vehicular para la hora máxima de demanda para la carrera 18</i> .....	129
<b>Figura 88.</b> <i>Composición vehicular total de la Calle 34</i> .....	130
<b>Figura 89.</b> <i>Columna apilada de volumen vehiculares mixtos en la calle 33 el 7 julio</i> <i>2020</i> .....	131

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Niveles de servicio para intersecciones controladas por pare</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b> <i>Niveles de servicio para una intersección controlada por semáforo</i> .....	9
<b>Tabla 3.</b> <i>Visibilidad de aproximación según las velocidades y anchos.</i> .....	19
<b>Tabla 4.</b> <i>Recomendaciones para la selección de la infraestructura de Ciclorrutas</i> .....	24
<b>Tabla 5.</b> <i>Anchos dependiendo de pista y faja</i> .....	25
<b>Tabla 6.</b> <i>Velocidades de diseño recomendadas según la pendiente</i> .....	27
<b>Tabla 7.</b> <i>Ventajas e inconvenientes a considerar de vías uni- o bidireccionales</i> .....	35
<b>Tabla 8.</b> <i>Dimensiones básicas de vehículos encontrados en Colombia</i> .....	37
<b>Tabla 9.</b> <i>Velocidad de diseño en función de la pendiente de la calle</i> .....	38
<b>Tabla 10.</b> <i>Pendientes según longitud máxima permitida del tramo.</i> .....	39
<b>Tabla 11.</b> <i>Distancia de frenado y de visibilidad en función de la velocidad y pendiente</i>	39
<b>Tabla 12.</b> <i>Corredores viales con ciclorruta</i> .....	56
<b>Tabla 13.</b> <i>Comparación de ciclorrutas a nivel nacional e internacional</i> .....	67
<b>Tabla 14.</b> <i>Aforo Avenida samanes</i> .....	69
<b>Tabla 15.</b> <i>Composición vehicular de la AV. Samanes el día 15 de julio del 2020</i> .....	71
<b>Tabla 16.</b> <i>Aforo carrera 21 con calle 39</i> .....	72
<b>Tabla 17.</b> <i>Composición vehicular de la carrera 21 el día 22 de julio del 2020</i> .....	75
<b>Tabla 18.</b> <i>Aforo calle 33</i> .....	76

<b>Tabla 19.</b> <i>Composición vehicular de la calle 33 el día 8 de julio del 2020.....</i>	79
<b>Tabla 20.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos A.V samanes movimiento 1 .....</i>	112
<b>Tabla 21.</b> <i>Volúmenes vehiculares A.V samanes movimiento 2 .....</i>	114
<b>Tabla 22.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos A.V samanes movimiento 2 .....</i>	116
<b>Tabla 23.</b> <i>Volúmenes vehiculares Cra. 21 día miércoles.....</i>	118
<b>Tabla 24.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos Cra. 21 .....</i>	118
<b>Tabla 25.</b> <i>Volúmenes vehiculares Calle 39 día miércoles .....</i>	120
<b>Tabla 26.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos Calle 39.....</i>	121
<b>Tabla 27.</b> <i>Volúmenes vehiculares Calle 37 día miércoles .....</i>	123
<b>Tabla 28.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos Calle 37.....</i>	123
<b>Tabla 29.</b> <i>Volúmenes vehiculares Calle 33.....</i>	125
<b>Tabla 30.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos Calle 33.....</i>	126
<b>Tabla 31.</b> <i>Volúmenes vehiculares Cra. 18 .....</i>	127
<b>Tabla 32.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos Cra. 18.....</i>	128
<b>Tabla 33.</b> <i>Volúmenes vehiculares Calle 34.....</i>	130
<b>Tabla 34.</b> <i>Resumen de procesamiento de datos Calle 34.....</i>	130

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

<b>TITULO:</b>	ESTUDIO DE MOVILIDAD DE ALGUNOS CORREDORES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CICLORUTA EN BUCARAMANGA
<b>AUTOR(ES):</b>	Alquichire Rueda Juan Sebastián
<b>PROGRAMA:</b>	Facultad de Ingeniería Civil
<b>DIRECTOR(A):</b>	Medina Delgado Gabriel Alexis

### RESUMEN

La excesiva circulación de vehículos colapsa en las ciudades como consecuencia del crecimiento en masa de los automotores, la falta de vías e infraestructura, ya que los diferentes medios de transporte motorizado generan graves problemas de congestión por el alto flujo vehicular. Es por esto, que las bicicletas son una buena alternativa de medio de transporte no motorizado. Por lo tanto, la alcaldía de Bucaramanga ha venido promoviendo el uso de la bicicleta, construyendo tramos de ciclorruta y acondicionando las vías para su uso. De manera que, la presente investigación tiene como estudio el proyecto "Ciclo-Infraestructura" en la ciudad de Bucaramanga, orientado bajo la metodología mixta, con un tipo de investigación de campo e investigación descriptiva, que posteriormente se simulan en el software Synchro. De este modo, al evaluar el flujo vehicular de los corredores de estudio se determina el nivel de servicio, antes y después de la construcción de Ciclorruta, donde se obtiene que la implementación de la Ciclorruta bajó notablemente su nivel de servicio en los corredores con accesos a la avenida Samanes, carrera 21 con calle 39 y finalmente la calle 33. Aún más, se determina que en particular la carrera 21 y la calle 33, consecuentemente ha sido mayor la afectación a comparación con los resultados de la simulación del software, donde es notable la congestión y caos vehicular en la zona a partir de las salidas de campo, ya que se infiere que al ser una zona céntrica donde se detienen una gran cantidad de vehículos automotores para dejar pasajeros y estacionarse, conlleva eventualmente a que se obstruya un carril en circulación y, por ende, se vea aún más afectado el nivel de servicio con el flujo de los vehículos.

### PALABRAS CLAVE:

Ciclorruta, Flujo vehicular, Movilidad, Nivel de servicio, Synchro.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

**GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** MOBILITY STUDY OF SOME CORRIDORS USED FOR THE CONSTRUCTION OF THE CYCLE ROUTE IN BUCARAMANGA

**AUTHOR(S):** Alquichire Rueda Juan Sebastian

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Medina Delgado Gabriel Alexis

**ABSTRACT**

Excessive vehicle circulation collapses in cities as a result of the mass growth of automobiles, the lack of roads and infrastructure, since the different means of motorized transport generate serious congestion problems due to the high traffic flow. This is why bicycles are a good alternative to non-motorized means of transport. Therefore, the Bucaramanga mayor's office has been promoting the use of bicycles, building sections of cycle paths and preparing the roads for their use. So, the present research is studying the "Cycle-Infrastructure" project in the city of Bucaramanga, oriented under the mixed methodology, with a type of field research and descriptive research, which are later simulated in the Synchro software. In this way, when evaluating the vehicular flow of the study corridors, the level of service is determined, before and after the construction of the cycle route, where it is obtained that the implementation of the cycle route significantly lowered its level of service in the corridors with accesses. to Avenida Samanes, Carrera 21 with Calle 39 and finally Calle 33. Furthermore, it is determined that in particular Carrera 21 and Calle 33, consequently the impact has been greater compared to the results of the software simulation, where The congestion and vehicular chaos in the area from the field exits is notable, since it is inferred that being a central area where a large number of motor vehicles stop to leave passengers and park, eventually leads to the obstruction of a lane in circulation and, therefore, the level of service is further affected by the flow of vehicles.

**KEYWORDS:**

Cycle route, Level of service, Mobility, Synchro, Vehicle flow.

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## Introducción

Actualmente la movilidad en las principales ciudades del país colapsan en efecto del alto flujo vehicular, el aumento de automotores y la visible deficiencia en infraestructuras, ya que los diferentes modos de transporte, principalmente el motorizado generan graves problemas de congestión sobre las vías, por otro lado, no cumplen con la necesidad de distribución total de la población en el área urbana, por lo que se han considerado diferentes opciones para dar solución este problema, considerando mejores alternativas de transporte que funcionen con mayor eficiencia reduciendo los tiempos de desplazamiento. Por consiguiente, y teniendo en cuenta que la movilidad del país diariamente colapsa, el gobierno decide implementar nuevas estrategias que fomenten alternativamente los medios de transporte que no implican la motorización. Es por esto, que las bicicletas hoy en día son una alternativa de modo de transporte conveniente y competente, que tiene un impacto social y, no obstante, no perjudica el medio ambiente [1]. De este modo, en referencia al artículo 204 [1] se plantea incentivar el uso de la bicicleta, como modo de transporte alternativo y así mismo sostenible, con factores que benefician la salud de las personas, y que de otra forma ayuda a reforzar el transporte colectivo, ya que no se presentaran colapsos por tantos usuarios que hacen uso de él constantemente. Es por esto que se pretende implementar nuevas zonas con infraestructuras que integren diferentes formas de movilización, incluso los sistemas alternativos, con el fin de que sean asequibles y de este modo mejore notablemente el desplazamiento de las personas de un lugar a otro sin tanto retraso. No obstante, el DNP [1] manifiesta las estadísticas de transporte de los colombianos, encontrándose que un 30% de las personas caminan, e cambio el 8% de las personas se desplaza en bicicleta; esta

última quiere decir que su uso está ligado a la necesidad de otro modo de transporte, siendo una gran alternativa que aún no es reconocida por sus grandes ventajas.

Por esta razón, la ciudad de Bucaramanga está promoviendo e implementando la bicicleta como uso transporte alternativo, inicialmente con campañas de sensibilización social, seguido de la construcción de ciclorrutas, e incluso el acondicionamiento de accesos a corredores con este tipo de carril, para que consecuentemente se masifique su uso en los ciudadanos. De este modo, es pertinente decir que la movilidad efectiva se ha convertido en uno de los mayores retos de la alcaldía de Bucaramanga y para esto se han empezado a llevar acabo diferentes proyectos entre estos se encuentra el proyecto denominado “Ciclo infraestructura” en el cual se ha venido identificando un rechazo por los ciudadanos de Bucaramanga, sin embargo cabe destacar que su propósito principal se basa en la construcción de algunos corredores con facilidad al tránsito de bicicletas de dicha ciudad, esta repercusión a la Ciclorruta es debido a diferentes factores donde no obstante, han traído consecuencias en la movilidad y la economía de algunos sectores de la ciudad. De manera que, el presente trabajo de investigación busca evaluar la factibilidad que tiene la construcción de la Ciclorruta, como afecta el flujo vehicular de algunos corredores determinando el nivel de servicio antes y después de la construcción. Para ello se hace necesario el uso de herramientas tecnológicas que ayuden a identificar y a diagnosticar el diseño, además, de brindar instrumentos para evaluar la factibilidad de un proyecto que simulara desde los beneficios a las complicaciones que se obtendrán en estos corredores de la Ciclorruta, bajo un software especializado en tránsito como “Synchro”.

Además, se realizará un registro histórico que contemple una mirada general de lo que se planea realizar con este proyecto de la alcaldía de Bucaramanga. De manera que, comparándolo

con el registro de otras ciudades que han tenido éxito con la Ciclorruta, servirán de objeto para observar en qué estado se encuentra diseñada la Ciclorruta, si está siendo aprovechada en lugares que ya se encuentra construida y así mismo como será afectada la movilidad en la ciudad.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Evaluar de qué manera se afectó el flujo vehicular de algunos corredores mediante el cálculo de la capacidad y nivel de servicio, antes y después de la construcción de Ciclorruta, partiendo de los volúmenes contados, sobre los cuales, la alcaldía de Bucaramanga construyó.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- I. Compilar estudios de éxitos de ciclo-rutas en el mundo para compararlo con las características particulares en Bucaramanga.
- II. Realizar el registro histórico para las Ciclorrutas en Bucaramanga.
- III. Realizar aforos vehiculares y bicicletas en tres (3) corredores de la Ciclorruta.
- IV. Comparar la capacidad y nivel de servicio de los corredores con y sin Ciclorruta.

## **2. Marco Teórico**

Un carril hace referencia a la superficie de movilidad, la cual tiene dimensiones adecuadas para la circulación de vehículos. Para el desarrollo de la Ciclorruta de Bucaramanga se realiza el diseño a partir de la reducción de un carril de las vías, conformando a través de esto lo que se conoce como un carril de bicicletas estos deben ser delimitados por franjas, señalamientos o marcas en el pavimento [2].

### **2.1. Capacidad y Niveles de Servicio**

La capacidad hace referencia al máximo volumen de vehículos que pueden transitar por una carretera o calle, esta también menciona el flujo razonable de vehículos que se movilizan por un punto o carril durante cierto intervalo de tiempo.

El nivel de servicio se define como la calidad del flujo vehicular, este se da a través de una medida cualitativa en la cual se reconocen las condiciones de operación que puede tener un flujo vehicular y su percepción por los motorizados o pasajeros. Estas condiciones se dan a partir de factores internos y externos.

“El manual de capacidad vial (HCM 2000) estableció seis niveles de servicio los cuales denominó (A-F), los cuales están organizados jerárquicamente donde A corresponde al mejor y F al peor nivel, estos se definen por las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.” [2].

### **2.1.1. Intersecciones Controladas por Pare.**

El análisis de la capacidad en las intersecciones controladas por pare requiere una clara representación y asimilación de parte de los conductores que se encuentran en la vía de menor tránsito o controlada con los conductores de la vía principal o de mayor tránsito [3].

El nivel de servicio se establece por el tiempo de espera debido a la señal de control y se precisa para la intersección en sus conjuntos [3].

#### **Tabla 1.**

*Niveles de servicio para intersecciones controladas por pare*

<b>Level of Service</b>	<b>Average Control Delay (s/veh)</b>
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-45
F	> 50

Nota: Información obtenida a partir del Análisis de capacidad vial después del Manual de capacidad vial [3]

### **2.1.2. Intersección Controlada por Semáforo.**

El análisis de la capacidad en una intersección controlada por semáforo se establece por cada acceso o grupo de carriles, como la movilización máxima que puede transitar atreves de una intersección bajo condiciones que perduran en cuanto al tránsito, la calle y el semáforo [2].

El nivel de servicio de una intersección con semaforización se establece por medio del tiempo de espera, el cual representa para el conductor tiempo perdido de viaje, combustible y del confort de este, más detalladamente este se da por la demora media por automóvil, debida a las paradas por un periodo de análisis de 15 minutos, el cual se puede considerar como periodo de máxima flujo [2].

**Tabla 2.**

*Niveles de servicio para una intersección controlada por semáforo*

<b>LOS</b>	<b>Control Delay per vehicle (s/veh)</b>
A	> 10
B	> 10-20
C	> 20-35
D	> 35-55
E	> 55-80
F	> 80

Nota: Información obtenida a partir del Análisis de capacidad vial después del Manual de capacidad vial [3]

## **2.2. Condiciones que Alteran la Capacidad y los Niveles de Servicio en las Vías**

### **2.2.1. Condición Estándar.**

Se consideran algunos requerimientos estándar [4] para mejoras en las vías que, no obstante, no generan un aumento para la capacidad vehicular, de este modo determina contar con un clima conveniente, carreteras bien pavimentadas, conductores razonables y, por último, que de ningún modo se presenten percances que impidan un buen flujo vehicular. De ahí que se determinen las siguientes condiciones estándar mínimas:

- Carriles no inferiores a una longitud de 3.65 metros.
- Una distancia de 1.8 metros entre el borde de la calzada exterior y los obstáculos a la vía.
- Distribuir el tránsito por igual en ambos sentidos.
- Flujo absolutamente de vehículos ligeros.
- Carretera pavimentada, en condiciones óptimas.
- Señalización óptima.

### **2.2.2. Condición de Infraestructura.**

Se consideran algunos requerimientos para la infraestructura de las vías [4] que podrían de otro modo impactar en su eficiencia, no obstante, abarca estados geométricos, entre otros.

Estas condiciones se determinan de la siguiente forma:

- La anchura de carril.
- El alineamiento horizontal y vertical.
- El espacio adecuado para embotellamientos y las intersecciones.
- Tipología de la vía y el lugar en donde se encuentra.

### **2.2.3. Condición de Circulación,**

Las condiciones de la circulación del flujo vehicular [4] tienen relación directa con el tipo y distribución de los vehículos entre carriles. De este modo, los tipos de vehículos abarca: buses, camiones, colectivos, motocicletas y automóviles. Así mismo, la distribución del flujo vehicular en los carriles se toma en cuenta a partir de los sentidos en que transiten, como en las carreteras de doble carril, donde cada carril debe repartirse en partes iguales para cada sentido.

## **2.3. Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)**

El Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) principalmente requiere de aforos vehiculares que eventualmente se obtienen del trabajo de campo[5], donde se procede a evaluar la siguiente ecuación:

Ecuación 1.

*Factor Horario de Máxima Demanda*

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * Q_{15max}}$$

**VHMD:** Volumen Horario de Máxima Demanda.

**Q<sub>15max</sub>:** Volumen Máximo durante 15 minutos.

#### **2.4. Tránsito en las Ciclorrutas**

Las delimitaciones de los tramos de transporte son necesarias, así como el conocimiento de la cantidad de vehículos que transitarían en el lugar, de este modo las soluciones propuestas no interferirán con lo existente, además de no ir en contra de la topografía, del sistema o el modo de vida de los ciudadanos del área de influencia del proyecto. Es así como la necesidad de construir o ampliar una ciclorruta se define en función de las siguientes consideraciones:

- Datos de accidentes.
- Datos de tráfico y tránsito.
- Características urbanas y estructurales.
- Datos geométricos.
- Características físicas y psicológicas de los ciclistas

#### **2.5. Tipos de Infraestructuras para Bicicletas**

Ciertamente para que el tránsito se realice de la mejor forma cuenta con normas de seguridad, partiendo de los tipos de infraestructura que se adaptan a los carriles de la ciclorruta

que, no obstante, deben contar con medidas reglamentarias aprobadas por tránsito, para la comodidad de la circulación de los ciclistas. Dicho lo anterior, se cuentan con condiciones geométricas para el buen tránsito y de características con que debe contar el carril. Ahora bien, las referencias elementales que se eligen para la selección de los tipos de infraestructuras, generalmente se tienen en cuenta los siguientes factores según la norma de ciclo infraestructuras [6] en las ciudades de Colombia:

- Pendientes e intersecciones.
- Existencia de aparcamientos.
- Tránsito peatonal.
- Número de carriles.

## **2.6. Ciclorruta a Nivel Internacional**

Para la revisión internacional se escoge Holanda como un país pionero en Ciclorrutas el cual para dicha construcción se basa en el Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas [7]. En este manual se encuentran los pasos para crear una infraestructura ciclo amistosa.

Una infraestructura ciclo amistosa “es un prerrequisito si la bicicleta ha de retener e incluso fortalecer su posicionamiento dentro del sistema vial. La infraestructura debiera hacer posible que el o la ciclista haga viajes directos y cómodos, dentro de un ambiente atractivo y seguro” [7].

### **2.6.1. Requisitos de Diseño.**

A continuación, se describen los principales requisitos para una infraestructura ciclo amistosa:

- Este primer requisito se debe a que la infraestructura debe ser coherente, esto significa, darles la oportunidad a las personas en desplazarse en bicicleta a cualquier lugar. También es importante incorporar otros medios de transporte al diseño y a la red.
- Otro requisito es que una Ciclorruta debe ser directa lo que significa que se le debe ofrecer al ciclista la ruta más directa posible, manteniendo los desvíos al mínimo.
- Ser atractiva, significa que el diseño e intercesión de la infraestructura que se utiliza para la bicicleta en su medio ambiente atraiga a los usuarios.
- El más importante requisito es ser segura, lo cual debe garantizar la seguridad de los ciclistas y otros usuarios del sistema del tráfico. Los ciclistas son los más vulnerables ya que estos comparten el espacio con el tráfico motorizado, las diferencias de masa, protecciones externas y velocidad. Para que haya un mayor número de ciclistas en las calles se necesitan más áreas con velocidades límites de 30 y 60 km/h para que sea seguro el tránsito de ciclistas.
- Por último, requisito es el de ser cómoda, se incluyen factores asociados con la frustración y los atrasos causados por el alto tráfico y los errores del diseño, que demanda un esfuerzo adicional por parte del usuario. Otro criterio que se da en la comodidad es la suavidad del pavimento, numero de colinas, menor cantidad de interrupciones y las molestias dadas por el tráfico y el clima.

Los requisitos para los tres tipos de calles que se ven normalmente en nuestra red vial son:

- Vías troncales: “separación de las vías bidireccionales con una mediana u otro elemento físico que no permite su cruce, pasos a desnivel, el ingreso o egreso solo por vías especializadas. Hasta ahora, solo se han construido vías troncales para el tráfico

motorizado. Los planes de construir vías troncales para ciclistas nunca han pasado la etapa de diseño.” [7].

### **Figura 1.**

#### *Autopista Norte de Bogotá*



Nota: Tomado de Ampliación de la autopista Norte en Bogotá [8].

- Vías Colectoras: “separación de las vías sin una división física, usualmente con intersecciones en un mismo nivel, con reglas claras que definan el derecho a paso, o una rotonda. No se permite estacionarse en la vía.” [7].

### **Figura 2.**

#### *Vía Colectora*



Nota: Tomado de Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

- Calle de servicio: no existe la separación entre los ciclistas y el parque automotor, los únicos que se mantienen apartados son los peatones.

### **Figura 3.**

*Sección de una calle de servicio*



Nota: Tomado de Manual de Diseño Para el Trafico de Bicicletas [7].

También se deben tener en cuenta estos otros requisitos para tener un buen diseño; minimizar los encuentros con motorizados y segregar las vías cuando la velocidad de los ciclistas sea menor al flujo vehicular.

Un diseño ciclo amistoso minimiza las pérdidas de energía, para esto se prefiere una superficie de pavimento liso y no poroso, como asfalto u hormigón. También se debe prevenir las variaciones de alturas, evitar paradas y proveer refugio contra el viento.

#### **2.6.2. Velocidad de Diseño**

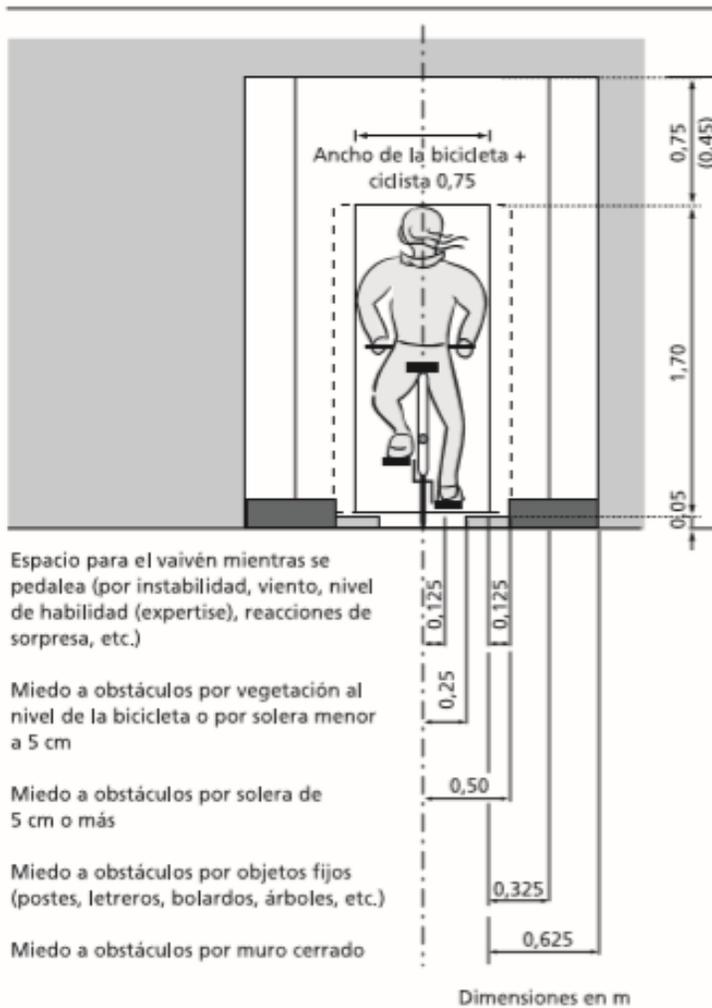
La velocidad depende de los atributos personales del ciclista, las propiedades de la bicicleta y las condiciones ambientales. Una bicicleta se desplaza a una velocidad constante de

18 km/h, por lo tanto, en circunstancias normales se diseña para una velocidad de 20 km/h. Ya en Ciclorrutas directas se quiere ofrecer mejor calidad para que las persona tenga la posibilidad de andar a mayor velocidad. Así que, se debe incorporar un diseño para velocidades de 30km/h. La velocidad en pendientes es un punto que requiere especial atención, pues se puede llegar a velocidades mayores a los 35 km/h.

### **2.6.3. Sección Libre**

La sección libre es el resultado de sumar el ancho requerido por la bicicleta y quien anda en ella, y los márgenes de seguridad que se les asigna al zigzaguo y el miedo a los obstáculos. Estas dimensiones se encuentran en la figura 4.

Los márgenes cambian según su situación (pendiente, sección vial, intersección) pero estas deben tener coherencia entre sí. Igualmente hay que recordar que el ancho de la sección libre es mayor en las curvas que en línea recta, se recomienda sumarle un 0.5 m de espacio, despendiendo de la velocidad del tramo. La premisa básica de diseño es que los ciclistas puedan andar en bicicleta uno junto al otro.

**Figura 4.***Sección libre para la bicicleta*

Nota: Tomado de Manual de Diseño Para el Trafico de Bicicletas [7].

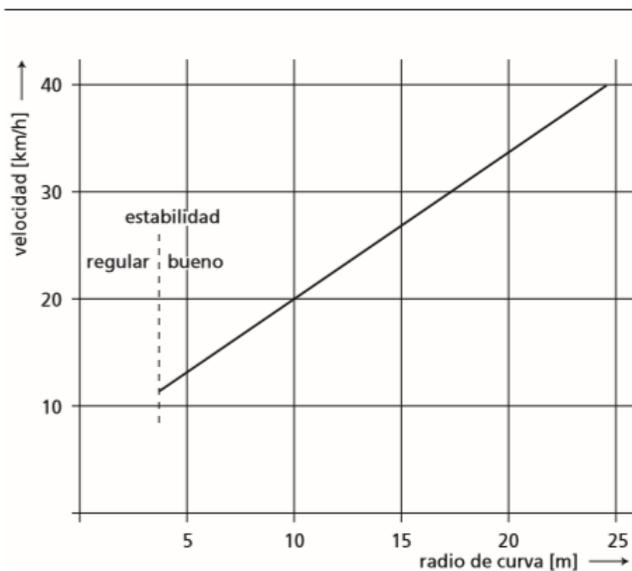
#### **2.6.4. Radio de Curvatura**

Las curvas son necesarias para una buena interconexión de las secciones viales. El radio de curvatura afecta la velocidad de los ciclistas, este valor mínimo es de 5.00 m; ya que un radio menor obliga a bajar la velocidad a menos de 12km/h y entorpece el equilibrio del ciclista.

En la figura 5 se muestra que entre más velocidad mayor el radio de curva. También se observa que las Ciclorrutas principales deben tener un radio  $\geq$  a 20 m, orientadas a una velocidad de diseño de 30 km/h.

### Figura 5.

*Radio de Curvatura vs Velocidad de Diseño*



Nota: Tomado de Manual de Diseño Para el Tráfico de Bicicletas [7].

#### 2.6.5. Visibilidad

Para poder integrarse al tráfico de manera segura, los ciclistas deben tener un nivel de visibilidad suficiente. Existen tres tipos de visibilidad para andar, frenar y de aproximación.

La visibilidad para andar en bicicleta, esta distancia corresponde a la distancia viajada entre 8 y 10 segundos; por lo tanto, la visibilidad mínima es la distancia viajada entre 4 y 5 segundos [7].

La visibilidad para frenar es la más importante en las intersecciones y las secciones de la vía. Para una velocidad de diseño en Ciclorrutas principales que es de 30 km/h la distancia de frenado será de 40 m.

Visibilidad de aproximación esta es importante en intersecciones y en empalmes. Depende de la velocidad del tráfico, el tiempo que necesita en cruzar un ciclista y un tiempo de atraso que es un margen de seguridad debido a la velocidad del tráfico.

En la tabla 3 muestra valores de ayuda para la visibilidad de aproximación que requieran los ciclistas para maniobrar.

**Tabla 3.**

*Visibilidad de aproximación según las velocidades y anchos.*

Distancia a Cruzar (m)	Tiempo para cruzar (s)	Visibilidad que se requiere (m) según velocidad del tráfico motorizado ( $V_{85}$ )			
		30 km/h	50 km/h	70 km/h	80 km/h
4	4,2	45	100	180	205
5	4,5	45	105	185	210
6	4,9	50	110	190	220
7	5,1	50	115	200	225
8	5,5	55	120	205	235

Nota: Información obtenida a partir del Manual de Diseño Para el Trafico de Bicicletas [7].

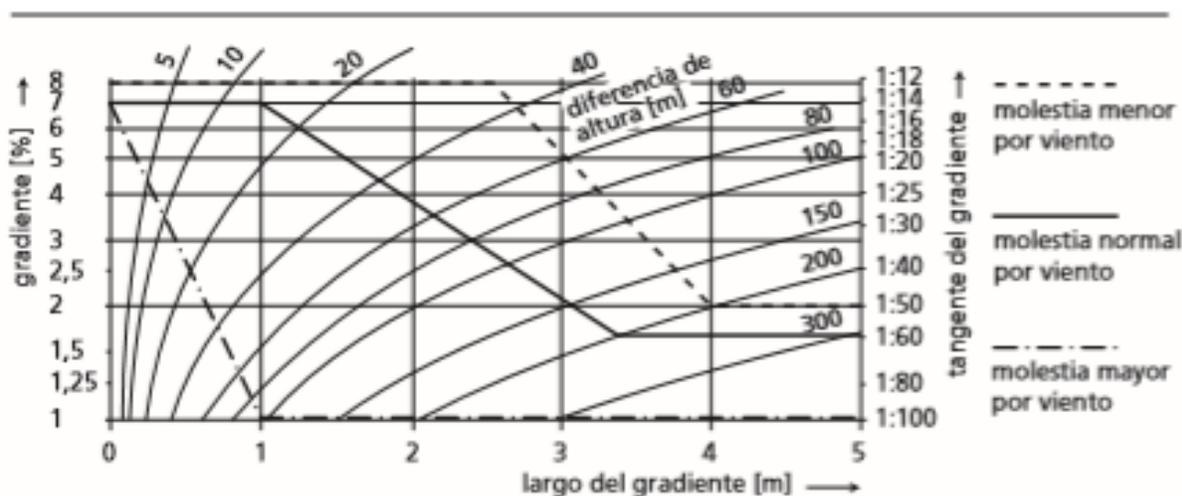
### **2.6.6. Pendiente**

Para diseñar una infraestructura ciclo amistosa se debe evitar el esfuerzo que hace un ciclista a la hora de subir una pendiente, aunque esto no siempre es posible. En Holanda, las pendientes por lo general son de tipo artificial, específicamente puentes o túneles. En ese caso, hay una clara relación entre la altura y el peralte. La cual se puede observar en la figura 6, también se considera un factor importante en el momento de hallar la pendiente como lo es el viento.

Si se debe ascender una altura mayor a los 5,00 m, es aconsejable incorporar un ‘lugar de descanso’ en la forma de una sección horizontal de unos 25 m de largo, antes de que los ciclistas deban subir la próxima parte de la pendiente [7].

### Figura 6.

*Relación entre diferencia de alturas y la gradiente.*



Nota: Tomado de Manual de Diseño Para el Trafico de Bicicletas [7].

### 2.6.7. Criterio para Volumen

Un estudio por el concejo holandés de la bicicleta revelo que, en las ciudades más importantes, más de 2.000 ciclistas ocupan las Ciclorrutas principales cada día. Debido a esto se determinó los volúmenes para las diferentes categorías de una red ciclo vial.

- Ciclorrutas principales = >2.000 ciclistas/día
- Ciclorruta = 500 – 2.500 ciclistas/día
- Otras conexiones (red básica) = <750 ciclistas/día

## 2.7. Ciclorruta a Nivel Nacional

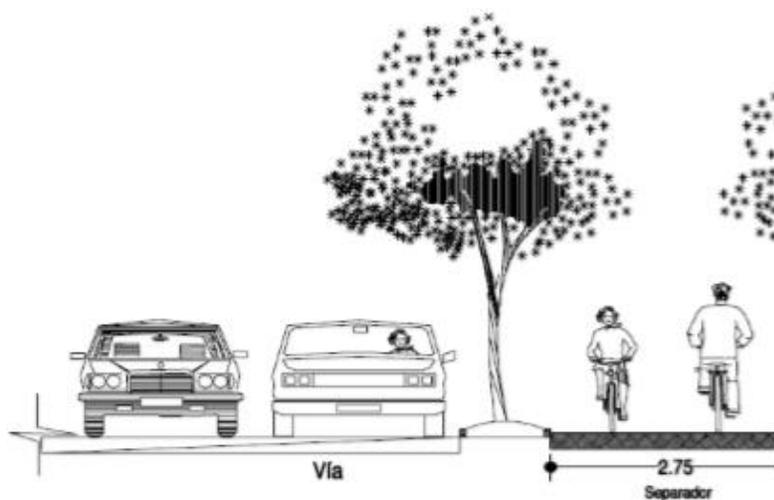
En Bogotá el proyecto de Ciclorruta se empezó a realizar en el año 1998, cuando se elaboró el Plan Maestro de Ciclorruta y fue ejecutado por diferentes entidades del Distrito. “El Plan Maestro de Ciclorruta (PMC) tuvo como propósito central, establecer una red óptima teniendo en cuenta todos los factores operativos, técnicos, de mercadeo y financiación necesarios para su construcción e implementación, considerando su interrelación con los demás medios de transportes existentes” [10].

“La Ciclovía ayudó a despertar el interés de la bicicleta como transporte alternativo cotidiano. Hoy en día más de 1.5 millones de personas la usan y es parte integral de la oferta recreativa y de actividad física saludable de Bogotá. Mediante campañas y construcción de una red de ciclo-rutas permanentes (hoy 376 km), se logró que la participación de la bicicleta aumentara de menos de 1% de los viajes en 1998 al 6% de los viajes en 2012” [11].

### 2.7.1. Tipos de Ciclorrutas

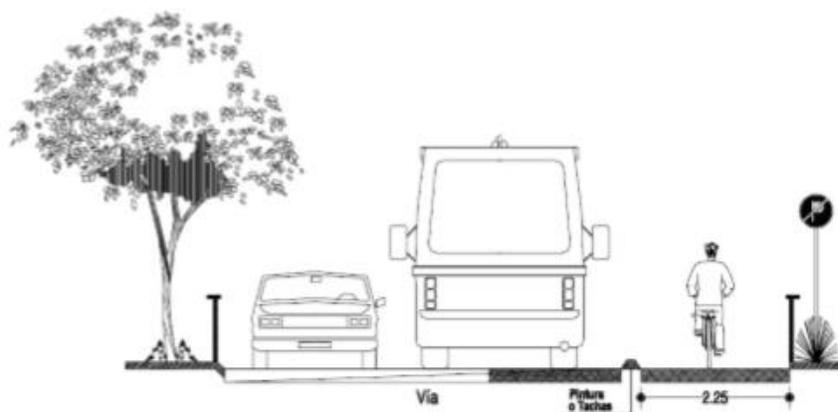
Existen fundamentalmente cuatro tipos de Ciclorrutas utilizadas para proporcionar los recorridos en bicicletas: Ciclorrutas en sitio propio o en andén, Ciclorruta en vía compartida, bulevar para bicicletas y vías compartidas.

- **Ciclorrutas en sitio propio o en andén:** son vías separadas del tráfico vehicular motorizado por un espacio ancho o una barrera. Estas franjas son ubicadas a la derecha de la calzada puede ser interna o independiente, principalmente son adecuadas para peatones, patinadores corredores y en los ciclistas para una vía de doble sentido o bidireccional.

**Figura 7.***Ciclorruta en sitio propio*

Nota: Obtenido del Plan maestro de ciclorrutas Bogotá D.C. [12]

- **Ciclorrutas en vía compartida:** son Ciclorrutas las cuales se reduce la calzada y se separa del tráfico vehicular motorizado, por medio de bolardos o vallas para el uso exclusivo de bicicletas.

**Figura 8.***Ciclorruta en vía compartida*

Nota: Obtenido del Plan maestro de ciclorrutas Bogotá D.C. [12]

- **Bulevar para bicicletas:** son vías que tienen poco flujo vehicular, en estas vías priorizan

la movilidad en bicicleta y también requiere medidas para la pacificación del tráfico.

### Figura 9.

#### *Bulevar para bicicletas*



Nota: Obtenido de Diario Occidente [13]

- **Vías compartidas:** son vías en las cuales los ciclistas y los vehículos motorizados comparten el mismo espacio. Los conductores motorizados podrán sobrepasar a un ciclista por la franja que les da prioridad a las bicicletas.

### Figura 10.

#### *Vías compartidas*



Nota: Obtenido de infraestructura ciclista [14].

En el siguiente cuadro nos muestra unas recomendaciones se deben utilizar para determinar el tratamiento adecuado para todas las calles nuevas o reconstruidas.

**Tabla 4.**

*Recomendaciones para la selección de la infraestructura de Ciclorrutas*

Numero promedio de vehículos por día	Infraestructura de ruta recomendada
<3,000	Calle común, a menos que se especifique sobre la red de Ciclorrutas un bulevar o una conexión señalizada
>3,000	Ciclorruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, mejoras con medidas para pacificación del tráfico resultan aceptables. *
>3,000<10,000	Ciclorruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, mejoras con medidas para pacificación del tráfico o fajas con sobre ancho resultan aceptables. *
>10,000<20,000	Ciclorruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, fajas con sobre ancho son aceptables. *
>20,000	Ciclorruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, la alternativa de una infraestructura paralela debería ser desarrollada.

\*Mejoras con medidas para pacificación del tráfico o fajas con sobre ancho son aceptables donde existe cualquiera de las siguientes condiciones:

- No es posible eliminar fajas o reducir su ancho;
- Existencia de restricciones topográficas;
- El pavimento adicional quebrantaría el ecosistema natural o sus características;
- El estacionamiento es esencial para servir al uso del suelo adyacente o para mejorar el medio ambiente de los peatones.

Nota: información obtenida a partir del Plan maestro de ciclorrutas Bogotá D.C. [12]

### **2.7.2. Ancho de las Pistas y Fajas**

Es la dimensión que se le da al carril dispuesto para la Ciclorruta dependiendo del tipo de franja la cual se vaya a utilizar en esa zona, dentro de este ancho se debe tener en cuenta el espacio útil del ciclista que se especifica como una figura prismática de 1.0m de ancho, 1.75m de largo y 2.25m de alto. El ancho de carril fue tomado hasta un volumen de 1500 bicicletas por día según el Manual de Diseño de Ciclorruta de la Ciudad de Bogotá D.C.

**Tabla 5.***Anchos dependiendo de pista y faja*

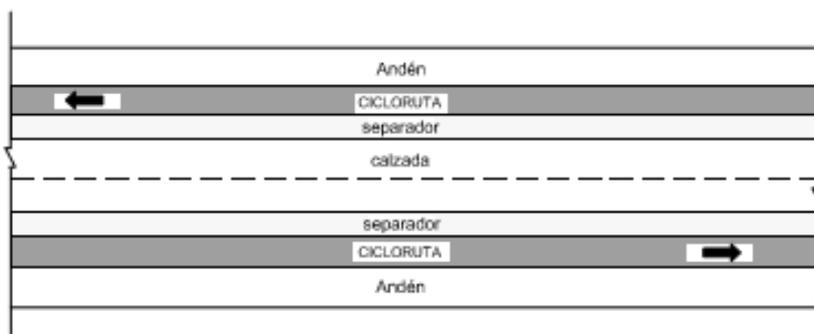
<b>Tipo de pista o faja</b>	<b>Ancho del carril (m)</b>		
Pistas unidireccionales			2.25
Pistas bidireccionales			2.75
Faja tipo 1			U 1.5 b 2.75
Faja tipo 2	U 1.75		b 2.75
Faja tipo 3			B 2.75
Faja tipo 4			U 1.5

Nota: Elaboración propia

- U\*: unidireccional    B\*: bidireccional
- Faja tipo 1: son aquéllas con marcas de pavimento que no bordean zonas de parqueo.
- Faja tipo 2: Fajas de bicicletas con marcas de pavimento que bordean zonas de parqueo.
- Faja tipo 3: Fajas protegidas por un separador.
- Faja tipo 4: son aquellas localizadas entre una línea de parqueo y un canal de tráfico motorizado.

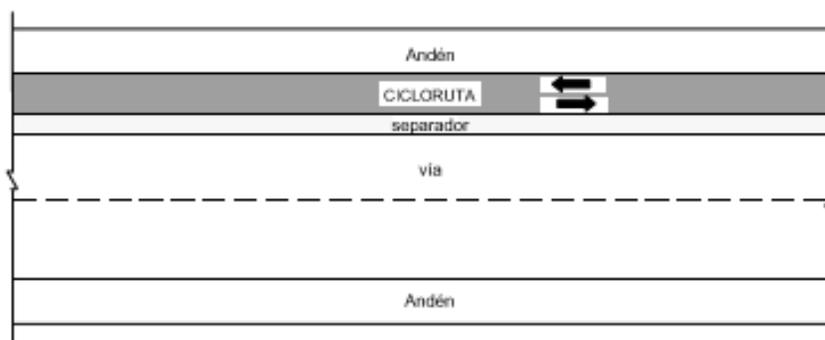
### **2.7.3. Pistas y Fajas para los Ciclistas.**

Toda pista para los ciclistas debes estar separada entre la vía de los motorizados y en anden de peatones. “Pueden ser unidireccionales o bidireccionales. Siempre que haya espacio suficiente, es aconsejable la adopción de pistas unidireccionales” [12].

**Figura 11.***Pistas unidireccionales*

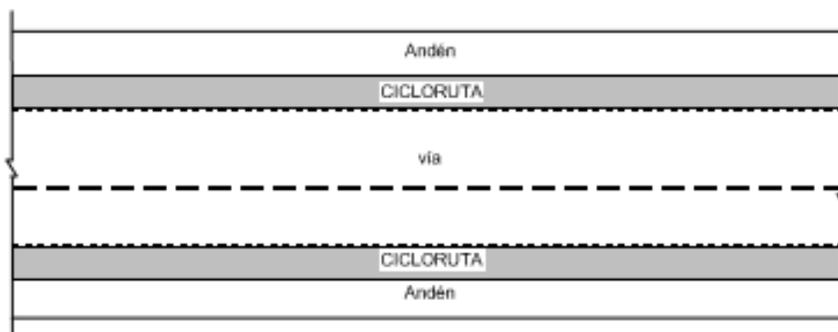
Nota: Obtenido del Plan maestro de ciclorrutas Bogotá D.C. [12]

“Las pistas bidireccionales pueden ser adoptadas siempre que el espacio sea reducido y no permita el arreglo de pistas unidireccionales. Estas pistas deben ser objeto de cuidados especiales cuando el trazado es paralelo a la calle, o a la vía, y en las intersecciones” [12].

**Figura 12.***Pista bidireccional*

Nota: Obtenido del Plan maestro de ciclorrutas Bogotá D.C. [12]

“Una faja ciclista es una parte de la calzada que se ha designado mediante señalización y demarcación del pavimento para el uso preferencial o exclusivo de bicicletas. Estas fajas ciclistas serán utilizadas cuando no es posible construir una pista por falta de espacios” [12]. Estas fajas se separan de tráfico vehicular mediante una franja de pintura o un desnivel que se puede superar y colisionar a un ciclista por un vehículo.

**Figura 13.***Fajas ciclistas***FAJAS CICLISTAS.**

Nota: Obtenido del Plan maestro de ciclorrutas Bogotá D.C. [12]

**2.7.4. Velocidad de Diseño**

Este parámetro sirve para diseñar el radio, peralte de las curvas, distancias mínimas de señalizaciones y anchos de carriles. En terrenos planos este criterio sería de 30 km/h, cuando la pendiente longitudinal es pronunciada para los descensos deberá aumentar a la empleada en tramos rectos y así permitir que el ciclista obtenga más velocidad con seguridad.

En la tabla 6, se presenta las velocidades de diseños recomendadas dependiendo la pendiente y longitud del tramo. Entre mayor pendiente y longitud la velocidad se aumentará.

**Tabla 6.***Velocidades de diseño recomendadas según la pendiente*

Pendiente (%)	Longitud (Metros)		
	25-75	75-150	> 150
3 a 5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 a 8	40 km/h	50 km/h	55 km/h
9	45 km/h	55 km/h	60 km/h

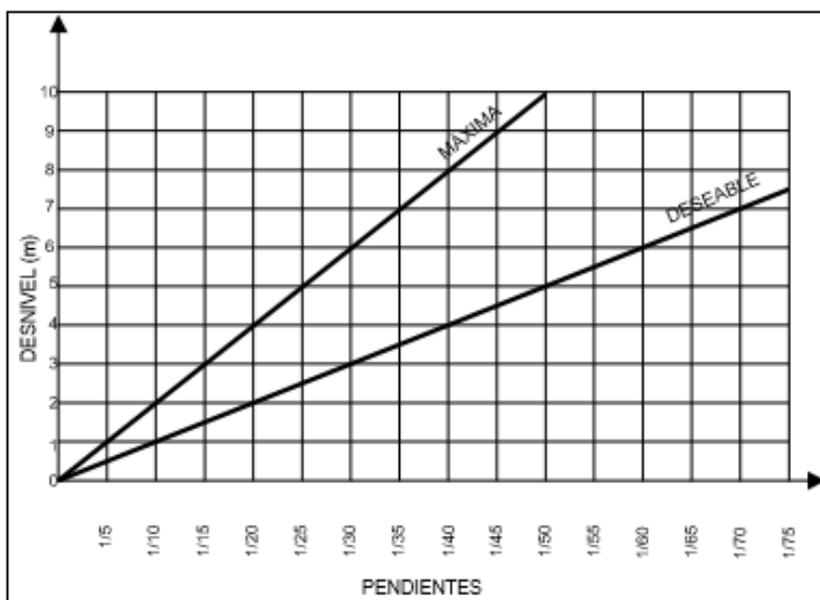
Nota: información obtenida a partir del Plan maestro de ciclorrutas Bogotá D.C. [12]

### 2.7.5. Pendientes de diseño.

Es el valor de la inclinación del terreno, para el diseño de este se deben tener en cuenta el esfuerzo al escalar y los requerimientos de seguridad para descender. Estas pendientes están en función a la longitud del desnivel y van desde 1.3% hasta el 20%. Aunque los diseños de pendientes de 3% o menos no tienen ningún problema y se pueden realizar tramos largos. Por otro lado, no se recomienda diseñar pendientes de más del 6% para poder evitar fatigas a los ciclistas.

#### Figura 14.

*Gráfico desnivel vs pendiente*



Nota: Obtenido del Plan maestro de ciclerrutas Bogotá D.C. [12]

**2.7.5.1 Radios de curvatura.** Los radios de giro van en función del peralte, el coeficiente de fricción entre la bicicleta y el pavimento y la velocidad de diseño; por lo general estos

radios de curvatura en una Ciclorruta son los mismo por la vía o calle que va trazada.

En la siguiente ecuación se podrá hallar el valor mínimo de este radio.

Ecuación 2.

*Radio mínimo de giro*

$$R = \frac{V^2}{12 + (e + f)}$$

Fuente: Manual de Diseño de Ciclorrutas de la Ciudad de Bogotá D.C

Donde:

**R** = Radio de curvatura (m)

**V** = Velocidad de diseño (Km/h)

**e** = Peralte en tanto por uno (m/m)

**f** = Coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción depende de la velocidad, el tipo, condición y rugosidad de la superficie, tipo y condición de las llantas, y si la superficie está seca o mojada. los factores de fricción para el diseño para caminos pavimentados, puede asumirse que varían desde 0,30 a 24 Km/h hasta 0,22 a 48 Km/h [12].

### **2.7.6. Peralte**

“Como recomendación especial, el peralte de una curva nunca debe exceder el 12%; porcentajes más altos pueden causar movimientos lentos por la sensación de incomodidad de la pendiente. Para ayudar a los ciclistas que van escalando en un camino bidireccional con curvas con pendientes mayores del 4%, el peralte no debe exceder el 8%.” [12].

### 2.7.7. *Distancia de Visibilidad*

La distancia que un ciclista requiere para detenerse completamente al observar un obstáculo es un factor que se debe aplicar en el diseño. Esta distancia es una función del tiempo de la percepción y reacción del ciclista, el estado de la superficie, el coeficiente de fricción, la pendiente y la velocidad de diseño. La siguiente fórmula es usada para determinar la distancia de visibilidad [12].

Ecuación 3.

*Distancia de visibilidad*

$$S = \frac{V^2}{255(G + f)} + 0,694V$$

Fuente: Manual de Diseño de Ciclorrutas de la Ciudad de Bogotá D.C

Donde:

**S** = Distancia de visibilidad (m)

**V** = Velocidad de diseño (Km/h)

**f** = Coeficiente de fricción (0.25)

**G** = Pendiente 10%

## 2.8. **Guía Ciclo-Infraestructura De Colombia**

### 2.8.1. *Las Tipologías de Vías Ciclistas y Vías Ciclo-Adaptadas*

**2.8.1.1 Ciclorruta:** Las Ciclorrutas pueden encontrarse unidireccionales o bidireccionales, por medio de carriles exclusivos para la movilidad en bicicleta, limitados físicamente del resto del tránsito y de los peatones. Estas pueden estar al mismo nivel de una calzada o

de un andén, también pueden encontrarse en un nivel intermedio entre estas dos, pero siempre llevarán algún tipo de limitante físico, el cual debe tener una altura libre de 2.10 metros y un espacio hacia los elementos mobiliarios mayor o igual a 0.30 metros.

**Figura 15.**

*Ciclorruta en calzada*



Nota: Tomado de Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

**2.8.1.2 Ciclobanda:** Hacen referencia a carriles exclusivos para la movilidad en bicicleta, estas se encuentran limitadas por un referente visual como lo son las marcas viales, color y otros dispositivos indicativos de su especialización, pueden encontrarse a nivel de la calzada con un resguardo hacia los bordillos de 0.15 metros y a nivel del andén debe llevar una segregación coherente del espacio peatonal, según la experiencia internacional al respecto evidencia que estas pueden generar conflictos con los peatones y personas con algún tipo de discapacidad, infringiendo directamente con el propósito de la bicicleta cuyo espacio de movilidad más apropiado en la ciudad es en proximidad a los demás vehículos; La altura libre de obstáculo

debe ser de 2.10 metros con un espacio hacia los elementos mobiliarios mayor o igual a 0.30 metros.

### **Figura 16.**

#### *Ciclobanda unidireccional en la calzada*



Nota: Tomado de Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

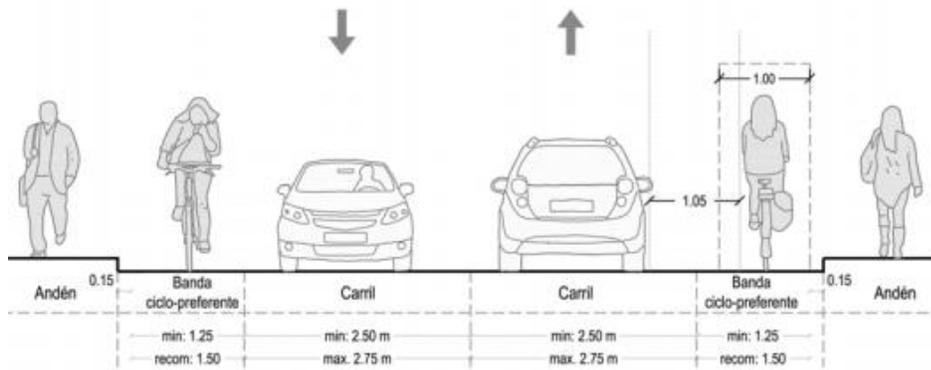
#### **2.8.1.3 Banda ciclopreferente**

Hace referencia a una banda de la calzada delimitada por una línea discontinua, el cual también puede ser utilizada por el resto de vehículos, son implementadas generalmente en intersecciones buscando habilitar carriles específicos de giro para ciclistas, con esto se logra canalizar y facilitar el orden de los distintos flujos de vehículos, o, simplemente, para permitir el avance de los ciclistas en caso de que haya control de parada en proximidad de una intersección.

“La introducción de bandas ciclopreferentes en secciones mínimas (carriles de 3,75 m) sólo es recomendable si la velocidad se limita a 30 km/h, es decir, en situaciones donde es aceptable que el automóvil adelante al ciclista a una distancia de 0,90 m.” [9].

**Figura 17.**

*Dimensiones de referencia para una sección con bandas ciclopreferentes*



Nota: Tomado de Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

#### 2.8.1.4 Carril ciclopreferente

En esta tipología de ciclo-vía se da por medio del uso compartido de un carril de la calzada, esto se da en vías de 2 o más carriles. En el carril ciclopreferente el usuario de bicicleta debe ir en sentido paralelo o en el centro del carril y para el tráfico motorizado es permitido circular hasta 30 km/h o bajar la velocidad a la que transita la bicicleta. Para la identificación de este carril se colocarán señales horizontales como se muestra en la figura 18.

**Figura 18.**

*Carril ciclopreferente*



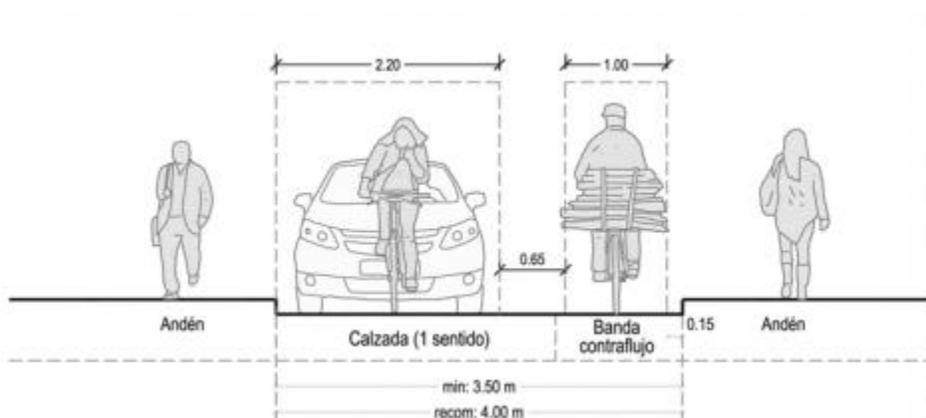
Nota: Tomado de Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

### 2.8.1.5 Circulación contraflujo

Por medio de esta medida los ciclistas pueden acortar tiempo y distancia en sus recorridos, debido a que se les habilita contraflujo en sus carriles y se le permite circular en los dos sentidos, sin embargo, esta medida es implementada en calles calmadas o de poco flujo vehicular, ya que es una medida nueva y se sugiere implementarse utilizando algún tipo de reforzadora visual de la opción de contraflujo, un ejemplo serían los pictogramas ciclistas y señalización vertical. “Se suele manejar un umbral de hasta 3.000 veh/día, siendo un volumen de 300 vehículos por hora el tope recomendable para aplicar este tipo de soluciones.” [9].

#### Figura 19.

*Dimensiones de referencia para una sección con circulación ciclista en contraflujo*



Nota: Tomado de Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

### 2.8.2. Sentidos de Circulación

Es importante para la creación de las vías-ciclisticas el carácter unidireccional o bidireccional, esto infringe directamente en su diseño en cuanto sentidos de movilización; se puede afirmar que la variante bidireccional no es la más recomendable cuando la Ciclorruta se encuentran en entorno urbano, debido a la inseguridad en los cruces donde es más complejo

alertar a los conductores del resto de vehículos que deben tener en cuenta el flujo de bicicletas en los dos sentidos. “En cualquier caso, la opción bidireccional puede ser aceptable cuando se den los siguientes factores o una combinación de los mismos:

- Existan tramos de gran longitud sin intersecciones intermedias,
- La calidad ambiental o el atractivo para las personas que utilizan la bicicleta estén claramente volcados en uno de los laterales de la vía,
- La conexión con los tramos precedentes o posteriores se pueda realizar de modo más seguro y adecuado en un solo cruce bidireccional.” [9].

**Tabla 7.**

*Ventajas e inconvenientes a considerar de vías uni- o bidireccionales*

<b>Tipo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Unidireccional	Las bicicletas circulan en el mismo sentido que el tránsito motorizado, lo que simplifica el diseño de las intersecciones	Mayor Costo de ejecución y Limpieza
	Mayor facilidad para el cruce de peatones	Se requiere más espacio para su implantación
	Mayor seguridad en Intersecciones. Pues las personas que conducen los vehículos motorizados tienden a concentrarse en el sentido de la calzada	
	Más flexibilidad para combinar diferentes tipos de vías ciclistas, si las condiciones lo requieren Mayor capacidad de las vías con dos sentidos de circulación	
Bidireccional	Menor costo de ejecución y mantenimiento	No son adecuadas en trayectos con muchas intersecciones, cruces o vados ya que suelen ser menos seguras
	Sí hay pocos ciclistas, mayor espacio disponible para circular en paralelo	Menos adecuadas para redes secundarias, ya que ofrecen menos flexibilidad para circular en bicicleta
	Se requiere menos espacio vial para su implantación	Mayores dificultades para redes secundarias, ya que ofrecen menos flexibilidad para circular en bicicleta Pueden reducir la capacidad de los flujos vehiculares en las intersecciones Menor capacidad que las vías unidireccionales

Tipo	Ventajas	Inconvenientes
		Requieren una mayor segregación. En consecuencia, los ciclistas son menos visibles para las personas que conducen los demás vehículos. Posibilidad de choque frontal ciclista / ciclista.

Nota: información obtenida a partir de la Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

### 2.8.3. Parámetros de diseño

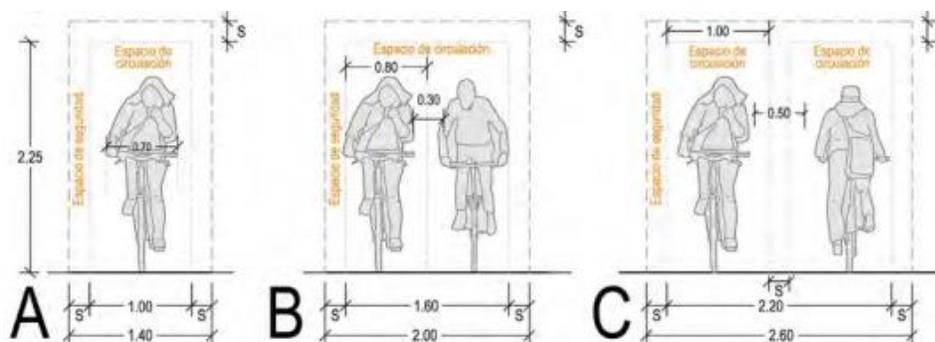
#### 2.8.3.1 Dimensiones

Los corredores para el uso de bicicletas deben permitir la realización de maniobras de adelantamiento, encuentro, paradas, entre otras, por medio de una circulación segura y cómoda.

Para poder transitar paralelamente en un solo sentido (unidireccional) y facilitar adelantamientos de forma segura y cómoda, la banda por donde van a circular las bicicletas debe tener un mínimo de 2.00 metros de ancho. En comparación con la banda ciclística de dos sentidos (bidireccional), para ser cómoda y segura esta necesita un ancho mínimo de 2.60 metros.

#### Figura 20.

##### Dimensiones básicas del ciclista



Nota: Tomado de Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

“Estas medidas son aplicables para las bicicletas estándar de dos ruedas. No obstante, existen otro tipo de bicicletas cada vez más frecuentes como, por ejemplo, los triciclos o remolques, que tienen unas dimensiones diferentes.” [9].

**Tabla 8.**

*Dimensiones básicas de vehículos encontrados en Colombia*

<b>Vehículos</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>
Bicicleta Urbana	1.80	1.9	0.70
Bicicleta de Carga	1.80	2.10	1.00
Triciclo	1.80	2.10	1.20
Triciclo de transporte de viajeros	1.95	2.70	1.30

Nota: información obtenida a partir de la Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

Debido a que en Colombia se manejan bicicletas de mayor dimensión, se propone tres parámetros los cuales permiten incorporar estos vehículos en el diseño de la ciclo-infraestructura:

- Diseñar una infraestructura con un ancho suficiente para los vehículos de dimensiones mayores.
- Donde las vías ciclistas no son de uso obligatorio, sino una oferta adicional a la calzada, posibilitar que los triciclos utilicen preferiblemente la calzada.
- Optar por ciclo bandas sin elementos de segregación, de modo que los triciclos puedan utilizar parcialmente el carril colindante a la vía ciclista.

### 2.8.3.2 Velocidad de referencia

Para el diseño de la ciclo-infraestructura es necesario tener en cuenta la velocidad ya que esta determina el radio y el peralte de las curvas junto a las distancias mínimas de visibilidad, afectando directamente al espacio necesario para la movilidad de la bicicleta y por ende, condiciona el ancho que debe tener las vías ciclísticas; En la zonas planas la velocidad media de

los conductores oscila entre 15km/h y 20km/h, en tramos de pendientes continuas suelen alcanzar velocidades hasta de 40km/h dependiendo de la longitud del tramo, teniendo en cuenta estos datos se recomienda manejar las velocidades descritas en la tabla numero 9 las cuales son superiores a la velocidad de referencia con esto se proporciona un margen suficiente en cuanto a seguridad [9].

**Tabla 9.**

*Velocidad de diseño en función de la pendiente de la calle*

Pendiente	Longitud de Tramo		
	25 -75 m	75 – 150 m	>150 m
3 – 5 %	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 – 8 %	40 km/h	45 km/h	50 km/h
9 %	45 km/h	50 km/h	55 km/h

Nota: información obtenida a partir de la Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

### 2.8.3.3 Pendientes longitudinales y transversales

Para estas se deben tener en cuenta la afectación que causa en el esfuerzo para ascender y la seguridad en el descenso, “Salvo para los ciclistas de tipo deportivo, no son recomendables los trazados que superen un 6% de gradiente ascendente, ya que son poco cómodos y atractivos para los ciclistas urbanos cotidianos.” [9].

En cuanto a la topografía en amplia parte del territorio colombiano, algunas vías deben superar su grado de inclinación, en estos casos es necesario garantizar que la ciclorruta sea de un ancho suficiente el cual facilite el ascenso y descenso, así mismo la pavimentación debe encontrarse en condiciones óptimas para ejecutar estas maniobras.

**Tabla 10.**

*Pendientes según longitud máxima permitida del tramo.*

<b>Pendiente</b>	<b>Longitud Máximo Permitida del Tramo</b>
3 – 6 %	500 m
6 – 8 %	250 m
8 – 10 %	90 m
Más del 10 %	30 m

Nota: información obtenida a partir de la Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

### 2.8.3.4 Distancia de visibilidad y de frenado

Otro parámetro importante a considerar al diseñar la ciclo-infraestructura es la distancia para frenar con seguridad esta depende de los gradientes, el estado del pavimento y la velocidad con la que se moviliza el ciclista.

**Tabla 11.**

*Distancia de frenado y de visibilidad en función de la velocidad y pendiente*

<b>Velocidad de Diseño</b>	<b>Pendiente Descendiente</b>					
	0 %		3 %		6 %	
	Frenada	Visibilidad	Frenada	Visibilidad	Frenada	Visibilidad
20 km/h	20 m	31 m	25 m	36 m	30 m	41 m
30 km/h	35 m	52 m	40 m	57 m	45 m	62 m
40 km/h	50 m	72 m	55 m	77 m	60 m	82 m

Nota: información obtenida a partir de la Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas [9].

“Como se puede comprobar en la tabla, en tramos llanos y una velocidad de diseño de 20 km/h, se requiere una distancia de parada de 20 metros más la longitud recorrida durante el tiempo de reacción del ciclista (2 segundos), lo que supone una distancia adicional de unos 11 metros circulando a dicha velocidad. En síntesis, la distancia de visibilidad debe estar en torno de los 31 metros para este caso específico.” [9].

## **2.9. Ciclorruta a Nivel Local**

“Son nueve corredores los que se construirán para *reorganizar y potencializar, de manera incluyente, educativa y recreativa, los desplazamientos en las modalidades de transporte no motorizados*” [15].

La construcción de una infraestructura que respalde el uso de la bicicleta para una movilidad urbana se empezó a buscar que en Bucaramanga se debe hacer un cambio de prioridades en la movilidad. El gran parque automotor que se encuentra en la ciudad lleva a congestiones, contaminación, accidentabilidad, sedentarismo, etc. Para esto la alcaldía le apuesta a un cambio de la movilidad y poder así reducir estos inconvenientes que se llevan a cabo día a día en la ciudad bonita.

### **2.9.1. Plan Maestro de Movilidad Bucaramanga**

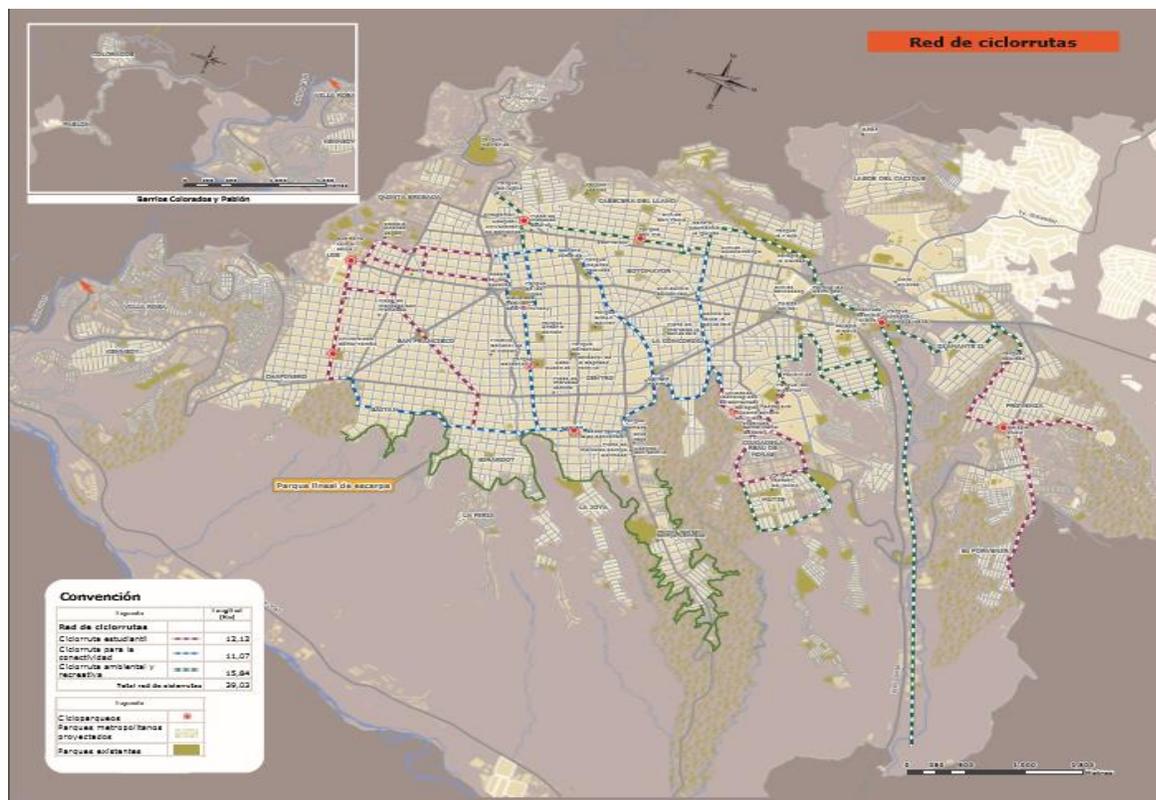
El proyecto se da a conocer después que saliera el “Plan maestro de movilidad Bucaramanga 2010 – 2030” y “La bicicleta como transporte alternativo: Estrategia 2019-2030 para Bucaramanga y su Área Metropolitana”. Estos documentos tienen como objetivo principal Crear una red para el tránsito de bicicletas en articulación con los modos peatonales y el SITM. Así se podrá incrementar la movilidad urbana haciendo el uso de las bicicletas ayudando a reducir la congestión del parque automotor y el medio ambiente.

La red de ciclorrutas que se propone está conformada por una serie de anillos perimetrales que parten del eje ambiental de la quebrada La Iglesia y conecta el oriente de la ciudad, sector de la plaza Guarín, con el sector de la Villa Olímpica y la UIS. A partir de este

sector, se plantea una directa conexión con el occidente de la ciudad a partir de la calle 9, y, a su vez, con el centro administrativo municipal a través del eje de la carrera 11 [16].

Estas serían las características de la red debido a la necesidad de la zona:

- Red ciclorruta estudiantil: conecta las zonas de atracción de estudiantes con las áreas residenciales. Esta red va a conectar la UIS con los corredores de la calle 9, carrera 28, cra31 y bulevar Santander. También en el sector de la calle de los estudiantes con el barrio real de minas y el sector de a rededor del colegio INEM.
- Red de ciclorruta para la conectividad: estos corredores conectarán las zonas con mayor empleo en la ciudad y se unirán con las áreas residenciales pobladas y de baja conectividad. La red se ubica en los corredores de las carreras 12 y 11 y conecta los barrios Gaitán, Granada, García Rovira, San Miguel y Gómez Niño.
- Red de ciclorruta ambiental y recreativa: esta red será localizada a los alrededores de parques, zonas hídricas y áreas de reservas ambientales. La red se ubica sobre el eje de la quebrada La iglesia y se conecta con el corredor de la carrera 34 hasta llegar a la Plaza Guarín y el Parque del Agua.

**Figura 21.***Red de ciclorrutas Bucaramanga*

Fuente: Plan Maestro de Movilidad Bucaramanga 2010-2030 [16].

El Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010 – 2030 (PMM) se refiere a que para la construcción de una ciclo-infraestructura es necesario la formulación de un plan maestro de ciclorrutas enfocado en el área metropolitana.

Hay varias incongruencias en los corredores que se evidencian en el PMM y los proyectados por la alcaldía de Bucaramanga que son el corredor 2 (carrera 21 entre calles 5 y 56), corredor 6 (calle 33) y el corredor 9 (carrera 35 y 35ª entre calles 36 y 52).

**2.9.1.1 Red 2019** “Los perfiles viales vehiculares están conformados como mínimo por el andén, la calzada y en algunos casos separadores viales. Adicionalmente podrán

contener los componentes del perfil vial adicionales cuando sea contemplado una ciclorruta, franjas ambientales especiales o separadores en vías de múltiples calzadas” [16].

Los primeros tramos de esta fase de la ciclo- infraestructura de Bucaramanga se llevó a cabo en 6 tramos en el 2017 los cuales son:

- Tramo 1: entre la glorieta Caballo de Bolívar y la carrera 28 con calle 14.  
Longitud 0.71 km
- Tramo 2: sobre la carrera 28 entre calles 21 y 14. Longitud 0.64 km
- Tramo 3: sobre la calle 21 entre carreras 28 y 30. Longitud 0.21 km
- Tramo 4: sobre la calle 29 entre carreras 30 y 32. Este tramo sigue con el mismo perfil vial y es una ciclorruta compartida. Longitud 0.19km
- Tramo 5: sobre la carrera 30 entre calles 21 y 32. Longitud 0.21 km
- Tramo 6: sobre la calle 32 entre carreras 26 y 30 parque de los niños.

### ***2.9.2. Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga***

“El objetivo del Plan Maestro de Espacio Público (PMEP) de Bucaramanga es estructurar un sistema de espacios públicos de calidad que articule los sistemas naturales y elementos constitutivos de la estructura ecológica principal como cerros orientales, escarpes occidentales y cuencas hídricas, y los elementos construidos como la infraestructura vial, equipamientos, transporte público, ciclorrutas y andenes, trazando propuestas y estrategias.” [17].

A partir de la perspectiva del espacio público se considera que las infraestructuras para las bicicletas tienen los siguientes componentes:

- Estacionamientos o ciclo parqueaderos,
- Intersecciones con vehículos y peatones,
- Tramos viales,
- Facilidad de acceso a puentes,
- Zonas de pendientes,
- Mobiliario de servicio.

Todos estos aspectos se relacionan con el espacio público en los sentidos del flujo de los actores de movilidad y sus conflictos, así como de los espacios mínimos requeridos.

Es importante que en las intersecciones no se encuentren obstáculos a una altura de 2.5 metros y a una longitud de entre 20 y 30 metros. Lo cual permitirá el frenado adecuado del ciclista a una velocidad de 10 a 20 kph (ministerio de transporte, 2016). En cuanto a la velocidad se hace necesario que todos los actores de la movilidad compatibilicen en esta, para asegurar esto se realizan las siguientes pacificaciones del tráfico como pueden ser, estrechamiento de carriles, texturización del pavimento, control semafórico y nivelación de la vía con el andén. “Dentro de las tipologías de intersecciones típicas se consideran intersección no sanforizada, intersección con semáforo, intersección a nivel (glorietas) e intersección a desnivel (tipo puente).” [17].

Se hace necesario conectar una red de ciclorrutas para mejorar la necesidad de viaje de los usuarios, facilitando el desplazamiento por toda la ciudad e inmersamente promoviendo el uso de esta. Los principios de trazados de la red según la guía de ciclo infraestructura son:

- Seguridad: esta se basa en la seguridad personal, en la cual intervienen los siguientes parámetros, iluminación suficiente, eliminación de puntos ciegos, trazados por zonas de alta circulación de personas, conexión con entidades de seguridad y sistemas de

información para el usuario.

- **Comodidad:** se basa en las condiciones que debe tener el pavimento, ancho de ciclorruta, que debe permitir al ciclista hacer maniobras de adelantamiento o cambios de velocidad sin perder su equilibrio. En general la comodidad de una ciclorruta es que se encuentre su pavimento en óptimas condiciones para su movilidad.
- **Coherencia:** se debe minimizar los cambios en la estructura de la red, esto quiere decir que las condiciones y estructura que se plantearon para el diseño de la ciclovía debe intentar conservarse, ya que algún cambio de manera abrupto implica un diseño poco coherente.
- **Trazados directos:** es importante que las vías ciclísticas sean lo más directas posibles para que de esta manera el ciclista llegue a su destino lo más rápido posible y haciendo el menor esfuerzo físico. Debido a esto se recomienda que la red evite zonas desconectadas, intersecciones complejas y desvíos.
- **Atractiva:** la infraestructura de las ciclovías debe ser agradable y llamativa para los usuarios de esta, contemplando las necesidades que se le pueden presentar al usuario durante su desplazamiento, pensando desde los puntos de hidratación hasta estacionamientos públicos gratuitos, entre otras medidas que promueva el uso de las ciclovías.

Como uno de los conceptos rectores de la generación de red, se establece el uso de vías paralelas a las principales que no tengan un alto volumen de tráfico, para de esta manera aprovechar la infraestructura de soporte de las redes principales, minimizar impactos en construcción y sobre todo disminuir el riesgo de accidentabilidad.

El diseño de la red parte de la tipología de las vías que posee la ciudad y las necesidades de los usuarios de esta, esto permite clasificar la red dependiendo el sentido de conexión que permite la generación de una red tipo cuadrícula, ajusta a la trama vial y desarrollada en tres categorías.

- Red longitudinal: esta atraviesa la ciudad de norte a sur uniendo sus principales ejes y zonas de generación y atracción de viajes.
- Red transversal: la cual completa circuitos principales generando un entramado tipo cuadrícula permitiendo la cobertura y accesibilidad a la mayor parte del territorio.
- Red de conexión contempla internamente conexiones con equipamiento, parques y sitios de interés dentro de las zonas generadas por las primeras dos calificaciones.

### **2.9.3. Estrategia de la Bicicleta**

“Esta Estrategia contempló en el análisis diferentes tipologías, entre las cuales se encuentran infraestructura de uso exclusivo para la bicicleta como las ciclorrutas y las ciclo bandas, en las que las primeras tienen separación física, mientras que las bandas tienen elementos de separación no permanentes como elementos de señalización y pintura. A estas opciones se suman vías ciclo adaptadas con integración de tráfico y prelación para la bicicleta, como bandas o carriles ciclo preferente o carriles bus-bici. Finalmente, las vías de tránsito calmado, pueden ser consideradas parte de la red de vías ciclistas, siempre y cuando la cantidad y la velocidad de vehículos motorizados sea baja.” [18].

**Figura 22.***Red de ciclorruta en construcción*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

Para la alcaldía de Bucaramanga “la meta principal es para el 2030 el 5% de los viajes en el área metropolitana de Bucaramanga se harán en bicicleta y el 90% de quienes usen la bicicleta la calificarán como una muy buena opción de transporte” [18].

**2.9.3.1 Actualidad:** El proyecto ciclo-infraestructura se construirá en tres fases las cuales son propuestas llevarse a cabo en la red 2019, red 2025, red 2030. La primera se llevó a cabo en el 2017 el cual se construyó 2.6 kilómetros el cual unió la Biblioteca Gabriel Turbay con la Universidad Industrial de Santander, UIS. Para completar esta fase se planeó

construir 17.4 kilómetros en el 2019 para así cumplir con la primera fase propuesta por el gobierno.

La segunda parte de la fase llamada “Red 2019” se empezó a construir a mediados del año 2019. Se consideró continuar por seguir y unir los corredores existentes y se hizo un estudio de mirar las zonas más concurridas por la población bumanguesa.

La alcaldía de Bucaramanga dispuso a realizar 2 contratos por medio de licitación para ejecutar la construcción de 10 corredores, estos se llevarán a cabo por 5 corredores cada grupo de contratistas. Serán ubicados de la siguiente manera:

### Grupo 1

- Corredor 1: calle 9 desde la carrera 15 hasta la carrera 27

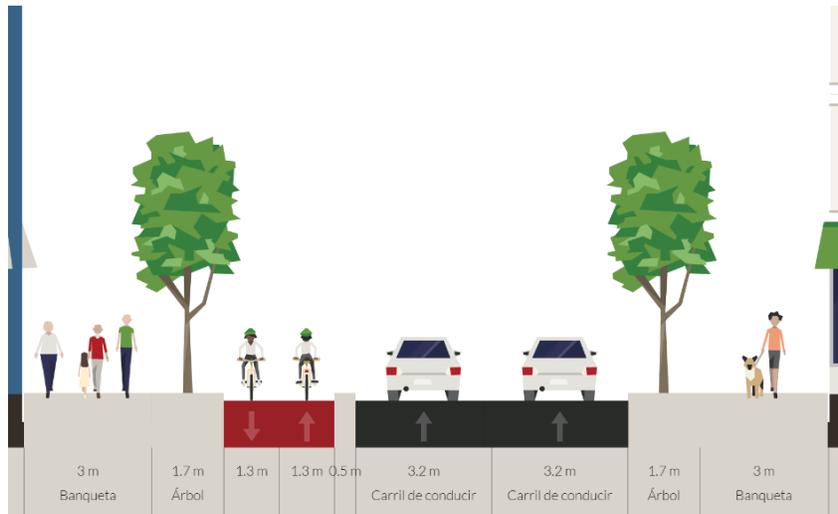
### Figura 23.

*Perfil vial de la calle 29*



Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 2:** carrera 21 desde la calle 56 hasta la calle 5

**Figura 24.***Perfil vial de la carrera 21*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 3:** bulevar Santander desde la carrera 15 hasta la carrera 25. calle 14 desde la carrera 25 hasta la carrera 28

**Figura 25.***Perfil vial del bulevar Santander*

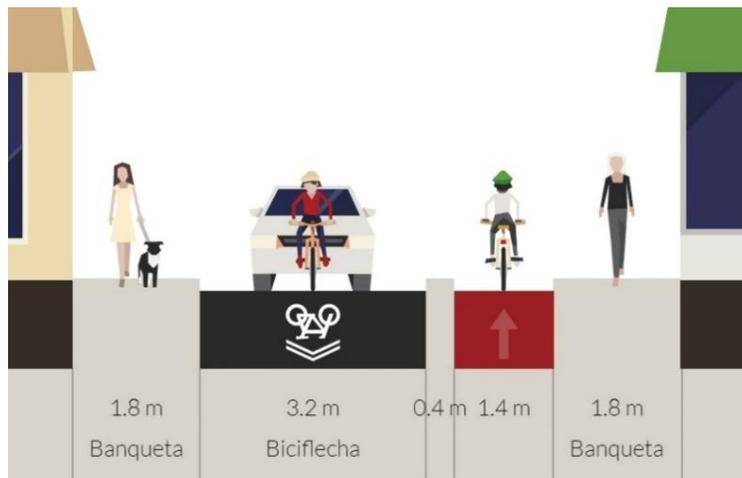
Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 4:** real de minas zona oriental, calle 55 desde carrera 21 hasta carrera 16; carrera 16 entre calle 55a y calle 55; calle 55a entre diagonal 14 y carrera 16.

**Figura 26.***Perfil vial de la calle 55*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 5:** parque García Rovira, carrera 11 desde la calle 35 hasta la calle 33. calle 33 entre la carrera 11 hasta la carrera 25. carrera 25 entre calle 33 y 32. calle 32 entre carrera 25 y 26

**Figura 27.***Perfil vial de la carrera 11*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

## GRUPO 2

**Corredor 6:** Este corredor va desde la carrera 3 hasta la calle 61, lo cual ayudara a conectar el barrio Mutis con Real de Minas. Será dividida en dos perfiles viales los cuales son:

*Av. samanes (entre carrera 3 y calle 59):* Las dimensiones del perfil de la vía la encontraremos en la figura 28. En este tramo se ejecutó una ciclorruta bidireccional en el costado sur, disminuyendo los carriles mixtos a uno en cada sentido.

*Av. Samanes (entre calle 59 y calle 61):* las dimensiones del perfil de la vía la encontraremos en la figura 29. Para terminar este corredor se construyó ciclorruta s unidireccionales en los costados derechos de la vía, reduciendo el número de carriles mixtos a uno en cada calzada.

### Figura 28.

*Perfil vial de la Av. Samanes*

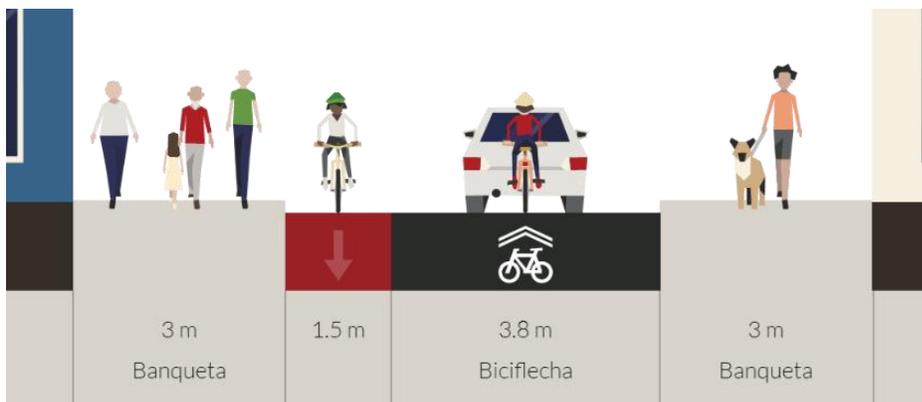


Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

**Figura 29.***Perfil vial de la Av. Samanes*

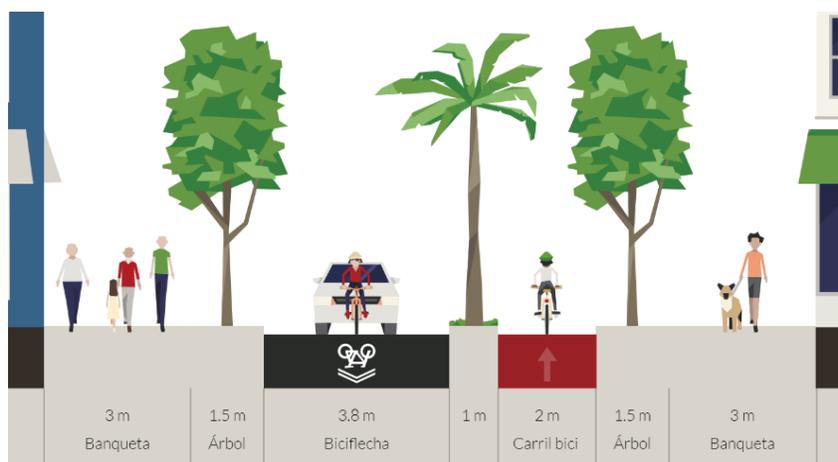
Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 7:** carrera 10 entre calle 37 y calle 41. calle 41 entre carrera 10 y Av. La Rosita entre 7 bocas y glorieta Chicamocho.

**Figura 30.***Perfil vial de la carrera 10*

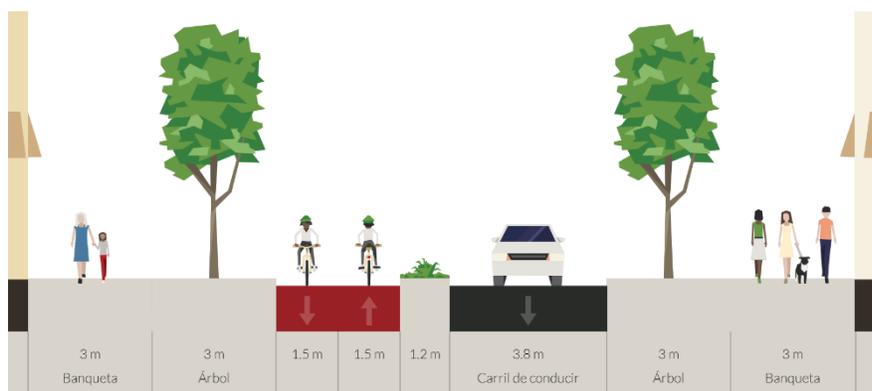
Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 8:** carrera 35 desde la calle 36 y calle 45; carrera 35a entre calle 46 y calle 52

**Figura 31.***Perfil vial de la carrera 35*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 9:** carrera 30 entre calle 36 y calle 32; calle 36 entre carrera 30 y carrera 35; carrera 35 entre carrera 38 y calle 36; carrera 38 entre calle 32 y carrera 35; calle 32 entre carrera 38 y carrera 30.

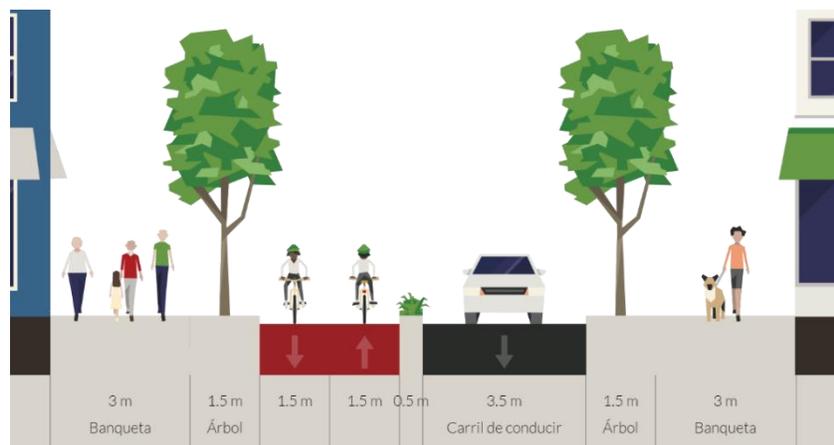
**Figura 32.***Perfil vial de la carrera 30*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor 10:** carrera 29 entre Av. La Rosita y carrera 31; carrera 31 entre carrera 29 Av. González Valencia.

### Figura 33.

#### Perfil vial de la carrera 29

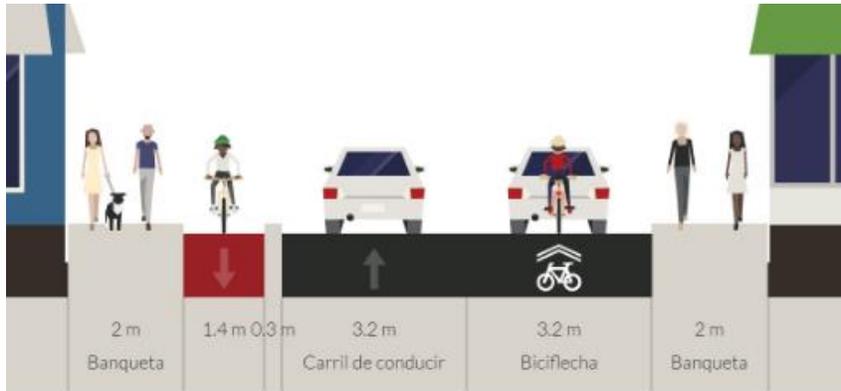


Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

- **Corredor calle 33**

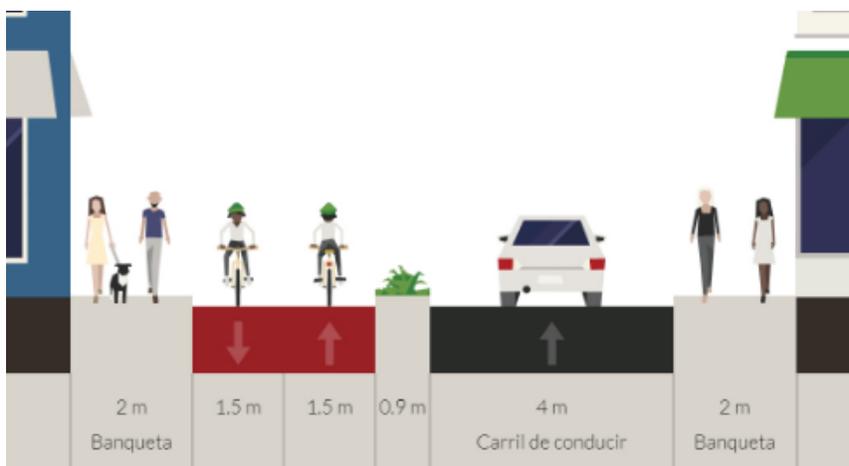
Será dividido por dos tramos los cuales tendrán diferente perfil vial por lo mismo la tipología de la ciclorruta cambiará en estos tramos: El primer tramo será en la calle 33 de carrera 11 hasta la 21

se mantiene en número de carriles mixtos existentes. Para este tramo se hará un carril ciclo preferente al lado derecho, al costado sur de la vía que va en sentido del flujo de los actuales carriles. Y se hará una ciclorruta unidireccional en el costado norte de la vía en sentido contrario del flujo de los carriles mixtos [19].

**Figura 34.***Perfil vial de la calle 33*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

El segundo tramo será en la calle 33 desde la carrera 21 hasta la cra25 “se realizará una ciclorruta bidireccional en el costado norte de la vía, reduciendo la cantidad de carriles mixtos a uno” [19].

**Figura 35.***Perfil vial calle 33*

Nota: Obtenido de “La bicicleta como modo de transporte: Estrategia 2019-2030” [18].

#### 2.9.4. Aspectos Legales

“Esta red de ciclorrutas indicativa deberá ajustarse por parte de la Secretaria de Planeación, con el desarrollo de un del plan de ciclorrutas, el cual deberá identificar y ajustar los corredores y asignar la prioridad de ejecución de los tramos” [20]. Estos serían los 38 corredores que se planearon en el POT de Bucaramanga:

**Tabla 12.**

*Corredores viales con ciclorruta*

Corredor	Hasta	Desde	Longitud (m)	Corredor	Hasta	Desde	Longitud (m)
Av Búcaros	61	61	368,6	CII 65	25	2	1246,5
Av Estudiantes	55	55	377,3	CII 70	43	27	790,7
Av Guayacanes	3	1	301,1	CII 89	27	25	317,8
Av Rosita	32	15	1627	CII 9	27	15	1278,3
Av Samanes	3	3	352,5	CII 99	27	20	476,1
Bl Santander	23	15	1097,8	CII 105	20	27	1553,1
CII 10	30	27	253,2	CII Real	7	5	287
CII 14	25	24	93	K 11	104	20	1866,4
CII 23	15	11	363,2	K 12	1	12	562
CII 31	26	11	1335,7	K 15	12	9	217,4
CII 32	31	26	556,2	K 15	52	50	280,2
CII 33	34	31	297,4	K 21B	117	111	323,2
CII 40	32	27	501,6	K 25	104	9	929,4
CII 52	37	29	700,8	K 27	70	9	216,9
CII 53	29	17	735,2	K 30	14	10	305,1
CII 55	14	8 Occ	829,4	K 31	36	14	1303,6
CII 59	7	7	219,3	K 34	52	33	1349,5
CII 61	17a	7	388	K 37	55	52	271,7
CII 63a	5	1	273,2	CII 64a	17E	17 a	242,2

Nota: Información obtenida a partir del Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga [20].

En septiembre del año 2019 se dio la suspensión de la construcción de la ciclorruta por una jueza que determino que solo se podrán realizar trabajos que evite la movilidad y la

seguridad vial de los tramos que se venían construyendo. Lo que no se les permitió fue seguir realizando cortes al pavimento e instalación de bolardos.

Los argumentos que se dieron para la suspensión del proyecto “ciclo-infraestructura” son:

#### **2.9.4.1 Desconocimiento del POT, Bucaramanga**

El artículo 131 del plan de ordenamiento territorial se muestra los corredores los cuales fueron aprobados (Tabla 12), pero la alcaldía de Bucaramanga dio a la licitación y celebración de dos contratos los cuales fueron construidos unos corredores en lugares no autorizados.

“Modificación del POT, sin el lleno de los requisitos legales y desconociendo los principios de planeación, coordinación y armonización que deben regir las actuaciones de quienes administran los bienes de uso público” [21].

#### **2.9.4.2 Violación del derecho de participación ciudadana**

Debido al argumento que se dio anterior no se le dio a conocer los cambios a la opinión publica en las etapas de factibilidad o viabilidad si no después de la etapa contractual cuando ya las sugerencias u opiniones de la comunidad no tienen validez alguna.

#### **2.9.4.3 Afectación a la movilidad y seguridad vial**

El proyecto afecta de manera peligrosa a los comerciantes y personas que transitan por lugares donde fue trazada la ciclorruta, “debido a que recae sobre vías de dos carriles que se reducirán a uno, generando gran congestión vehicular; además de dificultades de acceso a clínicas, capillas, establecimientos de comercio, bancos y residencias que se ubican en dichos tramos” [20].

#### **2.9.4.4 Lineamientos de la ciclorruta**

En el artículo 132 del POT de Bucaramanga nos dice que se deben cumplir con las condiciones establecidas en el Manual para el Diseño y Construcción del Espacio Público de Bucaramanga (MEPB). Para su funcionalidad puede ubicarse al nivel de la calzada, separador o andén. “Debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Ancho si es de un solo sentido 1.60m o 2.60m cuando es de doble sentido
- La ciclorruta se complementará al perfil vial y su dimensión será independiente a la del andén, separador o calzada.
- Se debe mantener la continuidad en las ciclorrutas mediante la instalación de elementos necesarios que superen los cambios de nivel.
- La pendiente transversal será de máximo 2% hacia la calzada y la pendiente longitudinal Optima será la misma de la calzada.
- La pendiente longitudinal máxima para un corredor con ciclorruta que no esté junto a vías vehiculares, es del 5%, permitiéndose una pendiente máxima del 8%, en tramos menores a 100m.
- Se excluye los trazados de ciclorrutas sobre la red arterial primaria y secundaria, por incompatibilidad de funciones.
- Su trazado se debe articular con el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) y relacionar equipamientos y parques con zonas residenciales, así como áreas de vivienda con centros de empleo.
- Se privilegian los tramos de ciclorrutas con fines recreativos, integrando parques metropolitanos, parques lineales con la zona de aislamiento de laderas y rondas hídricas”

[20].

Otro lineamiento es la ubicación en la que se puede construir los corredores de la ciclorruta. Se puede ubicar a nivel del “andén en la franja ambiental, entre la servidumbre de vía y la zona de amoblamiento, o entre la zona de amoblamiento y la franja de circulación peatonal” [20], se debe ubicar a 60 cm del borde externo del sardinel para acceder a las rampas vehiculares; en todos lo caso se debe tener una distancia mínima de 60cm entre la ciclorruta y el mobiliario que se instale. Si la ciclorruta tiene el mismo sentido del flujo vehicular se ubicará al lado derecho de la calzada junto al sardinel y la última ubicación sería en el separador.

### **3. Metodología**

Este trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar de qué manera se afectó el flujo vehicular, cuantificando e identificando inicialmente el volumen de automotores (Buses, Camiones, Colectivos, Motocicletas y Automóviles) y ciclistas de algunos corredores con acceso a la ciclorruta de estudio, determinando el volumen de capacidad y el nivel de servicio, antes y después de la construcción, partiendo de los volúmenes contados en las salidas de campo, de donde se permitió recolectar información primaria necesaria para el desarrollo del proyecto.

Por ende, en este capítulo se presenta el diseño metodológico con el que se procede a desarrollar el proyecto investigativo; además de determinar el tipo de investigación, el enfoque metodológico, como la población muestra y finalmente, las técnicas e instrumentos llevadas a cabo para la recolección de datos.

#### **3.1. Diseño de Investigación**

El actual trabajo de investigación se orientó con un diseño metodológico mixto, es decir que en el que se utilizan dos tipos de metodología, tanto la cuantitativa como la cualitativa, y tiene como fin recoger y analizar los datos que se obtienen en los aforos vehiculares y en cuanto a los cualitativos como método de investigación implementado en la revisión bibliográfica [...] donde [22], es acertado confirmar por estos dos medios, primeramente los resultados sobre el análisis de datos y seguido de esto, buscar hechos que verifiquen los resultados observados utilizando la investigación en las bases de datos. Por esta razón, en su parte cualitativa se realizará una revisión bibliográfica la cual tendrá como objetivo el conocimiento de la realización de diversas ciclorrutas que funcionan exitosamente a nivel mundial. Y por su parte

cuantitativa, se realizarán salidas de campo donde se determinarán el flujo de vehículos en los corredores, datos que serán tomados según los aforos de vehículos, bicicletas y motocicletas, para evidenciar si es viable la implementación de esta modalidad de transporte y si el diseño propuesto por la alcaldía es factible para la ciudad de Bucaramanga.

Por otra parte, el tipo de investigación es campo y descriptiva, ya que es un proceso orientado a recoger y analizar datos que se llevaran a cabo a partir de las salidas de campo, que posteriormente por medio del software “Synchro” (programa especializado en tránsito para análisis y optimización, que permite a los usuarios realizar análisis de operaciones de tráfico), se presentan diagnósticos donde se determinan el volumen de capacidad del flujo vehicular y los niveles de servicio de los corredores con y sin acceso a la ciclorruta .

### 3.2. Diseño Metodológico

Para la realización del objetivo general del actual trabajo de investigación, se llevan a cabo las siguientes 3 fases:

- **Primera fase:** en esta fase se investigó y recolectó información de ciudades en las cuales la ciclorruta ha sido un éxito, también se recolectaron documentos los cuales llevaron a generar un registro histórico de Bucaramanga en el ámbito de las ciclorrutas. Después de obtener esta información se realizará una comparación con las ciudades que han tenido un éxito a nivel nacional e internacional, para observar lo pasivo y negativo que se lleva la ciudad de Bucaramanga. Se seleccionaron tres corredores los cuales fueron corredor A. Intersección calle 33 con carrera 18, corredor B. av. Samanes, corredor C. intersección carrera 21 con calle 39, para el corredor A la ciclorruta se encontraba en construcción, el corredor B era una ciclorruta existente y el corredor C se encontraba en

planeación, seguido a esto se procedió a localizar la ubicación de cada una de las cámaras filmadoras encontrando puntos estratégicos que permitieran que estas filmaran a cabalidad cada uno de los corredores mencionados anteriormente.

**Figura 36.**

*Intersección calle 33 con carrera 18*



Nota: Elaboración Propia

- Segunda fase:** en esta fase se realizaron aforos en tres tramos de la ciclorruta de Bucaramanga por medio de cámaras de video que tomaron 14 horas de grabación durante tres días, la franja horaria que se tomó fue de 6 am hasta las 8 pm los días martes, miércoles y jueves. Estas muestras se recolectaron durante 3 semanas, la semana A (7/7/2020 - 9/7/2020) se ubicó la cámara en la calle 33 con cra 18, la semana B (15/7/2020 – 16/7/2020) en la Av. Samanes que solo se pudo grabar miércoles y jueves debido a un problema técnico con las cámaras, por último, en la semana C (21/7/2020 – 23/7/2020) en la cra 21 con calle 39. Después de obtener toda la información se ejecutó el conteo de vehículos, los cuales se hicieron tomando del día martes la muestra de las 14

horas para de esta manera generar para los otros días una franja horaria de 6 horas en las cuales se percibió el mayor flujo vehicular.

**Figura 37.**

*Av. Samanes*



Nota: Elaboración Propia

- Tercera fase:** en esta fase ya teniendo todos los estudios realizados y la información de los registros anteriores se procedió a analizar y determinar el volumen de la capacidad vehicular y los niveles de servicio de los corredores que se obtienen en las vías tomadas debido a la construcción de la ciclo-infraestructura. No obstante, el estudio se realizó bajo el software “Synchro”, un entorno de trabajo integrado por tránsito y que del mismo modo permite realizar análisis de tráfico. En este análisis se observó que no era una modelación coherente en dos tramos de la ciclorruta cra 21 y calle 33 se lleva a realizar unos aforos en las horas pico de la siguiente calle de cada corredor es decir que en la cra 21 con calle 37 y en la cra 18 con calle 34. Con esta información se empalma los resultados debido a que la primera toma se dio cuando la ciudad se encontraba en cuarentena lo cual para la segunda toma que se da 2 meses después se encuentra en una

situación normal de movilidad. Después de ya recolectar toda la información se pudo realizar el estudio en el software con el volumen y la intersección adecuada.

### **Figura 38.**

*Intersección carrera 21 con calle 39*



Nota: Elaboración Propia

## **3.3. Instrumentos**

### **3.3.1. Revisión Bibliográfica**

Inicialmente se realizará una técnica para la revisión bibliográfica, con el fin de investigar y recolectar información de ciudades en las cuales las ciclorrutas han sido un éxito, también se recolectará documentos los cuales nos lleven a un registro histórico de Bucaramanga en el ámbito de las ciclorrutas, desde bases de datos en línea, libros, artículos y otros documentos investigativos precedentes. Posteriormente se analiza la información contenida en cada fuente bibliográfica para determinar cuáles eran significativos para la presente investigación, para posteriormente realizar una comparación con las ciudades objeto que han tenido éxito a nivel

nacional e internacional, así mismo se referencia la ciudad de Bucaramanga con su proyecto “Ciclo Infraestructura”.

### **3.3.2. Aforo Vehicular**

Consiste en el conteo del flujo vehicular [23], como muestra de los datos recolectados a partir de los volúmenes vehiculares que pasan por una punto o intersección en específico, en un periodo determinado de máximo 15 minutos, además los recuentos pueden realizarse cada 30 a 15 minutos cuando el flujo es muy denso. De este modo se determinó conveniente llevar a cabo aforos de tipo manual, es decir que se generan registros de vehículos mediante una hoja y lápiz o de otra forma, con contadores. De este modo, es posible obtener datos que no se pueden sustraer con otros procedimientos, por ejemplo, categorizar por tipologías los vehículos de estudio.

Por este motivo, el trabajo de campo se llevó a cabo con aforos vehiculares, realizados durante 3 días: el martes, el miércoles y finalmente el jueves; esto durante 3 semanas consecutivas, una diferente en cada corredor. Como muestra, se colocaron cámaras en los diferentes corredores propuestos por el estudio de investigación, donde posteriormente se llevaron a cabo la toma de datos, inicialmente de 14 horas por periodos de 15 minutos, y a partir de ahí se realizaron en una franja. Finalmente, con estos datos se determina el día que mayor aforo se obtiene, para ejecutar la simulación en el software “Synchro”.

### **3.3.3. Software Synchro**

El software “Synchro ” [24] es un entorno de desarrollo especializado en tránsito, para el análisis, optimización y simulación de tráfico, que realiza pequeñas simulaciones de vehículos y peatones. Adicional, cuenta con “SimTraffic”, para modelar vehículos individuales en donde se muestra de forma detallada, como esta cruza una cantidad moderada de calles, también modela

intersecciones señalizadas y no señalizadas, de ese mismo modo vías con flujo de vehículos. Por ende, “Synchro” es una herramienta que permite modelar y administrar simulaciones de tráfico, su análisis e interpretación de los resultados obtenidos en campo y luego modelados, que permite dar desarrollo al objetivo general del proyecto de investigación evaluando la capacidad del flujo vehicular y los niveles de servicio de los corredores que se obtiene en esa vía debido a la construcción del proyecto “Ciclo Infraestructura” en la ciudad de Bucaramanga.

## 4. Resultados

### 4.1. Revisión Bibliográfica

Para la revisión bibliográfica se llevó a cabo una búsqueda eficiente en las bases de datos en línea y respectivamente de la universidad, como otros documentos investigativos precedentes, donde se obtuvo a nivel nacional la ciclorruta de Bogotá como referente a la ciudad más representativa de Colombia, ya que es notable el desarrollo eventual que ha conseguido a comparación a otras ciudades del país, sin decir que fue la capital la primera en optar por implementar este tipo de transporte alternativo; y a nivel internacional la ciclorruta en Holanda. Así mismo, están relacionadas directamente con información de ciudades desarrolladas en donde las ciclorrutas han sido un éxito, también se recolectaron documentos con registros históricos de Bucaramanga en el ámbito de las ciclorrutas. Posteriormente, se procedió a analizar la información contenida en cada fuente bibliográfica para efectuar un breve análisis y comparación de las ciudades con ciclorrutas que han tenido un éxito a nivel nacional e internacional, finalmente enfocado a la ciudad de Bucaramanga con su proyecto “Ciclo-Infraestructura”.

#### Tabla 13.

*Comparación de ciclorrutas a nivel nacional e internacional*

Ciclorrutas a nivel nacional		
Bucaramanga	Bogotá	Holanda
La creación de las <b>ciclorrutas</b> s en Bucaramanga se da inicio en el 2017	El 15 de diciembre de 1974 se da inicio a la construcción de ciclorrutas empezando con ciclovías.	La creación de las ciclorrutas s en Holanda se da inicio en el año 1973.
Actualmente, 2.6 kilómetros desde la Biblioteca Gabriel Turbay en unión a la con la Universidad Industrial de Santander (UIS).	En la ciudad. Actualmente, conformado por 376 kilómetros, construidos por la Administración de la capital, con	Ámsterdam cuenta con alrededor de 35 mil km de longitud en el país. Durante el año 2015 se inició un innovador proyecto que busca incluir a las ciclorrutas s

<b>Ciclorrutas a nivel nacional</b>		
<b>Bucaramanga</b>	<b>Bogotá</b>	<b>Holanda</b>
Actualmente en ejecución se lleva a cabo la fase “Red 2019” donde se planeó construir 17.4 kilómetros en el 2019 para así cumplir con la primera fase propuesta por el gobierno.	una gran red y futuras ciclo estaciones. Actualmente en ejecución no se encuentran obras para construcción y/o rehabilitación de la red de Ciclorrutas de la ciudad.	paneles solares para que de esta manera generar energía sustentable, inicialmente se desarrolló para 70 m De longitud.
Implementación del proyecto “ciclo-infraestructura” en toda la ciudad. Crear una red para el tránsito de bicicletas en articulación con los modos peatonales y el SITM.	La meta que tiene el IDU es llegar a extender la longitud de la red de ciclorrutas en la ciudad, en 20 km, dando un total de 374 km.	Implementación de ciclorrutas en todo el país, con una totalidad de recorrido de 35 mil km.
No se creó un plan maestro de <b>ciclorruta</b> .	Para su construcción se creó el Plan Maestro de Ciclorrutas en 1998.	Se creó un Manual de Diseño para el Trafico de Bicicletas por una plataforma llamada CROW.
Tipologías son vías ciclísticas ( <b>ciclorruta</b> y ciclo banda) y vías ciclo-adaptadas (banda ciclo preferente, carril ciclo preferente, carril bus-bici y contraflujo ciclista)	Tipología son Ciclorruta en sitio propio o en andén, Ciclorrutas en vía compartida, Bulevar para bicicletas, Vías compartidas.	Tipologías son Ciclorrutas principales (ciclorrutas y ciclopistas) Ciclorrutas recreativas (Ciclorrutas nacionales y ciclopistas)

Nota. Elaboración propia

## **4.2. Aforos Vehiculares**

Para los aforos se identificaron tres corredores, que corresponden a los accesos a Av. Samanes, carrera 21 con calle 39 y la calle 33 con carrera 18. A continuación, se presentan los accesos vehiculares seleccionados y los aforos realizados en cada uno de ellos, en donde se muestran los volúmenes totales de tránsito obtenidos de cada una de los accesos. Finalmente, los datos obtenidos se realizaron entre las 6:00am y 8:00pm.

### **4.2.1. Aforo Avenida Samanes**

Este aforo se realizó en la avenida, las cuales son dos accesos vehiculares, de donde se logró determinar el flujo de automotores (Buses, Camiones, Colectivos, Motocicletas y Automóviles) y ciclistas. De este modo, se procedió a analizar los dos días en que se realizó el

aforo, para determinar la hora de máxima demanda. Por lo que se obtiene que el día que mayor volumen presento movilidad fue el miércoles, donde no obstante la muestra fue tomada inicialmente en periodos de 15 minutos, durante 14 horas del día y a partir de ahí se realizaron a dos franjas horarias para el día jueves que fueron de 7 am hasta 10am y de 4pm hasta 7pm.

**Tabla 14.**

*Aforo Avenida samanes*

<b>Avenida samanes</b>		
<b>Dia</b>	<b>Volumen total</b>	<b>Volumen horario de máxima demanda (vhmd)</b>
<b>Miércoles (14 horas)</b>	17457 veh mixtos	1555 veh mixtos
<b>Jueves (6 horas)</b>	7865 veh mixtos	1484veh mixtos

Nota. Elaboración propia

**Figura 39.**

*Ubicación Av. Samanes*

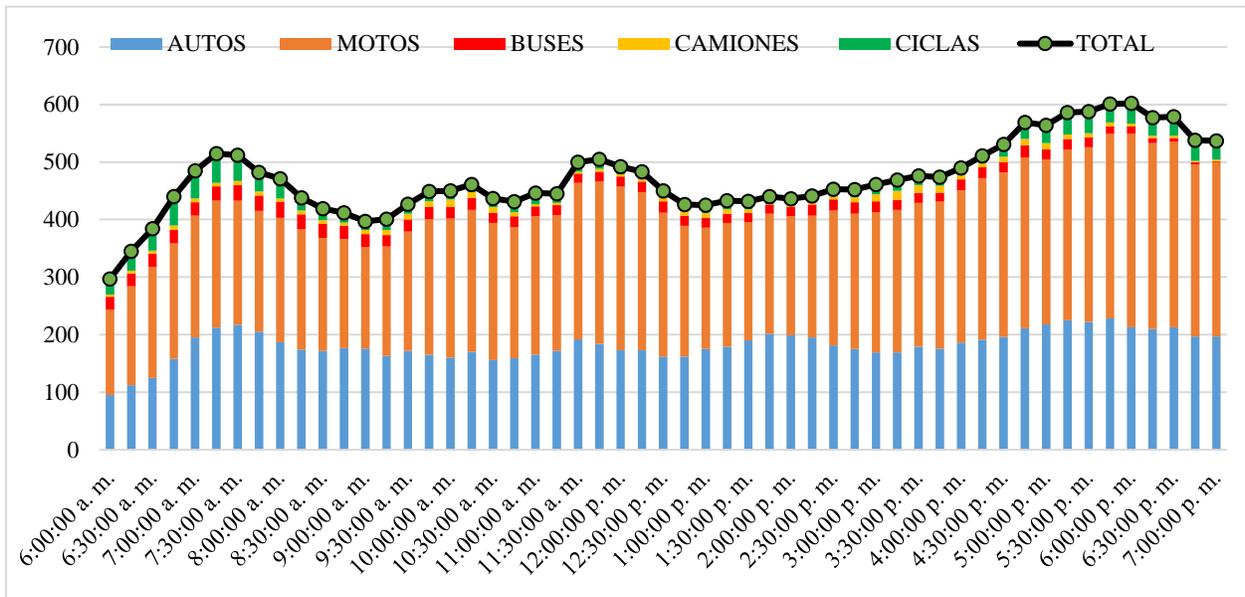


Fuente: Google Maps, 2020

**Figura 40.**

*Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 15 de julio del 2020 en la Av. Samanes*

*Movimiento 1*

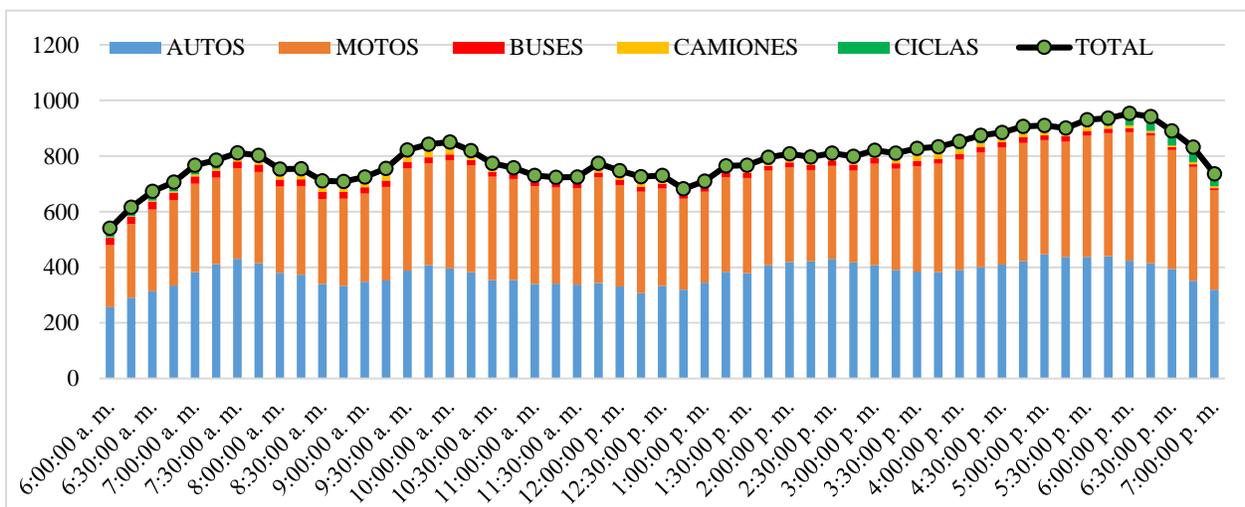


Nota. Elaboración propia

**Figura 41.**

*Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 15 de julio del 2020 en la Av. Samanes*

*Movimiento 2*

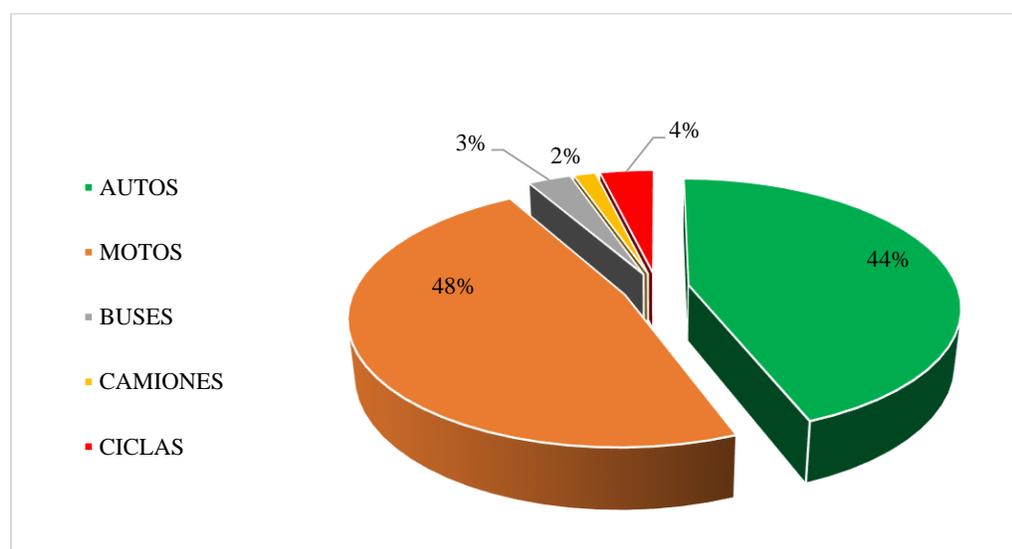


Nota. Elaboración propia

Para las figuras 40 y 41 se tiene que en ambos sentidos de los histogramas de volumen vehiculares mixtos en la Av. Samanes la hora de máxima demanda corresponde entre las 6:00 pm a 7:00 pm de la tarde.

### Figura 42.

*Composición vehicular total de la Av. Samanes el día 15 de Julio del 2020*



Nota. Elaboración propia

### Tabla 15.

*Composición vehicular de la AV. Samanes el día 15 de julio del 2020*

Tipo	Autos	Motos	Buses	Camiones	Ciclas	Total veh mixtos
<b>Volumen total</b>	7693	8308	527	270	659	17457
	44%	48%	3%	2%	4%	100%
<b>Vhmd</b>	637	798	28	14	78	1555
<b>6:00:00 p. M. 7:00:00 p. M.</b>	0,51	0,02	0,01	0,05	1	1

Nota. Elaboración propia

#### 4.2.2. Aforo Carrera 21 con Calle 39

Este aforo se realizó carrera 21 con calle 39 de la ciudad de Bucaramanga, donde el flujo de automotores (Buses, Camiones, Colectivos, Motocicletas y Automóviles) y ciclistas es considerable, de este modo se procedió a analizar cada uno de los tres días en que se realizó el

aforo, para determinar la hora de máxima demanda. Por lo que se obtiene que el día que mayor volumen presento movilidad fue el miércoles en dos franjas horarias (8:30 – 11:30 am y 2 – 5 pm), donde no obstante la muestra fue tomada inicialmente en periodos de 15 minutos, durante 14 horas del día y a partir de ahí se realizaron a una franja.

Adicional, se tomaron muestras de aforo de la calle 39 para poder realizar la simulación de esta intersección. Después de haber realizado la toma de muestras se evidencia que es necesario obtener más datos de los que se habían llegado a considerar, es decir como el aforo de la intersección de la carrera 21 con calle 37 para que la simulación fuera más efectiva (Ver Anexo D).

**Tabla 16.**

*Aforo carrera 21 con calle 39*

<b>Carrera 21 con calle 39</b>		
<b>Día</b>	<b>Volumen total</b>	<b>Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)</b>
Martes (14 HORAS)	25276 veh mixtos	2178 veh mixtos
Miércoles (6 HORAS)	12783 veh mixtos	2223 veh mixtos
Jueves (6 HORAS)	12540 veh mixtos	2197 veh mixtos

Nota. Elaboración propia

**Figura 43.**

*Ubicación carrera 21 con calle 39*

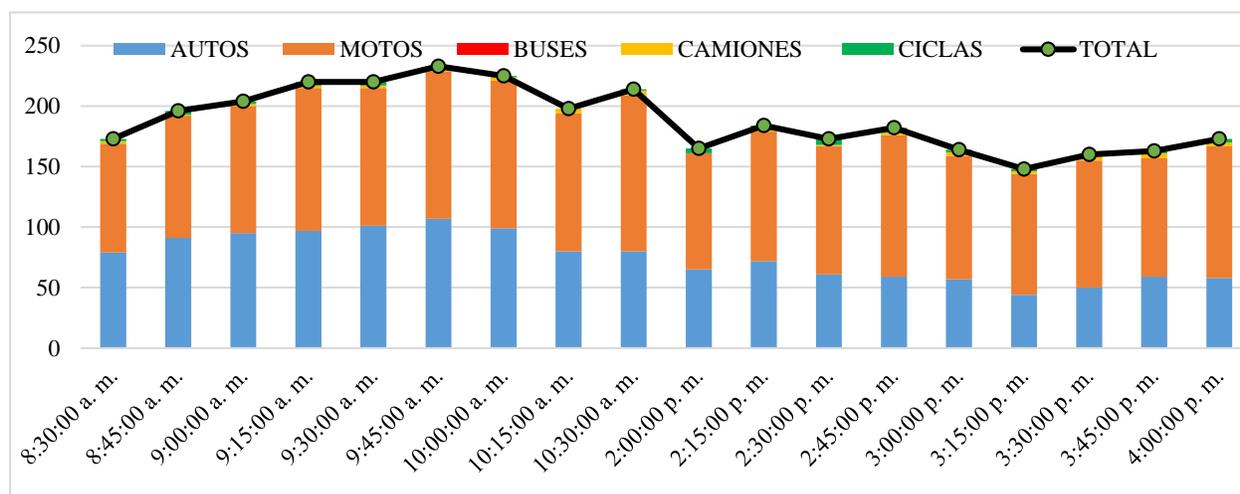


Nota. Tomado de Google Maps, 2020

**Figura 44.**

*Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 22 de julio del 2020 en la carrera 21*

*Movimiento S – W.*

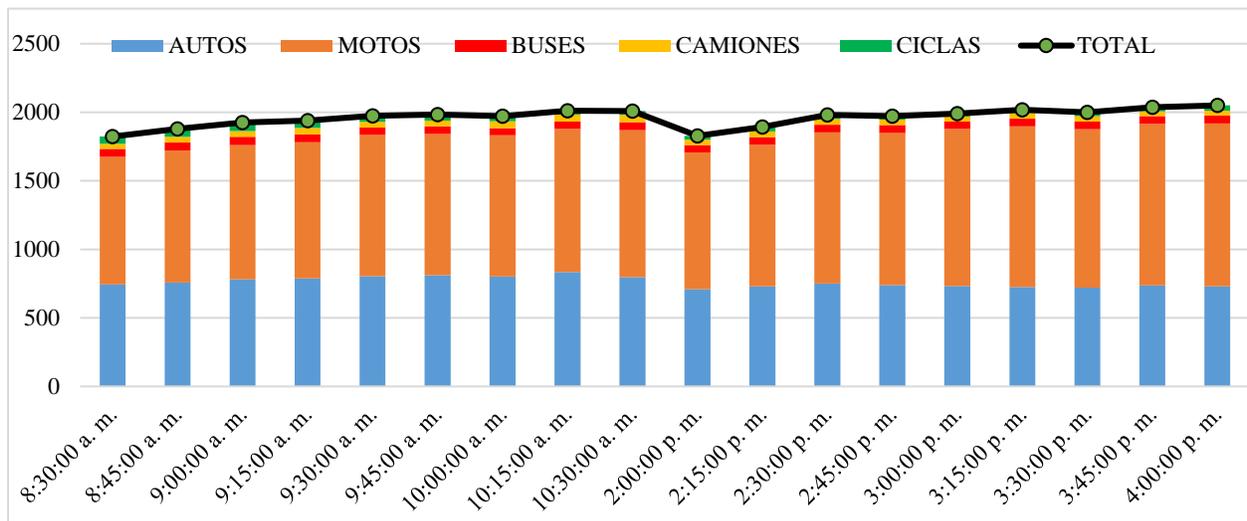


Nota. Elaboración propia

**Figura 45.**

*Columna apilada de volumen vehiculares mixtos día 22 de julio del 2020 en la carrera 21*

*Movimiento S - N*

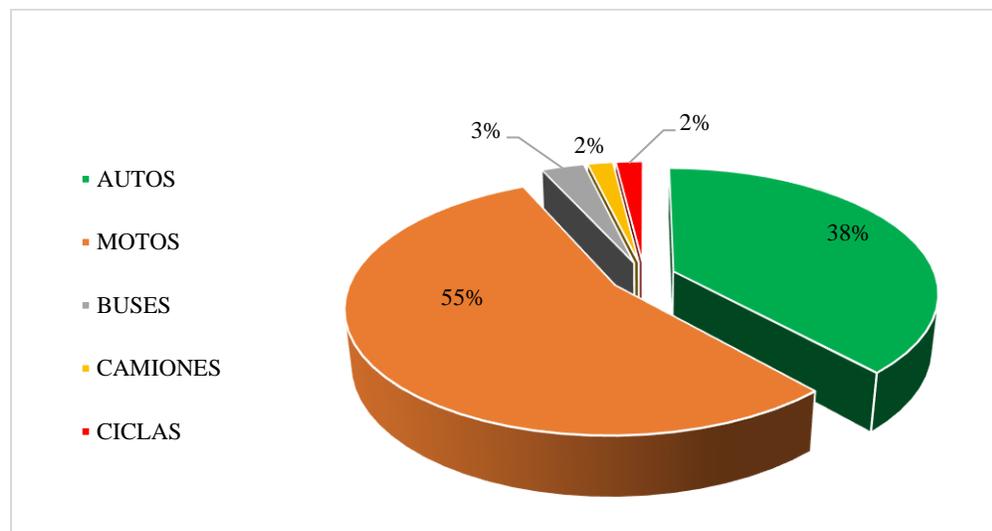


Nota. Elaboración propia

Para las figuras 44 y 45 se tiene que en ambos sentidos de los histogramas de volumen vehiculares mixto en la carrera 21 (lugar donde se construyó la ciclorruta), se da como hora de máxima de demanda a partir de las 10:45 am hasta las 11:45 am.

**Figura 46.**

*Composición vehicular total de la carrera 21 día 22 de Julio del 2020*



Nota. Elaboración propia

**Tabla 17.**

*Composición vehicular de la carrera 21 el día 22 de julio del 2020*

Tipo	Autos	Motos	Buses	Camiones	Ciclas	Total mixtos
<b>Volumen total</b>	9680	13872	778	459	487	25276
	38%	55%	3%	2%	2%	100%
<b>Vhmd</b>	849	1174	58	42	26	2149
<b>10:15:00 a. M.    11:15:00 a. M.</b>	40%	55%	3%	2%	1%	100%

Nota. Elaboración propia

#### **4.2.3. Aforo calle 33**

Este aforo se realizó en la calle 13 de la ciudad de Bucaramanga, donde el flujo de automotores (Buses, Camiones, Colectivos, Motocicletas y Automóviles) y ciclistas es considerable, de este modo se procedió a analizar cada uno de los tres días en los que se realizó el aforo para determinar la hora de máxima demanda. Por lo que se obtiene que el día que mayor volumen presentó movilidad fue el miércoles, donde no obstante la muestra fue tomada

inicialmente en periodos de 15 minutos, durante 14 horas del día y a partir de ahí se realizaron a una franja horaria que fue de 9am hasta las 3pm.

Adicional, se tomaron muestras de aforo de la carrera 18 para poder realizar la simulación de esta intersección. Después de haber realizado la toma de muestras se evidencia que se necesario obtener más datos de los que se habían llegado a considerar, es decir como el aforo de la intersección de la carrera 18 con calle 34 para que la simulación fuera más efectiva (Ver Anexo D).

**Tabla 18.**

*Aforo calle 33*

<b>Calle 33</b>		
<b>Dia</b>	<b>Volumen total</b>	<b>Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)</b>
Martes (6am – 8pm)	12653 veh mixtos	1179 veh mixtos
Miércoles (9am – 3pm)	6599 veh mixtos	1222 veh mixtos
Jueves (9am – 3pm)	6395 veh mixtos	1160 veh mixtos

Nota. Elaboración propia

**Figura 47.**

*Ubicación calle 13*

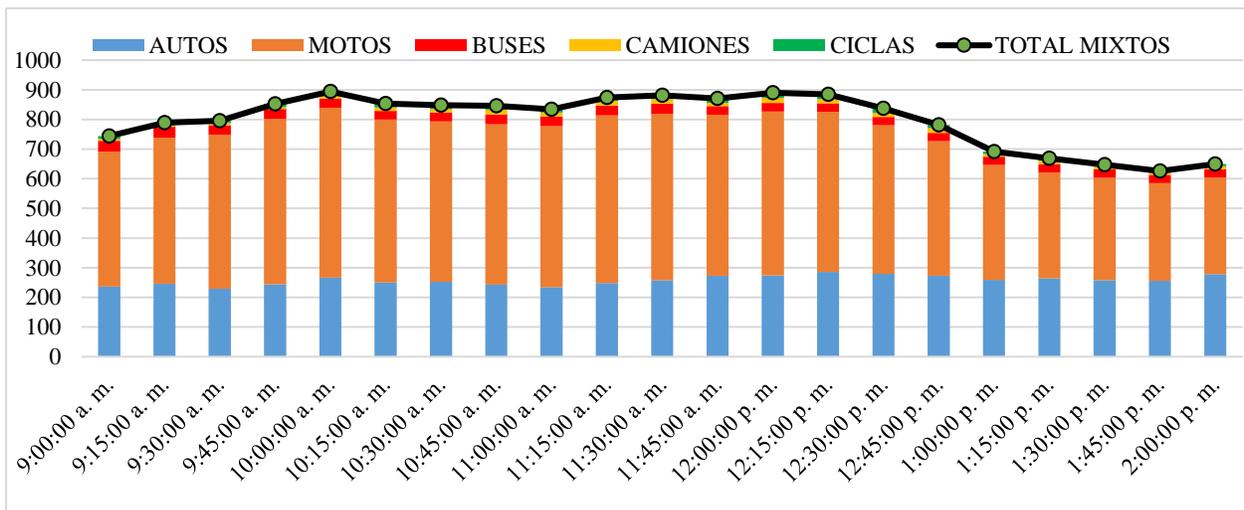


Nota. Elaboración propia

**Figura 48.**

*Columnas apiladas de volumen vehiculares mixtos el día 8 de julio del 2020 en la calle 33*

*Movimiento W/E*

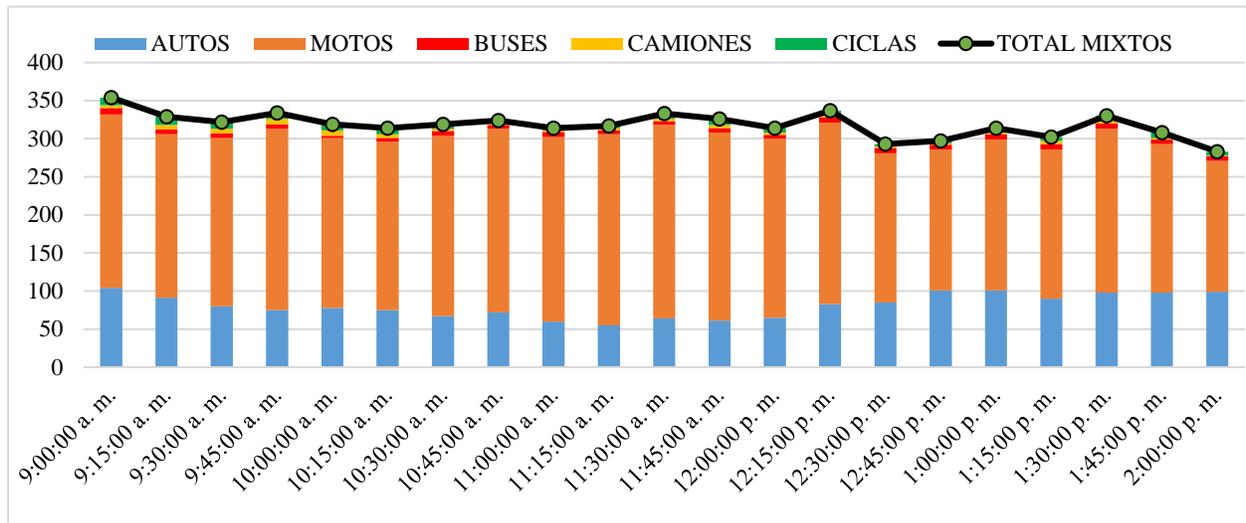


Nota. Elaboración propia

**Figura 49.**

*Columnas apiladas de volumen vehiculares mixtos el día 8 de julio del 2020 en la calle 33*

*Movimiento W/S*

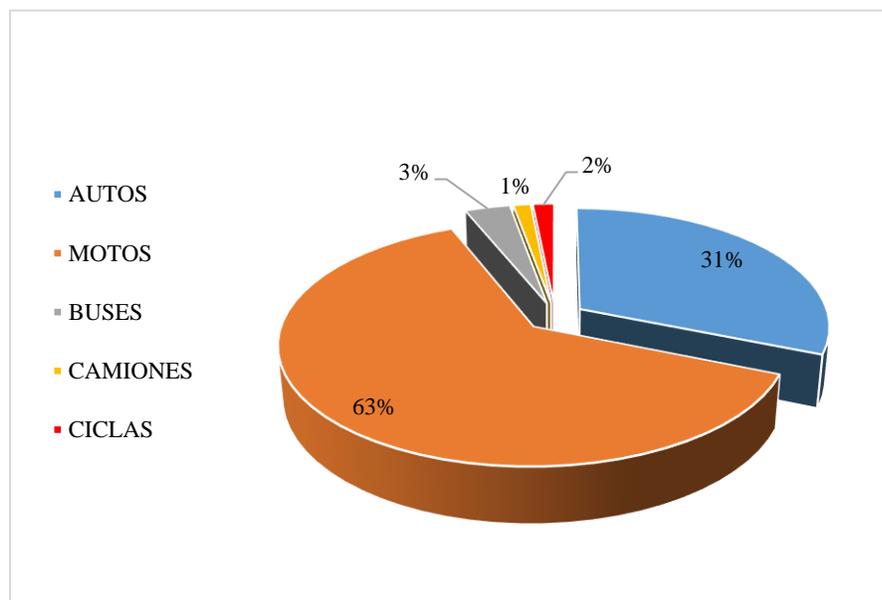


Nota. Elaboración propia

Para las figuras 48 y 49 se tiene que en ambos sentidos de los histogramas de volumen vehiculares mixto en la calle 33 la hora máxima de demanda es a partir de 12:15 pm a 1:15 pm. Uno de los factores por el que se presente esta hora, se explica a razón de que el aforo fue realizado en tiempos de la pandemia, es decir cuando as personas se encuentran en cuarentena, además de la zona sea de tipo céntrica lo más normal sería que la hora de máxima demanda fuera de entre las 6:00pm a 7:00 pm.

**Figura 50.**

*Composición vehicular total de la calle 33 el día 8 de julio del 2020*



Nota. Elaboración propia

**Tabla 19.**

*Composición vehicular de la calle 33 el día 8 de julio del 2020*

Tipo	Autos	Motos	Buses	Camiones	Ciclas	Total, mixtos
<b>Volumen total</b>	2056	4135	221	84	103	6599
<b>VHMD</b>	31%	63%	3%	1%	2%	100%
<b>12:15:00 p. M. 1:15:00 p. M.</b>	369	778	36	15	24	1222
	30%	64%	3%	1%	2%	100%

Nota. Elaboración propia

### 4.3. Modelos de Simulación con Software Synchro

El software Synchro es una herramienta que permite modelar y administrar simulaciones de tráfico, análisis de tráfico e interpretación los resultados modelados, que da paso a desarrollar el objetivo general del proyecto de investigación que tiene como finalidad evaluar la capacidad del flujo vehicular y los niveles de servicio de los corredores que se obtiene en esa vía debido a la construcción del proyecto “Ciclo Infraestructura” en la ciudad de Bucaramanga, donde se

pasaran los datos de los aforos tomados en el trabajo de campo, para que el software simule cada una de las situaciones en cada corredor:

#### ***4.3.1. Modelación Avenida Samanes***

Se simularon dos situaciones: con ciclorruta y sin ciclorruta en la hora de máxima demanda. De este modo, para realizar la simulación se necesitaron los datos primarios: volumen de cada giro, porcentaje de vehículo pesado, número de buses que pasan por cada vía, factor en la hora de máxima demanda (FHMD) y cantidad de carriles. Donde se obtiene la primera modelación sin ciclorruta:

Figura 51.

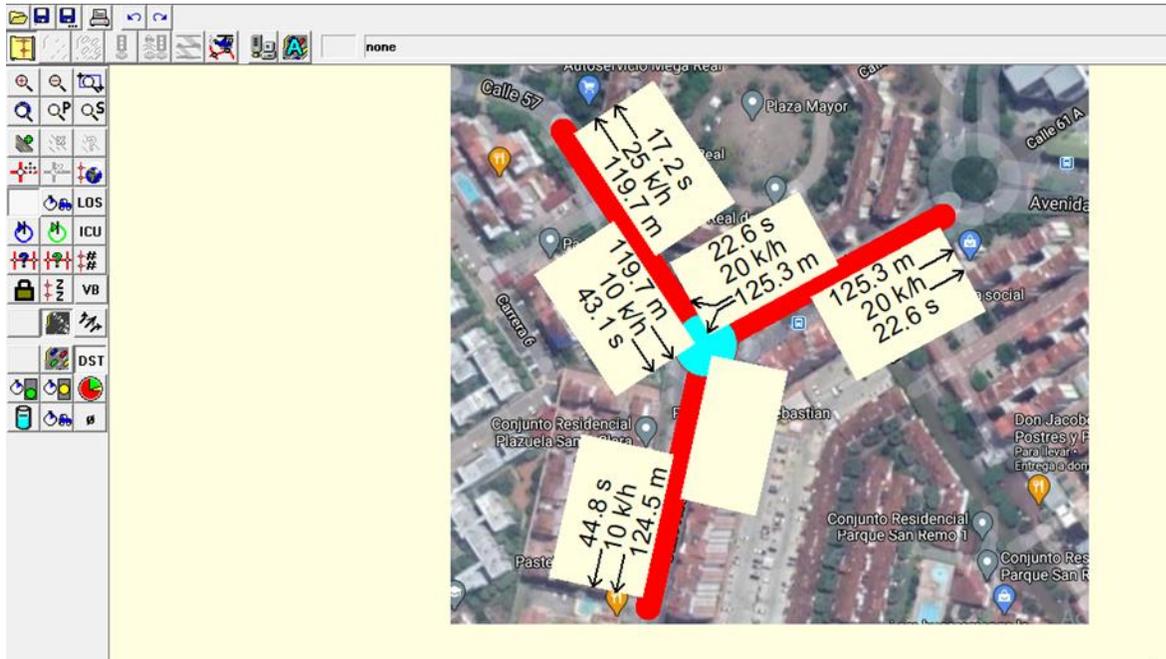
Modelación sin ciclorruta en Av. Samanes

LANE WINDOW						
	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT
Lanes and Sharing (#RL)						
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.5	3.5	3.1	3.1	3.1	3.1
Grade (%)	-2	—	0	—	—	0
Area Type	Other	—	Other	—	—	Other
Storage Length (m)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Leading Detector (m)	—	—	—	—	—	—
Trailing Detector (m)	—	—	—	—	—	—
Turning Speed (km/h)	25	15	—	15	25	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	—	—	—	0.95
Right Turn Factor	1.000	0.850	—	—	—	1.000
Left Turn Factor (prot)	0.950	1.000	—	—	—	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	1621	1514	—	—	—	3274
Left Turn Factor (perm)	0.950	1.000	—	—	—	1.000
Right Ped Bike Factor	1.000	1.000	—	—	—	1.000
Left Ped Factor	1.000	1.000	—	—	—	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	1621	1514	—	—	—	3274
Right Turn on Red	Yes	Yes	—	Yes	—	—
Saturated Flow Rate (RTOR)	0	0	—	—	—	0
Headway Factor	1.13	1.07	1.08	1.08	1.08	1.12

Nota. Elaboración propia

**Figura 52.**

*Modelo sin ciclorruta en Av. Samanes*



Nota. Elaboración propia

Se obtiene la siguiente tabla de resultados, donde se observa que la modelación sin ciclorruta en la Avenida Samanes es de nivel C de servicio, con una capacidad de utilización del 72%.

Figura 53.

Resultados modelación Av. Samanes sin ciclorruta

						
Lane Group	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT
Lane Configurations						
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.5	3.5	3.1	3.1	3.1	3.1
Grade (%)	-2%		0%			0%
Turning Speed (k/h)	25	15		15	25	
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95
Frt		0.850				
Flt Protected	0.950					
Satd. Flow (prot)	1621	1514	0	0	0	3274
Flt Permitted	0.950					
Satd. Flow (perm)	1621	1514	0	0	0	3274
Headway Factor	1.13	1.07	1.08	1.08	1.08	1.12
Link Speed (k/h)	20		25			10
Link Distance (m)	125.3		124.5			119.7
Travel Time (s)	22.6		17.9			43.1
Volume (vph)	857	379	0	0	0	650
Peak Hour Factor	0.93	0.89	0.92	0.92	0.92	0.92
Heavy Vehicles (%)	1%	1%	2%	2%	2%	1%
Bus Blockages (#/hr)	23	13	0	0	0	15
Adj. Flow (vph)	922	426	0	0	0	707
Lane Group Flow (vph)	922	426	0	0	0	707
Sign Control	Free		Yield			Stop
<b>Intersection Summary</b>						
Area Type:	Other					
Control Type:	Roundabout					
Intersection Capacity Utilization	72,1%			ICU Level of Service C		
Analysis Period (min)	15					

Nota. Elaboración propia

De este modo, para la modelación con ciclorruta de la avenida Samanes será la misma, sin embargo, con un carril menos por cada lado. Entonces, arroja que la simulación con ciclorruta se ve eventualmente afectada, ya que se reduce su nivel de servicio hasta el E y la capacidad de utilización aumenta al 88%.

Figura 54.

Resultados modelación Av. Samanes con ciclorruta

						
Lane Group	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT
Lane Configurations						
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Grade (%)	-2%		0%			0%
Turning Speed (k/h)	25	15		15	25	
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Frt	0.850					
Flt Protected	0.950					
Satd. Flow (prot)	1621	1514	0	0	0	1749
Flt Permitted	0.950					
Satd. Flow (perm)	1621	1514	0	0	0	1749
Headway Factor	1.13	1.07	1.01	1.01	1.01	1.10
Link Speed (k/h)	20		25			10
Link Distance (m)	125.3		124.5			119.7
Travel Time (s)	22.6		17.9			43.1
Volume (vph)	857	379	0	0	0	650
Peak Hour Factor	0.93	0.89	0.92	0.92	0.92	0.92
Heavy Vehicles (%)	1%	1%	2%	2%	2%	1%
Bus Blockages (#/hr)	23	13	0	0	0	15
Adj. Flow (vph)	922	426	0	0	0	707
Lane Group Flow (vph)	922	426	0	0	0	707
Sign Control	Free		Yield			Stop
<b>Intersection Summary</b>						
Area Type:	Other					
Control Type:	Roundabout					
Intersection Capacity Utilization	88,4%			ICU Level of Service E		
Analysis Period (min)	15					

Nota. Elaboración propia

#### 4.3.2. Modelación carrera 21

Se simularon dos situaciones: con ciclorruta y sin ciclorruta en la hora de máxima demanda. De este modo, para realizar la simulación se necesitaron los datos primarios: volumen de cada giro, porcentaje de vehículo pesado, número de buses que pasan por cada vía, factor en la hora de máxima demanda (FHMD) y cantidad de carriles. Donde se obtiene la primera modelación con ciclorruta:

Figura 55.

*Modelación con ciclorruta en la carrera 21*

LANE WINDOW																		
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR						
Lanes and Sharing (#RL)																		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900						
Lane Width (m)	3.6	4.8	3.6	3.6	4.8	3.6	3.6	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6						
Grade (%)	—	-3	—	—	-3	—	—	-3	—	—	2	—						
Area Type	—	CBD	—	—	CBD	—	—	CBD	—	—	CBD	—						
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0						
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0						
Leading Detector (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Trailing Detector (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Turning Speed (km/h)	25	—	15	25	—	15	25	—	15	25	—	15						
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None						
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Lane Utilization Factor	—	—	—	—	1.00	—	—	0.95	—	—	—	—						
Right Turn Factor	—	—	—	—	0.948	—	—	1.000	—	—	—	—						
Left Turn Factor (prot)	—	—	—	—	1.000	—	—	0.996	—	—	—	—						
Saturated Flow Rate (prot)	—	—	—	—	1813	—	—	2802	—	—	—	—						
Left Turn Factor (perm)	—	—	—	—	1.000	—	—	0.996	—	—	—	—						
Right Ped Bike Factor	—	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	—	—						
Left Ped Factor	—	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	—	—						
Saturated Flow Rate (perm)	—	—	—	—	1813	—	—	2802	—	—	—	—						
Right Turn on Red	—	—	No	—	—	No	No	—	No	—	—	No						
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—	—	—						
Headway Factor	1.12	0.96	1.12	1.12	0.96	1.12	1.12	1.34	1.12	1.16	1.16	1.16						

Nota. Elaboración propia

Posteriormente, se realizó el ingreso de los siguientes datos: volumen de cada giro, el FHMD, porcentaje de vehículo pesado y número de buses que pasan por cada vía.

Figura 56.

*Volumen vehicular ciclorruta en la carrera 21*

VOLUME WINDOW	  			  			  			  		
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Traffic Volume (vph)	0	0	0	0	123	73	118	1399	0	0	0	0
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bikes (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.95	0.90	0.92	0.97	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	4	1	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SB	—
Adjusted Flow (vph)	0	0	0	0	129	81	128	1442	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	0	0	0	210	0	0	1570	0	0	0	0

Nota. Elaboración propia

Los resultados observados con ciclorruta, se realizaron en la intersección de la carrera 21 con calle 39 donde el nivel de servicio es C y con un porcentaje de ocupación del 65,6 %. Por otra parte, se observa perjudicada la construcción de la ciclorruta en la intersección de la carrera 21 con calle 37, donde se evidencia que con ciclorruta arroja un nivel E de servicio y un porcentaje de ocupación de 73,9%.

Figura 57.

Resultados modelación con ciclorruta carrera 21 con calle 39

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.8	3.6	3.6	4.8	3.6	3.6	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)		-3%			-3%			-3%			2%	
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
Frt					0.948							
Flt Protected								0.998				
Satd. Flow (prot)	0	0	0	0	1813	0	0	2802	0	0	0	0
Flt Permitted								0.998				
Satd. Flow (perm)	0	0	0	0	1813	0	0	2802	0	0	0	0
Headway Factor	1.12	0.96	1.12	1.12	0.96	1.12	1.12	1.34	1.12	1.16	1.16	1.16
Link Speed (k/h)		30			30			50			50	
Link Distance (m)		83.0			96.4			100.4			110.3	
Travel Time (s)		10.0			11.6			7.2			7.9	
Volume (vph)	0	0	0	0	123	73	118	1399	0	0	0	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.95	0.90	0.92	0.97	0.92	0.92	0.92	0.92
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	2%	2%	4%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	0	0	0	129	81	128	1442	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	0	0	0	210	0	0	1570	0	0	0	0
Sign Control		Stop			Stop			Free			Stop	
<b>Intersection Summary</b>												
Area Type:	CBD											
Control Type:	Unsignalized											
Intersection Capacity Utilization	65,6%						ICU Level of Service C					
Analysis Period (min)	15											

Nota. Elaboración propia

Figura 58.

Resultados modelación con ciclorruta carrera 21 con calle 37

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↑↑						↑↑				
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)		-2%						0%				0%
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
Frt								0.979				
Flt Protected		0.984										
Satd. Flow (prot)	0	2980	0	0	0	0	0	2989	0	0	0	0
Flt Permitted		0.984										
Satd. Flow (perm)	0	2980	0	0	0	0	0	2989	0	0	0	0
Right Turn on Red	No		No				No		No			No
Satd. Flow (RTOR)												
Headway Factor	1.13	1.18	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.19	1.14	1.14	1.14	1.14
Link Speed (k/h)		50						50				50
Link Distance (m)		91.9						110.3				68.5
Travel Time (s)		6.6						7.9				4.9
Volume (vph)	197	446	0	0	0	0	0	1287	185	0	0	0
Peak Hour Factor	0.89	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.97	0.85	0.92	0.92	0.92
Heavy Vehicles (%)	2%	6%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	2%
Adj. Flow (vph)	221	480	0	0	0	0	0	1327	218	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	701	0	0	0	0	0	1545	0	0	0	0
Turn Type	Perm											
Protected Phases		4						2				
Permitted Phases	4											
Minimum Split (s)	21.0	21.0						21.0				
Total Split (s)	44.0	44.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Split (%)	47.8%	47.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	52.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Maximum Green (s)	39.0	39.0						43.0				
Yellow Time (s)	4.0	4.0						4.0				
All-Red Time (s)	1.0	1.0						1.0				
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0						5.0				
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0						11.0				
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0						0				
Act Effct Green (s)		40.0						44.0				
Actuated g/C Ratio		0.43						0.48				
v/c Ratio		0.54						1.08				
Control Delay		21.2						73.9				
Queue Delay		0.0						0.0				
Total Delay		21.2						73.9				
LOS		C						E				
Approach Delay		21.2						73.9				
Approach LOS		C						E				
Stops (vph)		456						1252				
Fuel Used(l)		26						127				
CO Emissions (g/hr)		486						2353				

Nota. Elaboración propia

Ahora, se obtuvieron los siguientes resultados sin ciclorruta en la hora de máxima demanda en la carrera 21:

**Figura 59.**

*Resultados modelación sin ciclorruta carrera 21 con calle 39*

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations								  				
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.8	3.6	3.6	4.8	3.6	3.6	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)		-3%			-3%			-3%			2%	
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00
Fr <sub>t</sub>	0.948						0.996					
Flt Protected							0.996					
Satd. Flow (prot)	0	0	0	0	1813	0	0	4174	0	0	0	0
Flt Permitted							0.996					
Satd. Flow (perm)	0	0	0	0	1813	0	0	4174	0	0	0	0
Headway Factor	1.12	0.96	1.12	1.12	0.96	1.12	1.12	1.28	1.12	1.16	1.16	1.16
Link Speed (k/h)	30			30			50			50		
Link Distance (m)	83.0			96.4			100.4			110.3		
Travel Time (s)	10.0			11.6			7.2			7.9		
Volume (vph)	0	0	0	0	123	73	118	1399	0	0	0	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.95	0.90	0.92	0.97	0.92	0.92	0.92	0.92
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	2%	2%	4%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0
Adj. Flow (vph)	0	0	0	0	129	81	128	1442	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	0	0	0	210	0	0	1570	0	0	0	0
Sign Control	Stop			Stop			Free			Stop		
<b>Intersection Summary</b>												
Area Type:	CBD											
Control Type:	Unsignalized											
Intersection Capacity Utilization	51,5%						ICU Level of Service A					
Analysis Period (min)	15											

Nota. Elaboración propia

Figura 60.

Resultados modelación sin ciclorruta carrera 21 con calle 37

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↑↑						↑↑↑				
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)		-2%			0%			0%			0%	
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00
Fr	0.979											
Flt Protected	0.984											
Satd. Flow (prot)	0	2980	0	0	0	0	0	4295	0	0	0	0
Flt Permitted	0.984											
Satd. Flow (perm)	0	2980	0	0	0	0	0	4295	0	0	0	0
Right Turn on Red	No		No			No			No			No
Satd. Flow (RTOR)												
Headway Factor	1.13	1.18	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.19	1.14	1.14	1.14	1.14
Link Speed (k/h)	50				50				50		50	
Link Distance (m)	91.9				74.0				110.3		68.5	
Travel Time (s)	6.6				5.3				7.9		4.9	
Volume (vph)	197	446	0	0	0	0	0	1287	185	0	0	0
Peak Hour Factor	0.89	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.97	0.85	0.92	0.92	0.92
Heavy Vehicles (%)	2%	6%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	2%
Adj. Flow (vph)	221	480	0	0	0	0	0	1327	218	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	701	0	0	0	0	0	1545	0	0	0	0
Turn Type	Perm											
Protected Phases	4								2			
Permitted Phases	4											
Minimum Split (s)	21.0	21.0							21.0			
Total Split (s)	44.0	44.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Split (%)	47.8%	47.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	52.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Maximum Green (s)	39.0	39.0							43.0			
Yellow Time (s)	4.0	4.0							4.0			
All-Red Time (s)	1.0	1.0							1.0			
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)	5.0	5.0							5.0			
Flash Dont Walk (s)	11.0	11.0							11.0			
Pedestrian Calls (#/hr)	0	0							0			
Act Effct Green (s)	40.0								44.0			
Actuated g/C Ratio	0.43								0.48			
v/c Ratio	0.54								0.75			
Control Delay	21.2								22.5			
Queue Delay	0.0								0.0			
Total Delay	21.2								22.5			
LOS	C								C			
Approach Delay	21,2								22,5			
Approach LOS	C								C			
Stops (vph)	456								1147			
Fuel Used(l)	28								67			
CO Emissions (g/hr)	486								1231			

Nota. Elaboración propia

#### **4.3.3. Modelación calle 33**

Se simularon dos situaciones: con ciclorruta y sin ciclorruta en la hora de máxima demanda. De este modo, para realizar la simulación se necesitaron los datos primarios: volumen de cada giro, porcentaje de vehículo pesado, número de buses que pasan por cada vía, factor en la hora de máxima demanda (FHMD) y cantidad de carriles. Donde se obtiene la primera modelación con ciclorruta:

Figura 61.

Modelación con ciclorruta calle 33

LANE WINDOW												
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.6	3.6
Grade (%)	—	5	—	—	5	—	—	0	—	—	0	—
Area Type	—	CBD	—	—	CBD	—	—	CBD	—	—	CBD	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Leading Detector (m)	—	15.0	—	—	—	—	—	—	—	15.0	15.0	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	—	—	—	—	—	0.0	0.0	—
Turning Speed (km/h)	25	—	10	25	—	15	25	—	15	15	—	15
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	—	0.95	—	—	—	—	—	—	—	0.91	0.91	—
Right Turn Factor	—	0.956	—	—	—	—	—	—	—	1.000	1.000	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	—	—	—	—	—	0.950	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2421	—	—	—	—	—	—	—	1432	3156	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	—	—	—	—	—	0.950	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	—	—	—	—	—	1.000	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	—	—	—	—	—	1.000	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	2421	—	—	—	—	—	—	—	1432	3156	—
Right Turn on Red	—	—	No	—	—	No	—	—	No	No	—	No
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	—	—	—	—	—	—	—	0	0	—
Headway Factor	1.18	1.52	1.18	1.18	1.18	1.18	1.14	1.14	1.14	1.16	1.07	1.14

Nota. Elaboración propia

Figura 62.

*Volumen vehicular ciclorruta en la calle 33*

VOLUME WINDOW												
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Traffic Volume (vph)	0	573	198	0	0	0	0	0	0	391	395	0
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bikes (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.95	0.80	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.75	0.88	0.92
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	29	7	0	0	0	0	0	0	3	27	0
Adj. Parking Lane?	No	Yes	No									
Parking Maneuvers (#/hr)	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	NB	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	0	603	248	0	0	0	0	0	0	521	449	0
Lane Group Flow (vph)	0	851	0	0	0	0	0	0	0	300	670	0

Nota. Elaboración propia

Figura 63.

Resultados modelación con ciclorruta calle 33 con carrera 18

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↑↑								↑	↑↑	
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.6	3.6
Grade (%)		5%			5%			0%			0%	
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Turning Speed (k/h)	25		10	25		15	25		15	15		15
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.91	1.00
Frt		0.956										
Flt Protected										0.950	0.984	
Satd. Flow (prot)	0	2421	0	0	0	0	0	0	0	1432	3156	0
Flt Permitted										0.950	0.984	
Satd. Flow (perm)	0	2421	0	0	0	0	0	0	0	1432	3156	0
Right Turn on Red			No			No			No	No		No
Satd. Flow (RTOR)												
Headway Factor	1.18	1.52	1.18	1.18	1.18	1.18	1.14	1.14	1.14	1.16	1.07	1.14
Link Speed (k/h)		15			20			20			20	
Link Distance (m)		100.4			88.9			86.4			114.3	
Travel Time (s)		24.1			16.0			15.6			20.6	
Volume (vph)	0	573	198	0	0	0	0	0	0	391	395	0
Peak Hour Factor	0.92	0.95	0.80	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.75	0.88	0.92
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Bus Blockages (#/hr)	0	29	7	0	0	0	0	0	0	3	27	0
Parking (#/hr)		10										
Adj. Flow (vph)	0	603	248	0	0	0	0	0	0	521	449	0
Lane Group Flow (vph)	0	851	0	0	0	0	0	0	0	300	670	0
Turn Type										Perm		
Protected Phases		4									6	
Permitted Phases										6		
Minimum Split (s)		21.0								21.0	21.0	
Total Split (s)	0.0	43.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	37.0	0.0
Total Split (%)	0.0%	53.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	46.3%	46.3%	0.0%
Maximum Green (s)		40.0								34.0	34.0	
Yellow Time (s)		2.0								2.0	2.0	
All-Red Time (s)		1.0								1.0	1.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)		5.0								5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)		11.0								11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)		0								0	0	
Act Effct Green (s)		39.0								33.0	33.0	
Actuated g/C Ratio		0.49								0.41	0.41	
v/c Ratio		0.72								0.51	0.51	
Control Delay		20.6								21.2	19.3	
Queue Delay		0.2								0.0	0.1	
Total Delay		20.7								21.2	19.4	
LOS		C								C	B	
Approach Delay		20,7									19,9	
Approach LOS		C									B	
Stops (vph)		588								164	400	

Nota. Elaboración propia

Ahora, se obtuvieron los siguientes resultados sin ciclorruta en la hora de máxima demanda en la calle 33

**Figura 64.**

*Resultados modelación sin ciclorruta calle 33 con carrera 18*



Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↑↑								↑	↑↑	
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.6	3.6
Grade (%)		5%			5%			0%			0%	
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Turning Speed (k/h)	25		10	25		15	25		15	15		15
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.91	1.00
Frt		0.956										
Flt Protected										0.950	0.984	
Satd. Flow (prot)	0	2652	0	0	0	0	0	0	0	1432	3156	0
Flt Permitted										0.950	0.984	
Satd. Flow (perm)	0	2652	0	0	0	0	0	0	0	1432	3156	0
Right Turn on Red			No			No			No	No		No
Satd. Flow (RTOR)												
Headway Factor	1.18	1.36	1.18	1.18	1.18	1.18	1.14	1.14	1.14	1.16	1.07	1.14
Link Speed (k/h)		15			20			20			20	
Link Distance (m)		100.4			88.9			86.4			114.3	
Travel Time (s)		24.1			16.0			15.6			20.6	
Volume (vph)	0	573	198	0	0	0	0	0	0	391	395	0
Peak Hour Factor	0.92	0.95	0.80	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.75	0.88	0.92
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Bus Blockages (#/hr)	0	29	7	0	0	0	0	0	0	3	27	0
Parking (#/hr)		10										
Adj. Flow (vph)	0	603	248	0	0	0	0	0	0	521	449	0
Lane Group Flow (vph)	0	851	0	0	0	0	0	0	0	300	670	0
Turn Type										Perm		
Protected Phases		4									6	
Permitted Phases										6		
Minimum Split (s)		21.0								21.0	21.0	
Total Split (s)	0.0	43.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	37.0	0.0
Total Split (%)	0.0%	53.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	46.3%	46.3%	0.0%
Maximum Green (s)		40.0								34.0	34.0	
Yellow Time (s)		2.0								2.0	2.0	
All-Red Time (s)		1.0								1.0	1.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)		5.0								5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)		11.0								11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)		0								0	0	
Act Effct Green (s)		39.0								33.0	33.0	
Actuated g/C Ratio		0.49								0.41	0.41	
v/c Ratio		0.66								0.51	0.51	
Control Delay		18.5								21.2	19.3	
Queue Delay		0.1								0.0	0.1	
Total Delay		18.6								21.2	19.4	
LOS		B								C	B	
Approach Delay		18.6									19.9	
Approach LOS		B									B	
Stops (vph)		557								164	400	

Nota. Elaboración propia

**Figura 65.**

*Resultados modelación con ciclorruta y reducción de carril en la carrera 18 con calle 33*

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.6	3.6
Grade (%)		5%			5%			0%			0%	
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Turning Speed (k/h)	25		10	25		15	25		15	15		15
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.91	1.00
Frnt		0.961										
Fit Protected										0.950	0.984	
Satd. Flow (prot)	0	1105	0	0	0	0	0	0	0	1432	3156	0
Fit Permitted										0.950	0.984	
Satd. Flow (perm)	0	1105	0	0	0	0	0	0	0	1432	3156	0
Right Turn on Red			No			No			No	No		No
Satd. Flow (RTOR)												
Headway Factor	1.18	1.81	1.18	1.18	1.18	1.18	1.14	1.14	1.14	1.16	1.07	1.14
Link Speed (k/h)		15			20			20			20	
Link Distance (m)		100.4			88.9			86.4			114.3	
Travel Time (s)		24.1			16.0			15.6			20.6	
Volume (vph)	0	573	198	0	0	0	0	0	0	391	395	0
Peak Hour Factor	0.92	0.95	0.80	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.75	0.88	0.92
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Bus Blockages (#/hr)	0	29	7	0	0	0	0	0	0	3	27	0
Parking (#/hr)		10										
Adj. Flow (vph)	0	603	248	0	0	0	0	0	0	521	449	0
Lane Group Flow (vph)	0	851	0	0	0	0	0	0	0	300	670	0
Turn Type										Perm		
Protected Phases		4									6	
Permitted Phases										6		
Minimum Split (s)		21.0								21.0	21.0	
Total Split (s)	0.0	43.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	37.0	0.0
Total Split (%)	0.0%	53.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	46.3%	46.3%	0.0%
Maximum Green (s)		40.0								34.0	34.0	
Yellow Time (s)		2.0								2.0	2.0	
All-Red Time (s)		1.0								1.0	1.0	
Lead/Lag												
Lead-Lag Optimize?												
Walk Time (s)		5.0								5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)		11.0								11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)		0								0	0	
Act Effct Green (s)		39.0								33.0	33.0	
Actuated g/C Ratio		0.49								0.41	0.41	
w/c Ratio		1.58								0.51	0.51	
Control Delay		291.5								21.2	19.3	
Queue Delay		411.8								0.0	7.6	
Total Delay		703.3								21.2	26.8	
LOS		F								C	C	
Approach Delay		703.3									25.1	
Approach LOS		F									C	
Stops (vph)		574								164	400	

Nota. Elaboración propia

Se observa que la reducción a un solo carril y con ciclorruta para la circulación normal del flujo vehicular es de nivel “F” de servicio en la calle 33, es decir intransitable.

## 5. Análisis de Resultados

### 5.1. Revisión Bibliográfica

Se evidencia en la revisión bibliográfica datos como la velocidad del ciclista que, no obstante, dependen desde condiciones ambientales, como atributos personales del ciclista y de características propias del tipo de cada bicicleta. Pero que normalmente en condiciones estándar se diseña para una velocidad de 30 km/h y 35 km/h en Holanda y en comparación a Bogotá con 30 km/h.

Ahora bien, para los radios de curvatura los factores de fricción en el diseño de carreteras en buen estado pavimentadas en Bogotá, se difiere que en condiciones estándar pueden variar entre 0,30 a 24 km/h hasta 0,22 a 48 Km/h. En cambio, las ciclorrutas en Holanda normalmente tienen un radio mayor o igual a 20 metros, dirigidas con una velocidad de diseño de 30 km/h.

Por otra parte, se infiere que la ciudad de Bucaramanga efectivamente está construyendo un tramo de ciclorrutas con el fin de implementar el uso de medios de transporte alternativos como lo es la bicicleta, primeramente promoviendo las ventajas que tiene la movilidad en ciclorrutas, segundo ampliando y adecuando la infraestructura de la ciudad con nuevos proyectos de ciclorrutas, de tal forma que los ciudadanos puedan transitar por zonas seguras y amigables con el medio, como el modelo de ciclorrutas holandés.

Mientras que Bogotá es a nivel nacional la ciudad con más zonas que permiten el tránsito de ciclorrutas, con una infraestructura alrededor de 376 kilómetros, es decir, que ofrece vías de movilidad alterna, promueve el transporte no motorizado. Aun así, en la actualidad Bogotá está realizando varios trabajos de mantenimiento en las ciclorrutas, lo que quiere decir que no tiene

en marcha ningún proyecto de nuevas infraestructuras. De ahí que, todo este paralizado, puesto que se está estudiando la construcción del metro.

Así mismo, a nivel internacional se tiene que Holanda es el primer país en implementar las ciclorrutas, como transporte alternativo. Para el año 1973, y en comparación con Bogotá solo un año después en 1974, sin embargo, Bucaramanga no lleva sino unos cuantos años, desde el 2017. Aun cuando Bogotá cuenta 376 kilómetros en ciclorrutas, Holanda tiene aproximadamente 35 mil kilómetros, esto quiere decir que la cultura de este País es significativa a la hora de adaptarse fácilmente al uso de la bicicleta. Por esto, en Bucaramanga y Bogotá, se confía en que los diferentes programas educativos son de gran utilidad e incluso fomentar las ventajas de las bicicletas como modo de transporte alternativo, lo viable que son las ciclorrutas en el país.

## **5.2. Aforos Vehiculares**

Para los aforos se identificaron tres corredores, que corresponden a los accesos a la Av. Samanes, la carrera 21 con calle 39 y la calle 33, donde se logró determinar eventualmente el flujo de automotores (Buses, Camiones, Colectivos, Motocicletas y Automóviles) y ciclistas, no obstante, cabe destacar que en la Av. Samanes se registraron en su mayoría 48% buses y 44% motos; para la carrera 21 con calle 39 se registraron en su mayoría 38% autos y 55% motos; para la calle 33 se registraron en su mayoría 31% autos y 63% motos, de otra manera es válido decir que las motos son el mayor flujo de automotores, seguido por los automóviles. De ahí, que se lograra identificar como el miércoles presento mayor volumen de movilidad, pero que notablemente fue el mismo día para cada uno de los corredores. Ahora, los volúmenes de horario de máxima de demanda (VHMD) y volumen total de transito obtenidos para cada uno de los accesos fueron: Av. Samanes un volumen total de 7970 y un VHMD de 1555; en la carrera 21

con calle 39 un volumen total de 12783 y un VHMD de 2223; en la calle 33 un volumen total de 6599 y un VHMD de 1222, en contraste la carrera 21 con calle 39 presenta mayor volumen, pero es debido a que es una zona céntrica y su flujo vehicular constante. Así mismo, se evidencia en los histogramas de volúmenes vehiculares mixtos modelados cada una de las horas de máxima demanda para cada uno de los corredores de estudio, donde la Av. Samanes se determina entre las 6:00 a 7:00 de la tarde, en cambio en la carrera 21 con calle 39 entre las 10:45 hasta las 11:45 en horas de la mañana y finalmente la calle 33 entre las 12:15 a 1:15 de la tarde.

### **5.3. Modelación Software Synchro**

Los resultados según el software “Synchro”, determinan que la implementación de la ciclorruta con el proyecto “Ciclo-Infraestructura” en la ciudad de Bucaramanga, baja notoriamente el nivel de servicio en los corredores con accesos a la Av. Samanes, carrera 21 con calle 39 y finalmente la calle 33. Pero al observar el trabajo de campo, es evidente que la congestión y caos vehicular en la zona es mayor a la registrada en los monitoreos, ya que se difiere un nivel de servicio peor al que se halló, esto se debe a que la utilización que la ciudadanía le da a un carril en la zona es más para paqueos o de otro modo, en el servicio público los buses dejan a sus pasajeros en estas zonas (Ver Anexo A). Un claro ejemplo, es en la carrera 18 entre la calle 33 y la calle 34 donde se observaron los resultados de la modelación con ciclorruta en la hora de máxima demanda en la calle 33 con dos (2) carriles a la reducción de un (1) solo carril en dicha zona de la ciudad para la circulación normal de los vehículos, donde se evaluó el nivel “F” de servicio, es decir que las condiciones de la calle serán de un flujo vehicular bastante forzado, no obstante esto ocurre porque la cantidad de tránsito, excediendo la cantidad del flujo de vehículos que puede pasar por la calle.

Ahora bien, se observa que la modelación sin ciclorruta en la Avenida Samanes es de nivel “C” de servicio, es decir que se mantiene en un rango de flujo vehicular estable, no obstante, cabe resaltar que marca el inicio del influjo en donde la operación de los conductores se afectada por las interacciones que tomen los otros conductores en la vía, en esa misma línea la avenida tiene una capacidad de utilización del 72%. Por otro parte, la simulación con ciclorruta en la avenida Samanes arroja resultados donde eventualmente se ve afectada, ya que se reduce su nivel de servicio hasta el “E”, es decir que el flujo vehicular en esta vía está al límite de su capacidad, esto se evidencia directamente al verificar que el resultado de utilización aumenta al 88%, ya que el tránsito tornadizo, sin decir de los colapsos que pueden ocurrir.

Así mismo, los resultados observados en la ciclorruta en la intersección de la carrera 21 con calle 39 se tienen al nivel “C” de servicio de acuerdo a la categoría (AF), es decir que se mantiene en un rango de flujo estable y con un porcentaje de ocupación del 65,6 %. Por otra parte, se observa cómo se perjudica la construcción de la ciclorruta en la intersección de la carrera 21 con calle 37, donde se evidencia un nivel “E” de servicio, es decir que el flujo vehicular en esta vía está al límite de su capacidad, donde eventualmente se evidencia la reducción de velocidad y la movilización. Cabe destacar que es una zona céntrica y, por ende, se detienen muchos buses, taxis para dejar pasajeros, carros particulares a estacionarse, lo que determina un porcentaje de ocupación de 73,9%.

## 6. Conclusiones

En cuanto a la revisión bibliográfica, se evidencia que los sistemas de ciclorrutas son una solución efectiva en materia a la movilidad sostenible como modo de transporte alternativo. Por esta razón y otras más, Holanda fue el primer país en implementar las ciclorrutas, como modo de transporte alternativo en el año 1973, y en comparación con Bogotá solo un año después para 1974, sin embargo, Bucaramanga lleva con este modelo desde el año 2017. Aun así, en Bucaramanga y Bogotá, actualmente se llevan a cabo programas educativos y estímulos en los ciudadanos, con las ventajas de las bicicletas como transporte alternativo y lo viable que son las ciclorrutas en el país.

En la ciudad de Bucaramanga la ciclorruta se empieza a construir sin un estudio pertinente el cual, si se hizo en su época en las otras dos partes estudiadas, que es un manual o plan maestro de ciclorruta enfocados en dicha ciudad.

Sin embargo, en la ciudad de Bucaramanga es notable que la implementación de ciclorrutas es muy reciente, aun así hay proyectos en ejecución que se están llevando a cabo actualmente, que tiene como finalidad construir nuevas infraestructuras que implementen, adapten e incentiven el uso de ciclorrutas, como modo de transporte alternativo, donde primeramente se están desarrollando la conciencia social de las ventajas que tiene la movilidad, ampliando y adecuando la infraestructura de la ciudad con nuevos proyectos de Ciclo Infraestructuras, de tal forma que los ciudadanos puedan transitar por zonas seguras: Tomando como referente los resultados que han tenido Bogotá y Holanda, zonas con ciclorrutas exitosas y ejemplares a seguir. Sin obstar, como es muy reciente el proyecto, aún hace falta concientización, pertenencia y conocimiento de las ventajas de las bicicletas como modo de

transporte, por ende, las entidades pertinentes se ocupan en desarrollar estrategias para generar este tipo de cultura en los ciudadanos.

Por otro lado, al evaluar de qué manera se afectó el flujo vehicular de los corredores de estudio determinando la capacidad vehicular y los niveles de servicio en los diferentes corredores, antes y después de la construcción de ciclorruta los resultados recolectados en la salida de campo permiten determinar que la implementación de la ciclorruta bajó notablemente el nivel de servicio en los corredores con accesos a la Av. Samanes, carrera 21 con calle 39 y finalmente la calle 33, no obstante, es un proyecto que busca fomentar el uso de la bicicleta como modo de transporte alternativo, sin embargo la Av. Samanes registra un flujo de 4% de ciclistas, la carrera 21 con calle 39 y calle 33 tan solo un 2%.

Aún más, en los corredores con acceso a la carrera 21 con calle 39 y la calle 33 se evidenció con el trabajo de campo, que es mayor la afectación por la implementación de la ciclorruta, donde es notable la congestión y caos vehicular en la zona, a comparación con la simulación efectuada en el software “Synchro”, donde se infiere que uno de los factores se debe al ser una zona céntrica donde notablemente se detienen una gran cantidad de buses y taxis para dejar pasajeros, además de carros particulares para estacionarse. Esto consecuentemente, conlleva a que se obstruya un carril en circulación y, por ende, se vea aún más afectado el nivel de servicio con el flujo de los vehículos.

## 7. Recomendaciones

Es evidente que las nuevas Ciclo Infraestructuras brindaran a los ciudadanos espacios amigables y seguros, que consecuentemente masificaran el uso de la bicicleta como modo de transporte alternativo, ya que actualmente se hace notoria la oferta de transporte, que eventualmente es insuficiente con respecto a la percepción de la demanda, además de los problemas de congestión por el alto flujo vehicular. Por tanto, se hace recomendable incentivar el uso de estas infraestructuras que promuevan los distintos medios de transporte, que busquen la integración, y de este modo brinden beneficios de accesibilidad a gran parte de los ciudadanos para su movilización de un lugar a otro, que consecuentemente reducirá los colapsos de flujo vehicular y el uso de transporte colectivo que empeora cada vez más.

Segundo, Como se expresa en el plan maestro de movilidad de Bucaramanga para la creación de una ciclo-infraestructura adecuada para la ciudad es importante darle continuidad con un plan maestro de ciclorrutas, para que así se lleven a cabo la construcción de los demás corredores del proyecto, cambiando la tipología que se viene utilizando en especial en la zona céntrica de la ciudad.

Finalmente, se recomienda implementar herramientas tecnológicas que ayuden a identificar y a diagnosticar el diseño, para evaluar la factibilidad de un proyecto que simulara desde los beneficios hasta las complicaciones que se obtendrían en estos corredores con acceso a la ciclo-infraestructura. Al igual que en la presente investigación, puesto que darán un mejor panorama especializado en tránsito, para el análisis, optimización y simulación de tráfico.

## 8. Bibliografía

- [1] DNP, “Más bicicleta y mejor transporte público, alternativas de movilidad en ciudades del futuro,” *Departamento Nacional de Planeación*, Jun. 2015. .
- [2] R. Cal, M. Reyes, and J. Cardenas, *Ingeniería de tránsito : fundamentos y aplicaciones*, 8a ed. México: Alfaomega, 2007.
- [3] W. K. Kittelson and R. P. Roess, “Highway Capacity Analysis After Highway Capacity Manual 2000,” *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 1776, no. 1, pp. 10–16, Jan. 2001, doi: 10.3141/1776-02.
- [4] F. Cerquera, “Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial,” Tunja, 2007.
- [5] G. Torres, J. González, J. Arrollo, and S. Hernández, *Calculo de la Velocidad de Operación como Insumo para la Evaluación Económica de Proyectos de Infraestructura Carretera* . Instituto Mexicano del Transporte, 2015.
- [6] O. Rivera and M. Balaguera, “Estructura Cicloruta Método Convencional y Elementos Finitos, Canal Salitre entre calle 91 y av. carrera 68 ,” Universidad Católica de Colombia , Bogota D.C., 2019.
- [7] CROW, “Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas,” Holanda, 2011.
- [8] ANI, “Ampliación de la autopista Norte, planeada para agosto en Bogota.,” *El Tiempo*,

2017. .
- [9] Ministerio de Transporte de Colombia, *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*, Ministerio. Bogota D.C., 2016.
- [10] IDU, “Ciclorrutas: Instituto de Desarrollo Urbano,” *Alcaldía de Bogota*, 2013. .
- [11] BID, “Contribuciones a la Movilidad y Calidad de Vida de Latinoamérica para el Mundo: Ciclovías Recreativas: Banco Interamericano de Desarrollo,” *Ciudades Sostenibles* , Oct. 2014. .
- [12] Alcaldía de Bogota, “Plan Maestro de Ciclorutas: Manual de diseño,” Bogota D.C., 1998.
- [13] Diario Occidente, “Piden que el MIO no regrese al Bulevar ,” *Diario Occidente*, Mar. 2017. .
- [14] ITDP and I-CE, “Infraestructura,” in *Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas*, D. Quintanar, J. Sánchez, X. Treviño, J. Buis, M. Wild, and R. Wittink, Eds. Mexico: LASSO, 2011.
- [15] F. Cristancho, “Alcaldía de Bucaramanga continúa socialización sobre el proyecto de los 17,3 kilómetros de ciclo-infraestructura: Alcaldía de Bucaramanga,” *Prensa BGA*, May 2019. .
- [16] UIS, *Plan maestro de movilidad Bucaramanga: 2010-2030*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga). Escuela de Ingeniería Civil. Geomática, gestión y optimización de sistemas, 2010.
- [17] Alcaldía de Bucaramanga and Universidad Pontificia Bolivariana, *Síntesis del Plan Maestro de Espacio Público de Bucaramanga*, 1st ed. Medellín: Universidad Pontificia

- Bolivariana, 2018.
- [18] ONU-HABITAT, AMB, and Alcaldía de Bucaramanga, “La Bicicleta como medio de Transporte: Estrategia 2019-2030 para Bucaramanga y su Área Metropolitana,” Bucaramanga, 2018.
- [19] Alcaldía de Bucaramanga, “Tipologías Ciclo-infraestructura,” *Planes y Proyectos*, 2016. .
- [20] L. Bohorquez, M. Mejia, and G. Pradilla, “Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga.” Bucaramanga Santander, pp. 175–296, 2013.
- [21] Y. Calderón, “Estos son los alcances de la suspensión provisional de la ciclorruta en Bucaramanga ,” *Vanguardia.com*, Sep. 2019. .
- [22] K. Pole, “Diseño de metodologías mixtas Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas,” *Rev. Arbitr. en Ciencias Soc. y Humanidades*, no. 60, pp. 39–40, 2009.
- [23] L. Limache, “Aforo Vehicular ,” *SCRIB*, Nov. 2012. .
- [24] Trafficware, “SYNC HR o Estudio. Software de Planificación y Análisis,” *CUBIC*, 2013. .

## Anexos

### Anexo A. Registro fotográfico de ocupación de un carril por paradas y parqueo de vehículos

#### Figura 66.

#### *Trafico de la calle 33*



Nota: Elaboración propia

**Figura 67.***Trafico calle 33*

Nota: Elaboración propia  
**Figura 68.**

*Trafico carrera 21*

Nota: Elaboración propia

**Figura 69.**

*Av. Samanes*



Nota: Elaboración propia

**Anexo B.** Volúmenes vehiculares A.V. Samanes

Volúmenes por 15 min							
Hora desde	Hora hasta	Autos	Motos	Buses	Camiones	Ciclas	Total
6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	22	22	6	1	5	56
6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	21	32	4	1	7	65
6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	25	48	6	0	5	84
6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	27	47	6	2	10	92
7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	39	45	6	2	12	104
7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	34	53	5	1	11	104
7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	58	56	6	3	17	140
7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	64	58	6	1	8	137
8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	56	54	8	1	15	134
8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.	39	48	7	2	5	101
8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.	46	50	6	3	5	110
8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.	46	64	7	0	9	126
9:00:00 a. m.	9:15:00 a. m.	43	47	6	2	3	101
9:15:00 a. m.	9:30:00 a. m.	37	35	6	1	3	82
9:30:00 a. m.	9:45:00 a. m.	51	43	4	3	2	103
9:45:00 a. m.	10:00:00 a. m.	45	51	7	1	7	111
10:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.	30	61	3	4	7	105
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	46	52	7	2	1	108
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.	44	72	4	3	2	125
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.	40	57	6	4	5	112
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	40	66	4	1	5	116
11:15:00 a. m.	11:30:00 a. m.	32	43	4	2	3	84
11:30:00 a. m.	11:45:00 a. m.	47	62	5	0	5	119
11:45:00 a. m.	12:00:00 p. m.	46	70	4	1	6	127
12:00:00 p. m.	12:15:00 p. m.	47	61	4	1	2	115
12:15:00 p. m.	12:30:00 p. m.	52	79	3	1	4	139
12:30:00 p. m.	12:45:00 p. m.	39	72	6	2	5	124
12:45:00 p. m.	1:00:00 p. m.	35	72	5	0	2	114
1:00:00 p. m.	1:15:00 p. m.	47	52	4	2	1	106
1:15:00 p. m.	1:30:00 p. m.	41	54	5	2	4	106
1:30:00 p. m.	1:45:00 p. m.	39	49	4	5	3	100
1:45:00 p. m.	2:00:00 p. m.	48	56	4	0	5	113
2:00:00 p. m.	2:15:00 p. m.	51	56	3	1	3	114
2:15:00 p. m.	2:30:00 p. m.	52	45	5	0	3	105
2:30:00 p. m.	2:45:00 p. m.	50	52	4	0	2	108
2:45:00 p. m.	3:00:00 p. m.	46	54	4	3	2	109
3:00:00 p. m.	3:15:00 p. m.	47	61	6	1	4	119

3:15:00 p. m.	3:30:00 p. m.	38	68	5	3	3	117
3:30:00 p. m.	3:45:00 p. m.	44	52	5	2	4	107
3:45:00 p. m.	4:00:00 p. m.	40	63	3	6	6	118
4:00:00 p. m.	4:15:00 p. m.	47	65	4	5	6	127
4:15:00 p. m.	4:30:00 p. m.	48	70	5	1	0	124
4:30:00 p. m.	4:45:00 p. m.	41	57	4	0	3	105
4:45:00 p. m.	5:00:00 p. m.	50	73	6	2	3	134
5:00:00 p. m.	5:15:00 p. m.	52	81	4	4	7	148
5:15:00 p. m.	5:30:00 p. m.	53	75	4	3	9	144
5:30:00 p. m.	5:45:00 p. m.	56	68	7	2	10	143
5:45:00 p. m.	6:00:00 p. m.	57	63	2	2	5	129
6:00:00 p. m.	6:15:00 p. m.	59	91	5	1	14	170
6:15:00 p. m.	6:30:00 p. m.	50	82	3	2	9	146
6:30:00 p. m.	6:45:00 p. m.	62	85	3	2	4	156
6:45:00 p. m.	7:00:00 p. m.	42	78	2	0	8	130
7:00:00 p. m.	7:15:00 p. m.	56	78	1	0	10	145
7:15:00 p. m.	7:30:00 p. m.	53	81	1	2	11	148
7:30:00 p. m.	7:45:00 p. m.	46	62	0	0	7	115
7:45:00 p. m.	8:00:00 p. m.	42	81	0	1	5	129

**Tabla 20.**

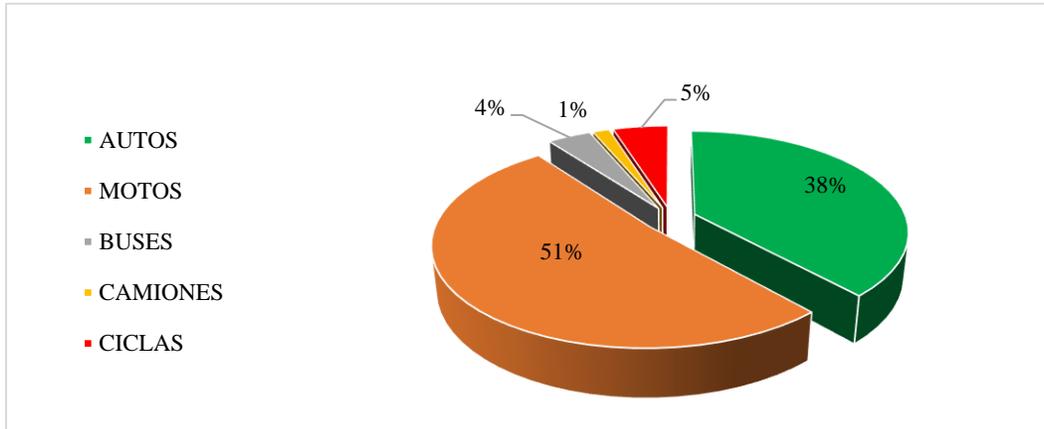
*Resumen de procesamiento de datos A.V samanes movimiento 1*

<b>FECHA</b>	<b>15/07/2020</b>	<b>Ancho de carril</b>	<b>3.49 mt</b>	<b>FHMD 6-7</b>	<b>0,89</b>
DIA	MIERCOLES	Ancho de ciclorruta	2.77 mt	VHMD	602 veh
UBICACIÓN	AV. SAMANES	velocidad	24 km/h	Hora pico	6 pm - 7 pm
MOVIMIENTO	1	Pendiente	0		

Nota: Elaboración propia

**Figura 70.**

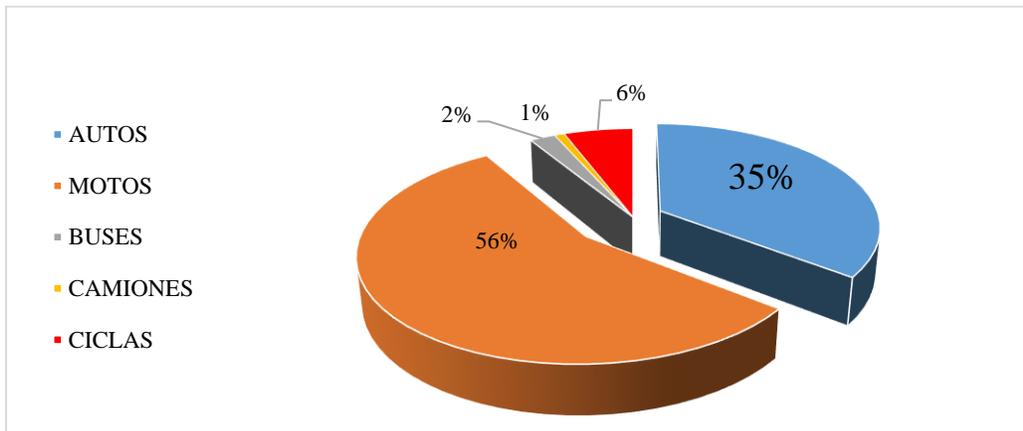
*Composición vehicular total de la Av. Samanes movimiento 1*



Nota: Elaboración propia

**Figura 71.**

*Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la A.V samanes movimiento 1*



Nota: Elaboración propia

**Tabla 21.**

*Volúmenes vehiculares A.V samanes movimiento 2*

Volúmenes por 15 min							
Hora desde	Hora hasta	Autos	Motos	Buses	Camiones	Ciclas	Total
6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	42	37	6	1	10	96
6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	59	37	5	1	10	112
6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	79	61	8	0	9	157
6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	77	88	7	0	3	175
7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	76	78	7	1	10	172
7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	82	67	7	2	11	169
7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	99	75	6	1	9	190
7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	125	99	6	3	3	236
8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	105	70	6	1	8	190
8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.	101	83	6	5	1	196
8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.	84	76	8	6	7	181
8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.	90	81	6	2	7	186
9:00:00 a. m.	9:15:00 a. m.	98	78	6	4	5	191
9:15:00 a. m.	9:30:00 a. m.	68	71	5	4	5	153
9:30:00 a. m.	9:45:00 a. m.	77	84	7	4	7	179
9:45:00 a. m.	10:00:00 a. m.	105	84	5	4	4	202
10:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.	103	97	6	7	8	221
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	103	102	6	5	4	220
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.	97	83	5	8	7	200
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.	93	107	4	2	3	209
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	90	92	3	2	4	191
11:15:00 a. m.	11:30:00 a. m.	74	90	5	2	3	174
11:30:00 a. m.	11:45:00 a. m.	97	75	5	4	3	184
11:45:00 a. m.	12:00:00 p. m.	79	94	4	4	0	181
12:00:00 p. m.	12:15:00 p. m.	91	87	4	1	2	185
12:15:00 p. m.	12:30:00 p. m.	71	90	6	3	5	175
12:30:00 p. m.	12:45:00 p. m.	102	110	3	6	12	233
12:45:00 p. m.	1:00:00 p. m.	67	78	6	2	2	155
1:00:00 p. m.	1:15:00 p. m.	67	87	3	3	3	163
1:15:00 p. m.	1:30:00 p. m.	97	75	6	0	1	179
1:30:00 p. m.	1:45:00 p. m.	88	88	5	1	3	185
1:45:00 p. m.	2:00:00 p. m.	93	77	4	2	7	183
2:00:00 p. m.	2:15:00 p. m.	106	99	4	4	5	218
2:15:00 p. m.	2:30:00 p. m.	92	78	5	3	3	181
2:30:00 p. m.	2:45:00 p. m.	117	86	4	3	4	214
2:45:00 p. m.	3:00:00 p. m.	104	77	5	4	5	195
3:00:00 p. m.	3:15:00 p. m.	108	88	4	3	4	207

3:15:00 p. m.	3:30:00 p. m.	101	84	6	2	2	195
3:30:00 p. m.	3:45:00 p. m.	105	81	6	8	2	202
3:45:00 p. m.	4:00:00 p. m.	94	112	4	6	1	217
4:00:00 p. m.	4:15:00 p. m.	90	87	4	8	8	197
4:15:00 p. m.	4:30:00 p. m.	96	98	6	3	9	212
4:30:00 p. m.	4:45:00 p. m.	103	93	3	3	5	207
4:45:00 p. m.	5:00:00 p. m.	101	120	7	3	6	237
5:00:00 p. m.	5:15:00 p. m.	101	101	4	4	9	219
5:15:00 p. m.	5:30:00 p. m.	105	107	5	3	2	222
5:30:00 p. m.	5:45:00 p. m.	116	96	6	4	6	228
5:45:00 p. m.	6:00:00 p. m.	124	107	3	5	2	241
6:00:00 p. m.	6:15:00 p. m.	92	105	6	3	4	210
6:15:00 p. m.	6:30:00 p. m.	105	128	3	3	13	252
6:30:00 p. m.	6:45:00 p. m.	119	103	3	0	8	233
6:45:00 p. m.	7:00:00 p. m.	108	126	3	3	18	258
7:00:00 p. m.	7:15:00 p. m.	83	101	2	1	12	199
7:15:00 p. m.	7:30:00 p. m.	84	98	2	2	14	200
7:30:00 p. m.	7:45:00 p. m.	76	85	2	2	10	175
7:45:00 p. m.	8:00:00 p. m.	76	75	0	2	9	162

Nota: Elaboración propia

## Tabla 22.

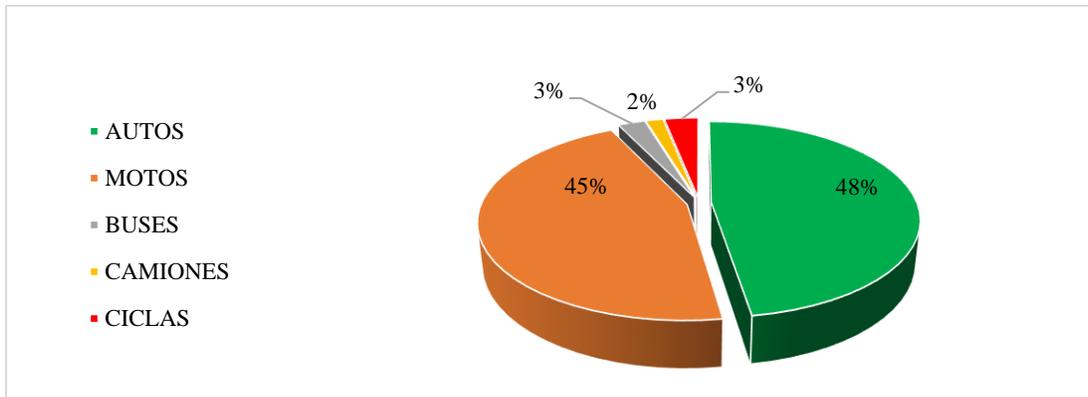
### *Resumen de procesamiento de datos A.V samanes movimiento 2*

<b>FECHA</b>	<b>15/07/2020</b>	<b>Ancho de carril</b>	<b>3.43 mt</b>	<b>FHMD 6-7</b>	<b>0,92</b>
<b>DIA</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>Ancho de cicloruta</b>	<b>2.8 mt</b>	<b>VHMD</b>	<b>953 veh</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>AV. SAMANES</b>	<b>velocidad</b>	<b>10 km/h</b>	<b>Hora pico</b>	<b>6 pm – 7pm</b>
<b>MOVIMIENTO</b>	<b>2</b>	<b>Pendiente</b>	<b>0</b>		

Nota: Elaboración propia

**Figura 72.**

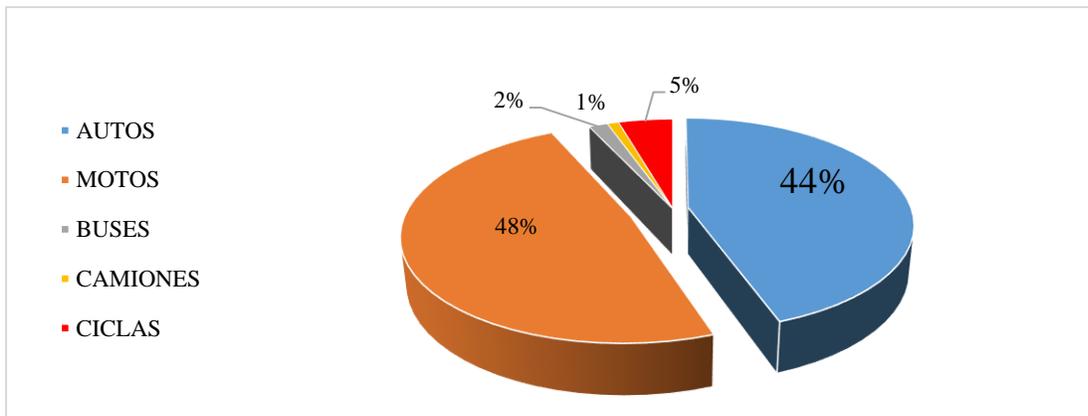
*Composición vehicular total de la Av. Samanes movimiento 2*



Nota: Elaboración propia

**Figura 73.**

*Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la A.V samanes movimiento 2*



Nota: Elaboración propia

**Anexo C.** Volúmenes vehiculares de la intercepción Cra. 21 con calles 39 y 37**Tabla 23.***Volúmenes vehiculares Cra. 21 día miércoles*

<b>Volúmenes por 15 min</b>							
Hora desde	Hora hasta	Autos	Motos	Buses	Camiones	Ciclas	Total
8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.	192	229	13	8	7	449
8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.	199	265	14	8	12	498
9:00:00 a. m.	9:15:00 a. m.	217	266	15	12	17	527
9:15:00 a. m.	9:30:00 a. m.	216	261	15	11	19	522
9:30:00 a. m.	9:45:00 a. m.	216	274	14	11	12	527
9:45:00 a. m.	10:00:00 a. m.	228	283	15	12	15	553
10:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.	226	293	14	13	11	557
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	236	293	12	8	8	557
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.	229	282	16	12	11	550
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.	211	283	10	21	7	532
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	239	299	16	14	3	571
11:15:00 a. m.	11:30:00 a. m.	198	339	15	10	7	569
2:00:00 p. m.	2:15:00 p. m.	182	276	13	7	5	483
2:15:00 p. m.	2:30:00 p. m.	187	262	12	10	5	476
2:30:00 p. m.	2:45:00 p. m.	191	274	13	15	11	504
2:45:00 p. m.	3:00:00 p. m.	215	281	16	8	10	530
3:00:00 p. m.	3:15:00 p. m.	209	324	14	10	10	567
3:15:00 p. m.	3:30:00 p. m.	198	328	13	11	4	554
3:30:00 p. m.	3:45:00 p. m.	177	293	15	13	5	503
3:45:00 p. m.	4:00:00 p. m.	205	303	12	7	4	531
4:00:00 p. m.	4:15:00 p. m.	190	347	17	13	11	578
4:15:00 p. m.	4:30:00 p. m.	200	316	13	11	7	547
4:30:00 p. m.	4:45:00 p. m.	202	310	14	7	10	543
4:45:00 p. m.	5:00:00 p. m.	197	324	14	7	13	555

Nota: Elaboración propia

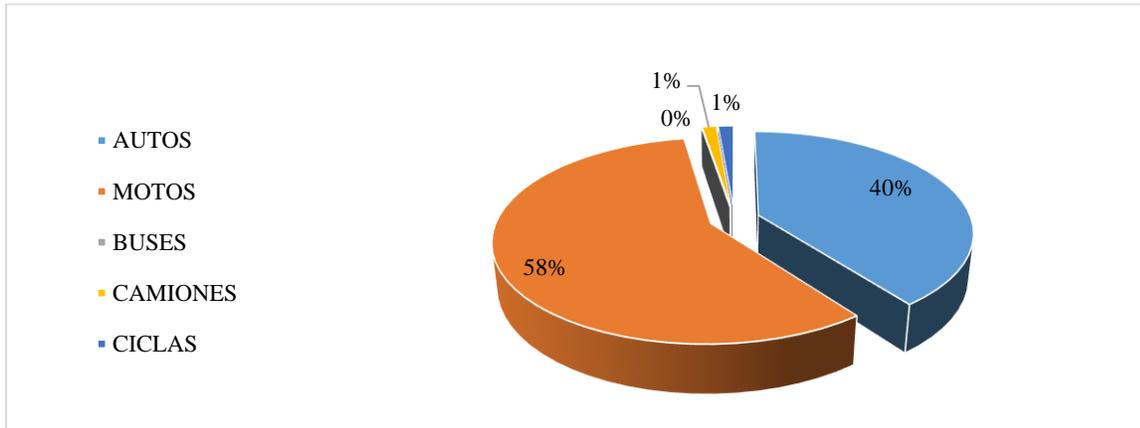
**Tabla 24.***Resumen de procesamiento de datos Cra. 21*

<b>FECHA</b>	<b>22/07/2020</b>	<b>Ancho de carril</b>	<b>6.5 mts</b>	<b>FHMD s-w</b>	<b>0,7</b>
<b>DIA</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>Ancho de cicloruta</b>	<b>3.5 mts</b>	<b>FHMD s-n</b>	<b>0,95</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>CARRERA21</b>	<b>velocidad</b>	<b>30km/h</b>	<b>Hora pico</b>	<b>10:15 am – 11:15 am</b>

Nota: Elaboración propia

**Figura 74.**

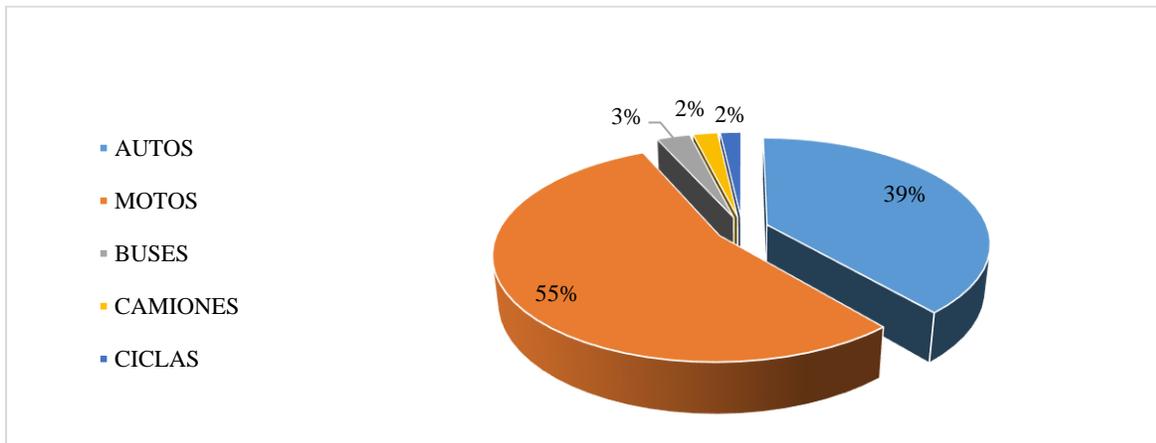
*Composición vehicular total de la Carrera 21 movimiento S – W*



Nota: Elaboración propia

**Figura 75.**

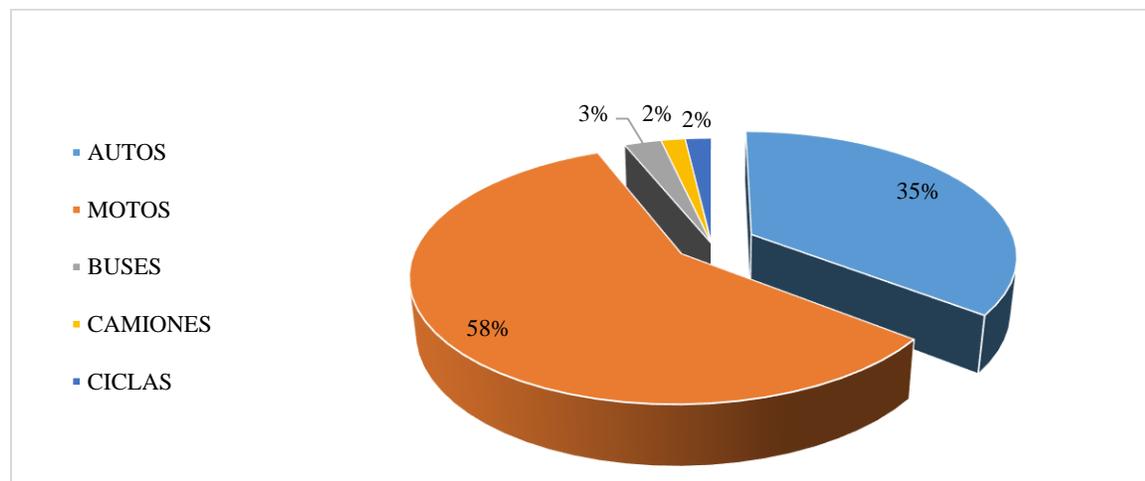
*Composición vehicular total de la Carrera 21 movimiento S – N*



Nota: Elaboración propia

**Figura 76.**

*Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la Cra. 21*



Nota: Elaboración propia

**Tabla 25.**

*Volúmenes vehiculares Calle 39 día miércoles*

		Volúmenes por 15 min					
Hora desde	Hora hasta	Autos	Motos	Buses	Camiones	Ciclas	Total
8:30:00 a. M.	8:45:00 a. M.	16	52	0	0	2	70
8:45:00 a. M.	9:00:00 a. M.	20	36	0	0	0	56
9:00:00 a. M.	9:15:00 a. M.	26	38	0	5	1	70
9:15:00 a. M.	9:30:00 a. M.	28	64	0	2	2	96
9:30:00 a. M.	9:45:00 a. M.	21	53	0	2	0	76
9:45:00 a. M.	10:00:00 a. M.	16	51	0	1	1	69
10:00:00 a. M.	10:15:00 a. M.	26	44	1	3	2	76
10:15:00 a. M.	10:30:00 a. M.	25	55	0	1	2	83
10:30:00 a. M.	10:45:00 a. M.	27	68	1	2	1	99
10:45:00 a. M.	11:00:00 a. M.	23	43	0	2	2	70
11:00:00 a. M.	11:15:00 a. M.	33	50	0	0	1	84
11:15:00 a. M.	11:30:00 a. M.	23	49	0	2	0	74
2:00:00 p. M.	2:15:00 p. M.	15	47	0	1	2	65
2:15:00 p. M.	2:30:00 p. M.	18	40	0	2	0	60
2:30:00 p. M.	2:45:00 p. M.	28	52	0	1	1	82
2:45:00 p. M.	3:00:00 p. M.	20	55	0	1	3	79
3:00:00 p. M.	3:15:00 p. M.	30	52	0	1	1	84

3:15:00 p. M.	3:30:00 p. M.	41	60	0	1	0	102
3:30:00 p. M.	3:45:00 p. M.	35	57	0	1	5	98
3:45:00 p. M.	4:00:00 p. M.	34	70	0	1	2	107
4:00:00 p. M.	4:15:00 p. M.	28	58	0	2	4	92
4:15:00 p. M.	4:30:00 p. M.	30	61	0	3	1	95
4:30:00 p. M.	4:45:00 p. M.	32	63	0	1	2	98
4:45:00 p. M.	5:00:00 p. M.	24	47	0	4	0	75

Nota: Elaboración propia

**Tabla 26.**

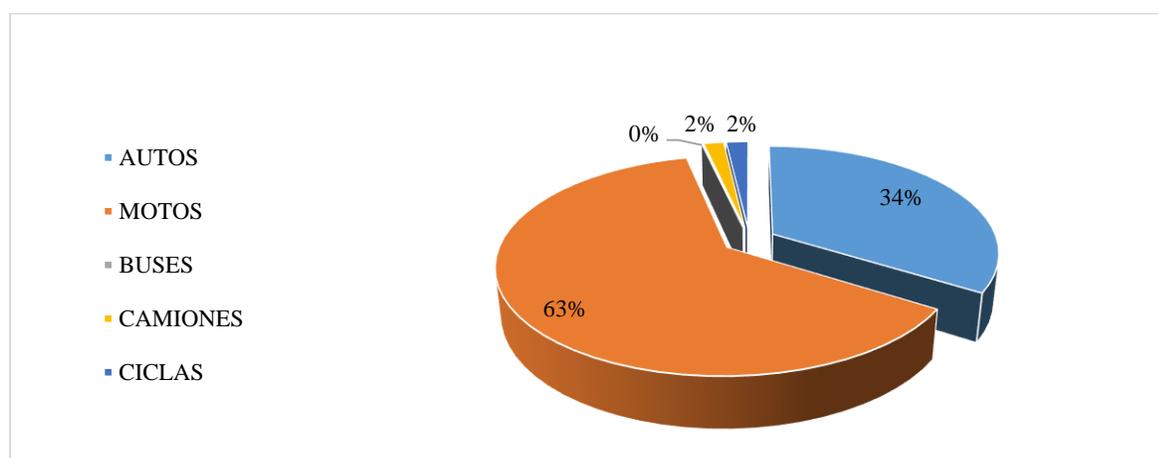
*Resumen de procesamiento de datos Calle 39.*

<b>FECHA</b>	<b>22/07/2020</b>	<b>Ancho de carril</b>	<b>5.40 mts</b>	<b>FHMD E - W</b>	<b>0.92</b>
<b>DIA</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>Ancho de cicloruta</b>	<b>0</b>	<b>FHMD E - N</b>	<b>0,74</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>CALLE 39</b>	<b>velocidad</b>	<b>20 km/ h</b>	<b>Hora pico</b>	<b>10:15 am – 11:15 am</b>
<b>MOVIMIENTO</b>	<b>E-W / E-N</b>	<b>Pendiente</b>	<b>-3</b>		

Nota: Elaboración propia

**Figura 77.**

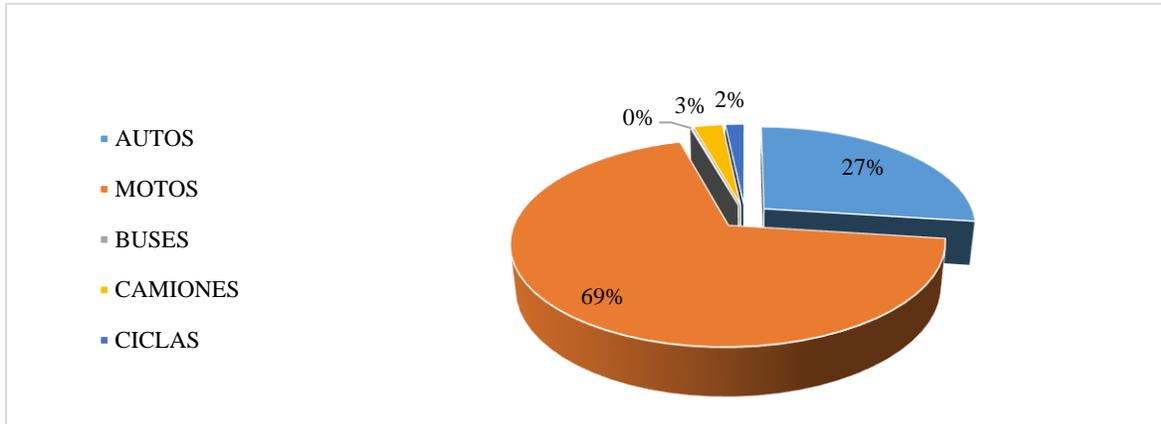
*Composición vehicular total de la calle 39 movimiento E – W*



Nota: Elaboración propia

**Figura 78.**

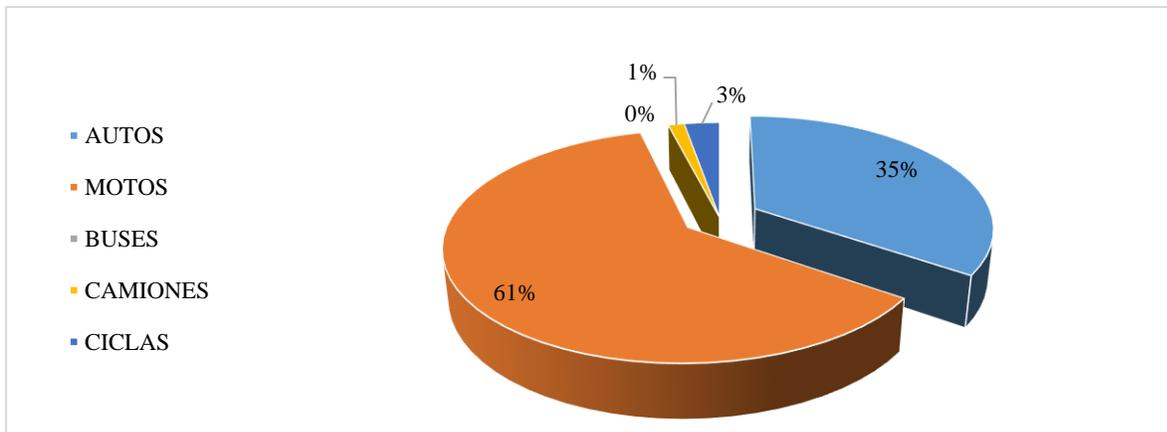
*Composición vehicular total de la calle 39 movimiento E – N*



Nota: Elaboración propia

**Figura 79.**

*Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la Calle 39*



Nota: Elaboración propia

**Tabla 27.***Volúmenes vehiculares Calle 37 día miércoles*

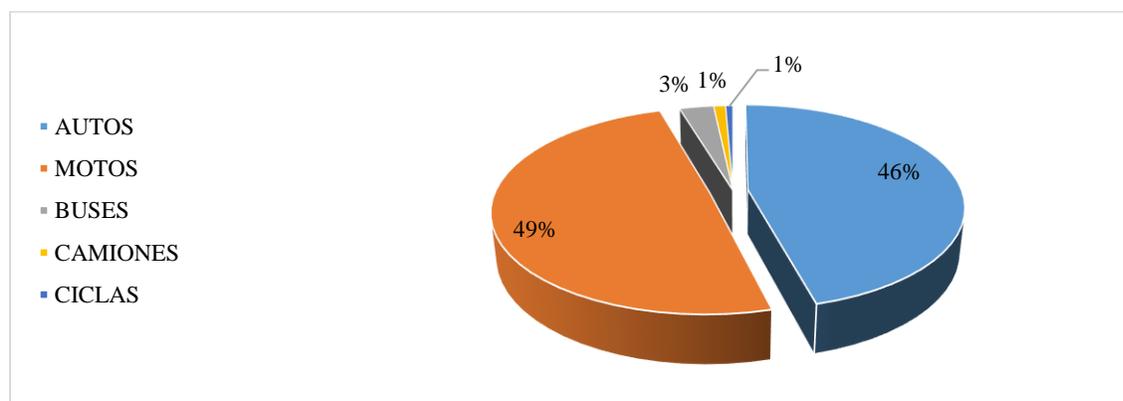
VOLUMENES POR 15 MIN							
HORA DESDE	HORA HASTA	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	CICLAS	TOTAL
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	96	68	6	3	1	174
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.	79	100	6	3	1	189
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.	86	107	5	1	0	199
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	93	107	6	1	3	210

Nota: Elaboración propia

**Tabla 28.***Resumen de procesamiento de datos Calle 37.*

<b>FECHA</b>	<b>28/10/2020</b>	<b>Ancho de carril</b>	<b>3.2</b>	<b>FHMD</b>	<b>0,75</b>
<b>DIA</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>Ancho de cicloruta</b>	<b>0</b>	<b>Hora pico</b>	<b>10:15am – 11:15 am</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>CALLE 37</b>	<b>velocidad</b>	<b>30 km/h</b>	<b>Pendiente</b>	<b>3</b>

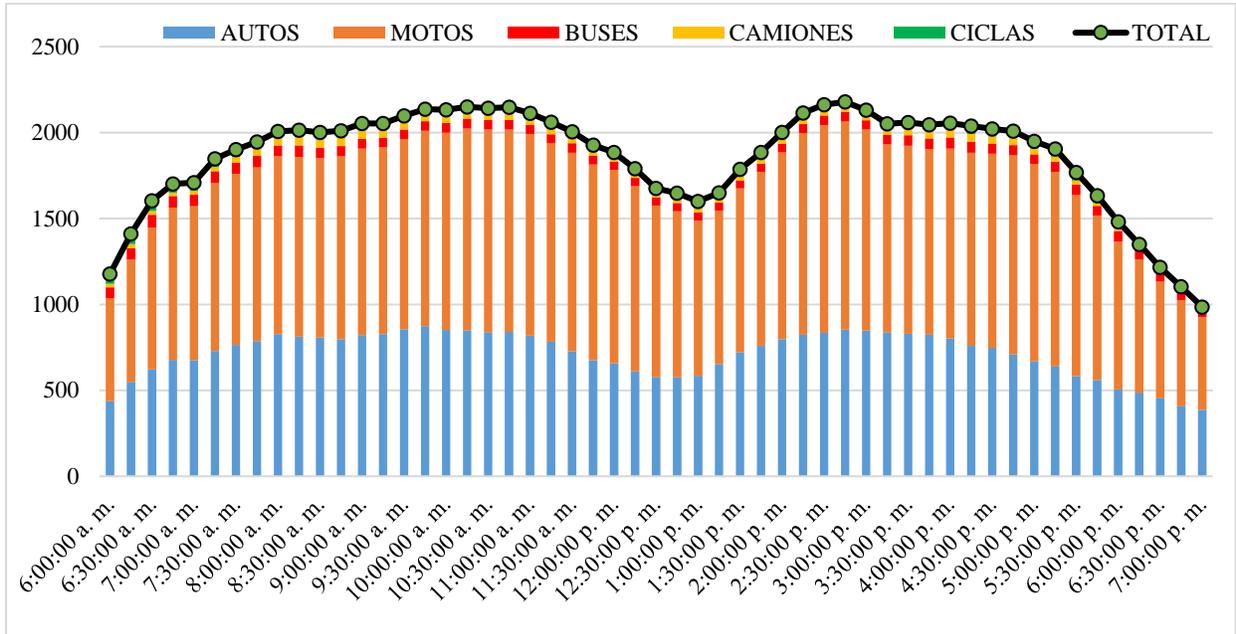
Nota: Elaboración propia

**Figura 80.***Composición vehicular total de la calle 37*

Nota: Elaboración propia

**Figura 81.**

*Columna apilada de volumen vehiculares mixtos en la carrera 21 el 21 julio 2020*



Nota: Elaboración propia

**Anexo D.** Volúmenes vehiculares intercepción Cra. 18 con calle 33 y 34.**Tabla 29.***Volúmenes vehiculares Calle 33*

VOLUMENES POR 15 MIN							
HORA DESDE	HORA HASTA	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	CICLAS	TOTAL
9:00:00 a. m.	9:15:00 a. m.	88	159	12	1	4	264
9:15:00 a. m.	9:30:00 a. m.	106	172	11	4	7	300
9:30:00 a. m.	9:45:00 a. m.	75	157	10	3	5	250
9:45:00 a. m.	10:00:00 a. m.	72	194	12	2	4	284
10:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.	84	185	9	3	3	284
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	78	204	7	6	5	300
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.	85	213	11	3	6	318
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.	98	194	7	3	7	309
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	65	159	9	3	3	239
11:15:00 a. m.	11:30:00 a. m.	72	211	9	4	3	299
11:30:00 a. m.	11:45:00 a. m.	80	218	13	6	4	321
11:45:00 a. m.	12:00:00 p. m.	77	197	8	3	4	289
12:00:00 p. m.	12:15:00 p. m.	74	191	8	6	3	282
12:15:00 p. m.	12:30:00 p. m.	91	209	11	2	9	322
12:30:00 p. m.	12:45:00 p. m.	92	193	8	4	7	304
12:45:00 p. m.	1:00:00 p. m.	82	195	7	8	4	296
1:00:00 p. m.	1:15:00 p. m.	104	181	10	1	4	300
1:15:00 p. m.	1:30:00 p. m.	86	128	10	3	3	230
1:30:00 p. m.	1:45:00 p. m.	102	135	7	6	3	253
1:45:00 p. m.	2:00:00 p. m.	68	141	8	3	2	222
2:00:00 p. m.	2:15:00 p. m.	98	149	11	2	6	266
2:15:00 p. m.	2:30:00 p. m.	88	136	9	2	1	236
2:30:00 p. m.	2:45:00 p. m.	100	98	6	3	3	210
2:45:00 p. m.	3:00:00 p. m.	91	116	8	3	3	221

Nota: Elaboración propia

**Tabla 30.**

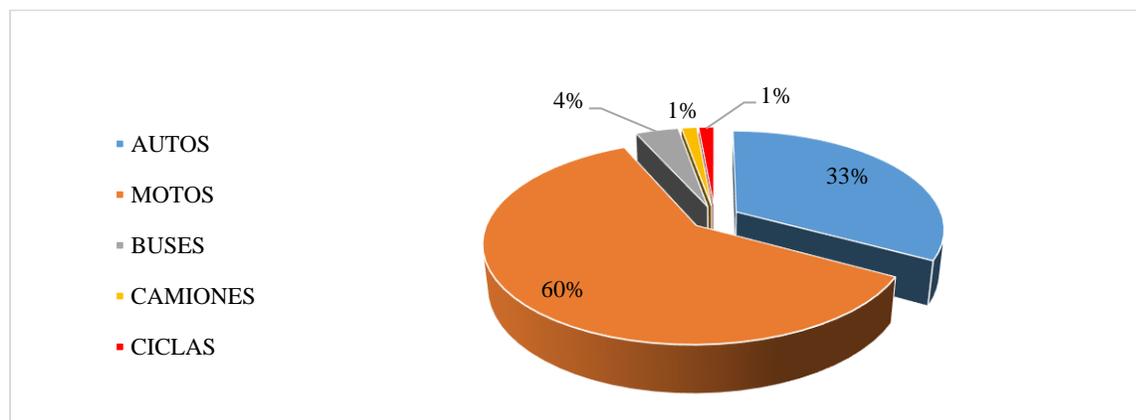
*Resumen de procesamiento de datos Calle 33.*

<b>FECHA</b>	<b>8/07/2020</b>	<b>Ancho de carril</b>	<b>5,9 mts</b>	<b>FHMD W-E</b>	<b>0,95</b>
<b>DIA</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>Ancho de cicloruta</b>	<b>1,71 mt</b>	<b>FHMD W-S</b>	<b>0,8</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>CALLE 33</b>	<b>velocidad</b>	<b>15 km/h</b>	<b>Hora pico</b>	<b>12:15 pm – 1:15 pm</b>
<b>MOVIMIENTOS</b>	<b>W-E / W-S</b>	<b>Pendiente</b>	<b>-5,2</b>		

Nota: Elaboración propia

**Figura 82.**

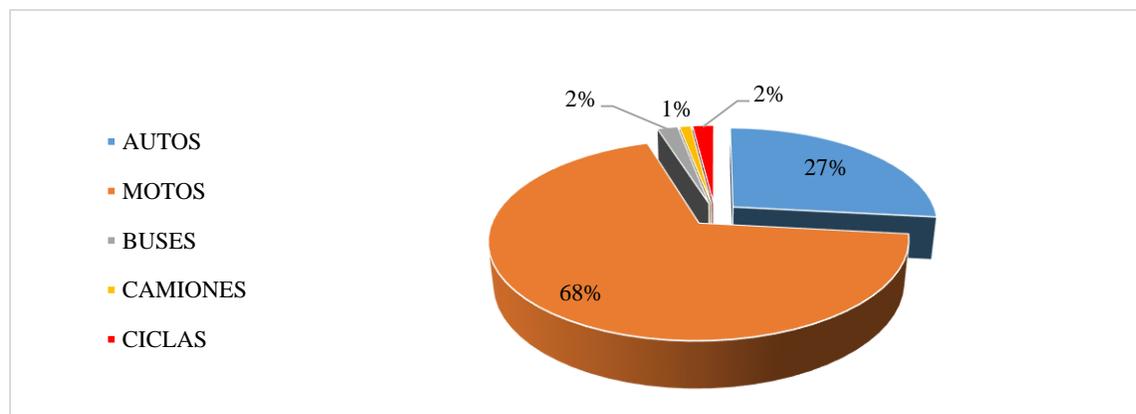
*Composición vehicular total de la calle 33 movimiento W/E*



Nota: Elaboración propia

**Figura 83.**

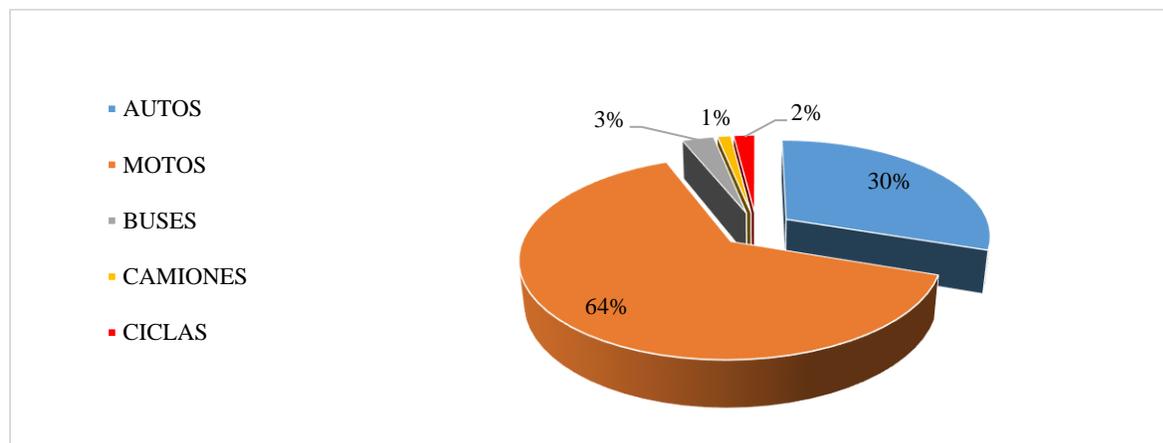
*Composición vehicular total de la calle 33 movimiento W/S*



Nota: Elaboración propia

**Figura 84.**

*Composición vehicular para la hora de máxima demanda en la Calle 33*



Nota: Elaboración propia

**Tabla 31.**

*Volúmenes vehiculares Cra. 18*

VOLUMENES POR 15 MIN							
HORA DESDE	HORA HASTA	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	CICLAS	TOTAL
9:00:00 a. m.	9:15:00 a. m.	113	154	6	3	5	281
9:15:00 a. m.	9:30:00 a. m.	106	201	7	3	4	321
9:30:00 a. m.	9:45:00 a. m.	134	165	9	7	8	323
9:45:00 a. m.	10:00:00 a. m.	103	181	7	6	9	306
10:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.	135	164	9	4	4	316
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	124	154	7	4	11	300
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.	124	172	8	6	3	313
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.	85	181	5	5	11	287
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	105	128	7	4	9	253
11:15:00 a. m.	11:30:00 a. m.	110	181	9	4	4	308
11:30:00 a. m.	11:45:00 a. m.	106	141	8	5	8	268
11:45:00 a. m.	12:00:00 p. m.	125	200	8	8	11	352
12:00:00 p. m.	12:15:00 p. m.	120	185	7	3	5	320
12:15:00 p. m.	12:30:00 p. m.	121	213	7	3	12	356
12:30:00 p. m.	12:45:00 p. m.	98	200	8	3	9	318
12:45:00 p. m.	1:00:00 p. m.	107	146	9	6	3	271
1:00:00 p. m.	1:15:00 p. m.	99	126	6	4	5	240
1:15:00 p. m.	1:30:00 p. m.	91	111	6	4	9	221

1:30:00 p. m.	1:45:00 p. m.	82	125	8	4	1	220
1:45:00 p. m.	2:00:00 p. m.	127	138	8	4	6	283
2:00:00 p. m.	2:15:00 p. m.	89	145	6	4	3	247
2:15:00 p. m.	2:30:00 p. m.	118	125	5	4	7	259
2:30:00 p. m.	2:45:00 p. m.	141	85	6	6	1	239
2:45:00 p. m.	3:00:00 p. m.	154	117	7	7	6	291

Nota: Elaboración propia

### Tabla 32.

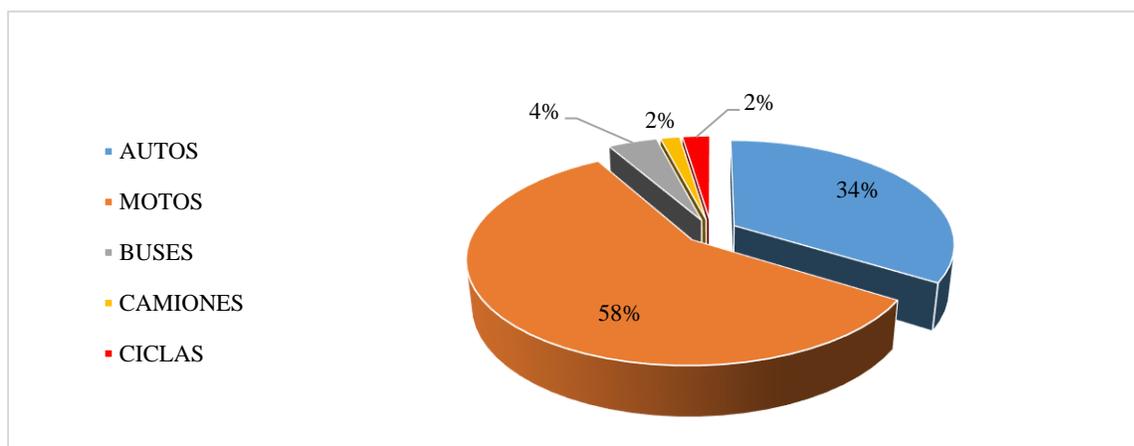
#### Resumen de procesamiento de datos Cra. 18

<b>FECHA</b>	<b>8/07/2020</b>	<b>Ancho de carril</b>	<b>4.6 mt</b>	<b>FHMD N-S</b>	<b>0,88</b>
<b>DIA</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>Ancho de cicloruta</b>	<b>0</b>	<b>FHMD N-E</b>	<b>0,75</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>CRA 18</b>	<b>velocidad</b>	<b>20 km/h</b>	<b>Hora pico</b>	<b>11:30 am – 12:30 pm</b>
<b>MOVIMIENTO</b>	<b>N-S / N-E</b>	<b>Pendiente</b>	<b>0</b>		

Nota: Elaboración propia

### Figura 85.

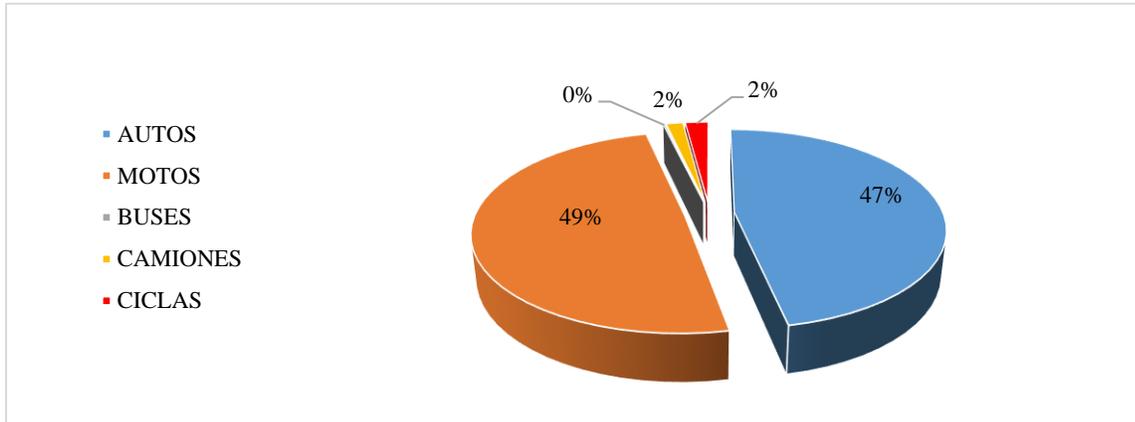
#### Composición vehicular total de la Carrera 18 movimiento N/S



Nota: Elaboración propia

**Figura 86.**

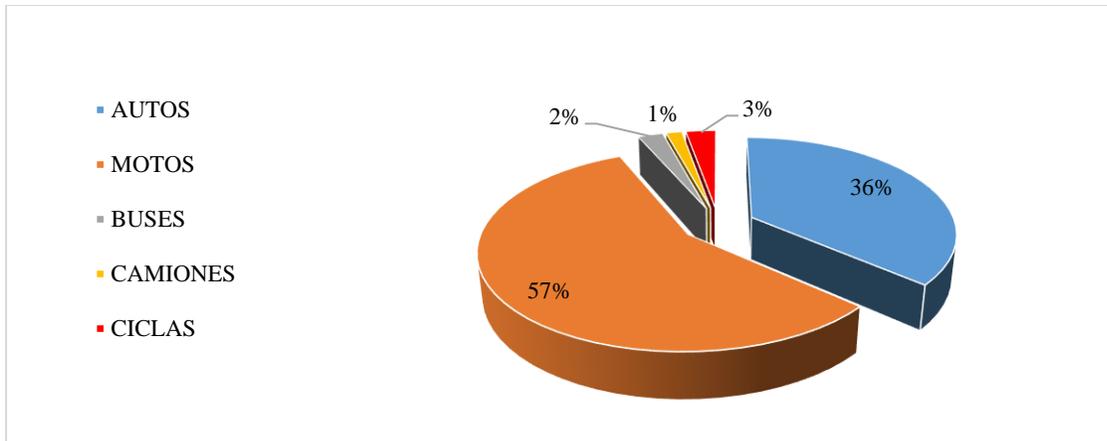
*Composición vehicular total de la Carrera 18 movimiento N/E*



Nota: Elaboración propia

**Figura 87.**

*Composición vehicular para la hora máxima de demanda para la carrera 18*



Nota: Elaboración propia

**Tabla 33.***Volúmenes vehiculares Calle 34*

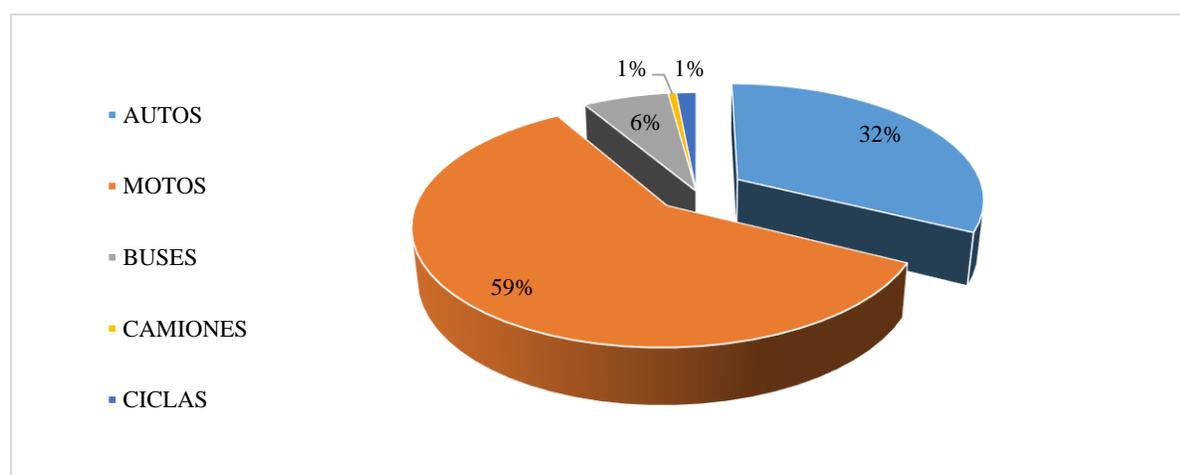
VOLUMENES POR 15 MIN							
HORA DESDE	HORA HASTA	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	CICLAS	TOTAL
12:15:00 p. m.	12:30:00 p. m.	68	101	13	1	3	186
12:30:00 p. m.	12:45:00 p. m.	64	122	14	1	3	204
12:45:00 p. m.	1:00:00 p. m.	60	120	12	2	4	198
1:00:00 p. m.	1:15:00 p. m.	68	127	13	1	2	211

Nota: Elaboración propia

**Tabla 34.***Resumen de procesamiento de datos Calle 34*

FECHA	<b>28/10/2020</b>	Ancho de carril	<b>3,6 mts</b>	FHMD	<b>0,75</b>
DIA	MIERCOLES	Ancho de cicloruta	0		
UBICACIÓN	CALLE 34	velocidad	10 km/h		
MOVIMIENTO	E- W / E-S	Pendiente	5,2		

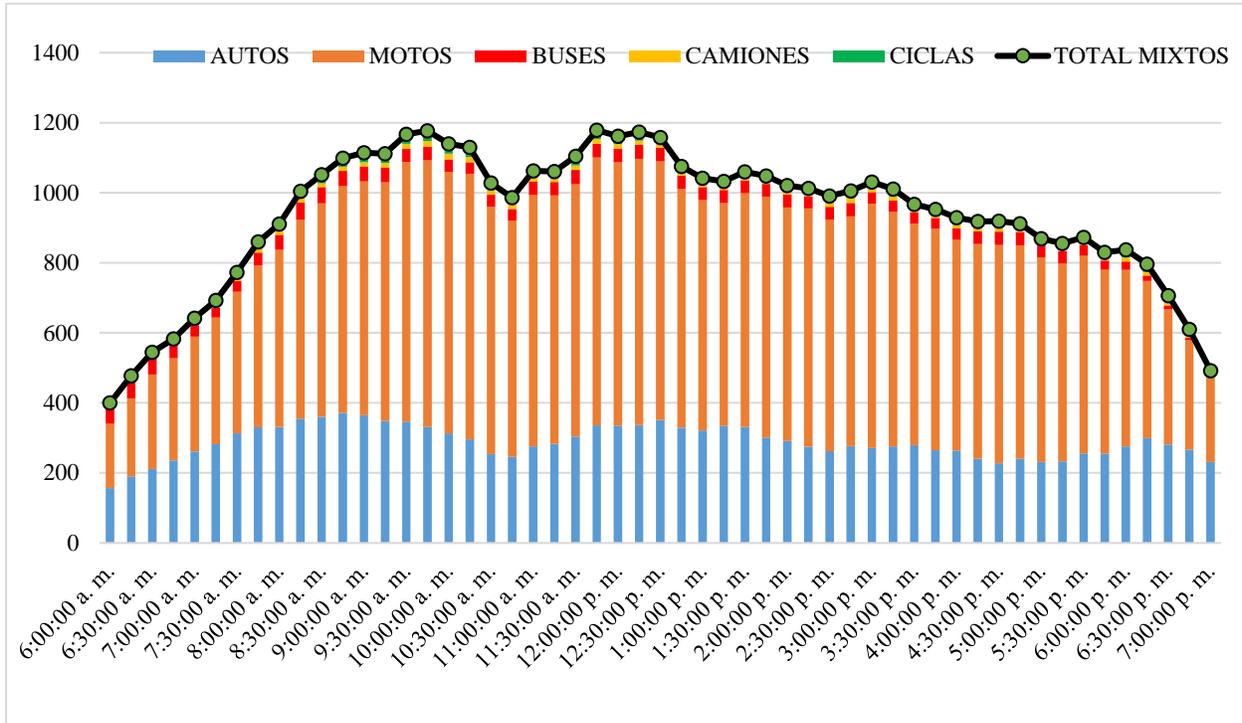
Nota: Elaboración propia

**Figura 88.***Composición vehicular total de la Calle 34*

Nota: Elaboración propia

**Figura 89.**

*Columna apilada de volumen vehiculares mixtos en la calle 33 el 7 julio 2020*



Nota: Elaboración propia