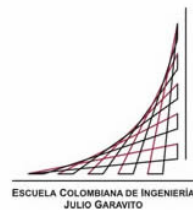


**Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte**

**Diseño de una ruta de transporte alternativo para la última milla  
de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de  
Ingeniería Julio Garavito**

**Ing. Danny Alexander Leiva Manzano**

**Bogotá, D.C., 19 de diciembre de 2023**



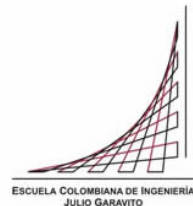
**Diseño de una ruta de transporte alternativo para la última milla  
de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de  
Ingeniería Julio Garavito**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con  
énfasis en Tránsito y Transporte**

**Ing. Santiago Henao Pérez**

**Director**

**Bogotá, D.C., 19 de diciembre de 2023**



La tesis de maestría titulada “Diseño de una ruta de transporte alternativo para la última milla de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito”, presentada por Danny Alexander Leiva Manzano cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.

  
Director de la tesis

Santiago Henao Pérez



Jurado

Maritza Cecilia Villamizar Roper

  
Jurado

Iván Camilo Barahona Rodríguez

Bogotá, D.C., 26 de enero del 2024

## **Dedicatoria**

Este proyecto está dedicado a todas aquellas personas que creyeron en mí desde el primer día, a quienes me brindaron su apoyo incondicional y me motivaron a inscribirme al programa de Maestría.

A mis padres, hermanos, familiares y amigos, que me acompañaron durante cada etapa, siendo parte fundamental del proceso para llegar a la meta.

Finalmente, le dedico este proyecto a quienes aportaron sus ideas para el contenido desarrollado en este trabajo de grado.

## **Agradecimientos**

Este proyecto fue posible gracias al apoyo incondicional del programa de Maestría en Ingeniería Civil de la Escuela. Sin ellos, no habría sido posible recolectar la información requerida para el desarrollo de mi trabajo.

A la comunidad universitaria de la Escuela, por tomarse el tiempo de participar en el diligenciamiento de la encuesta como fuente de información primaria.

A las entidades Distritales del sector Movilidad, que me brindaron la información requerida para caracterizar algunas de las externalidades del transporte.

A mis profesores, compañeros y colegas, por las lecciones aprendidas y el aporte realizado de manera directa o indirecta a la elaboración de este trabajo.

## Resumen

Los problemas actuales de la movilidad en Bogotá son factores que inciden en la calidad de vida de los ciudadanos que viajan diariamente a cumplir un horario de trabajo o estudio.

Problemas como el aumento en la tasa de motorización y la baja calidad de los servicios de transporte público en Bogotá, incrementan cada vez más el costo generalizado para llegar a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Con el fin de aportar una solución académica, en esta propuesta investigativa se plantea el dimensionamiento de una ruta de transporte colectivo alternativo que atienda a las necesidades de la comunidad universitaria en la última milla.

En el capítulo I, se estima la demanda de usuarios que requieren el servicio de transporte mediante la aplicación de una encuesta a la comunidad universitaria.

En el capítulo II, variables como el número de siniestros viales ocurridos, la oferta de transporte público y la velocidad de circulación en la última milla, son caracterizadas con información solicitada a entidades distritales del sector movilidad para la identificación de las externalidades que ejerce el transporte sobre la malla vial que da acceso a las instalaciones de la Universidad.

Finalmente, en el capítulo III, se utiliza la metodología propuesta por Molinero y Sánchez (2005)<sup>1</sup> para el diseño del esquema operacional de la ruta de transporte, la cual contempla procedimientos de cálculo manual para el dimensionamiento de variables como el intervalo de salida de las rutas, la frecuencia del servicio, el tiempo de recorrido y la capacidad vehicular de la flota, entre otros.

El valor agregado de este proyecto contempla el diseño del recorrido de la ruta, los puntos de parada para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros y algunas recomendaciones tecnológicas para la operación del servicio.

En cuanto a los resultados obtenidos, el dimensionamiento de la ruta determina que con 8 microbuses (7 de ellos operativos) es posible brindar un servicio de transporte alternativo a

---

<sup>1</sup> Capítulo 8 - Transporte público: planeación, diseño, operación y administración.

190 usuarios de la comunidad universitaria de la Escuela durante la hora de máxima demanda, garantizando la circulación de 1 vehículo cada 6 minutos con un tiempo de 6,6 minutos para el desarrollo de las maniobras de ascenso de pasajeros en un lugar habilitado para ello durante el pico de la mañana.

De esta manera, los resultados alcanzados con este proyecto podrán ser complementados posteriormente con un estudio económico para la estimación de la tarifa y la financiación del servicio, así como la aplicación de modelos de optimización para la validación del trazado y la operación del servicio.

## ÍNDICE GENERAL

1	Introducción .....	17
1.1	Pregunta de investigación .....	22
1.2	Hipótesis.....	22
1.3	Objetivos.....	23
1.3.1	Objetivo general .....	23
1.3.2	Objetivos específicos.....	23
2	Marco Teórico.....	24
2.1	Intervalo.....	24
2.1	Frecuencia del servicio.....	25
2.2	Capacidad vehicular .....	26
2.3	Volumen de pasajeros.....	26
2.4	Factor de ocupación .....	26
2.5	Sección de máxima demanda .....	27
2.6	Volumen de diseño.....	27
2.7	Capacidad de línea ofrecida.....	27
2.8	Tiempo de recorrido .....	28
2.9	Tiempo de ciclo .....	28
2.10	Velocidad de operación.....	28
2.11	Tiempo de terminal.....	29
2.12	Tamaño del parque vehicular .....	29
3	Metodología.....	30
3.1	Cuadro Metodológico .....	30
4	CAPÍTULO 1 - Caracterización de la demanda de transporte de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito .....	31
4.1	Recopilación y Análisis de información secundaria .....	31
4.1.1	Encuesta de Movilidad Bogotá 2019.....	31
4.1.2	Identificación de proyectos Distritales cercanos .....	37
4.1.2.1	Accesos Norte II. ....	37
4.1.3	Carriles preferenciales para rutas escolares en la Autopista Norte entre Calles 167 y 235. 40	
4.2	Recopilación de información primaria .....	41
4.2.1	Diseño muestral.....	41
4.2.2	Diseño de la encuesta .....	45
4.2.3	Aplicación de la encuesta.....	49



4.2.3.1.	Número total de encuestados .....	49
4.2.3.2.	Recálculo del error muestral “E” .....	50
4.2.4	Procesamiento de la información obtenida en la encuesta.....	51
4.2.4.1	Origen de los viajes .....	51
4.2.4.1	Número de viajes Unimodales y Multimodales .....	53
4.2.4.2	Distribución modal del trayecto principal.....	53
4.2.4.3	Distribución modal para viajes unimodales según rango etario.....	56
4.2.4.4	Razones de preferencia para viajes unimodales .....	57
4.2.4.5	Modos utilizados en la primera y última milla de los viajes multimodales .....	58
4.2.4.6	Distribución horaria de los viajes.....	59
4.2.4.7	Calificación del servicio de Transporte Público.....	61
4.2.4.8	Participación en siniestros viales .....	62
4.2.4.9	Uso de transporte complementario .....	64
4.2.4.10	Opinión del encuestado respecto a la necesidad de la ruta de transporte. ....	65
4.2.4.11	Disposición del encuestado respecto al posible uso de la ruta de transporte. .	66
4.2.4.12	Aspectos relevantes para el encuestado para el posible uso de la ruta de transporte. 67	67
4.2.4.13	Disponibilidad del encuestado respecto al cobro del servicio de transporte alternativo. 69	69
4.3	Cálculo del factor de expansión de la muestra (FE) .....	70
4.4	Estimación de la demanda potencial de usuarios de la ruta de transporte alternativo.....	71
4.5	Análisis de resultados.....	73
5	CAPÍTULO 2 - Identificación de las externalidades del transporte en la última milla de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito .....	75
5.1	Área de influencia.....	75
5.2	Recopilación y análisis de información .....	77
5.2.1	Registros de velocidad media de vehículos mixtos (SDM).....	77
5.2.2	Información de Transmilenio S.A. respecto a la operación del transporte público en última milla E.C.D.I.J.G. ....	80
5.2.2.1	Rutas Alimentadoras .....	81
5.2.2.2	Rutas del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) .....	82
5.2.2.3	Velocidad media de Rutas SITP .....	85
5.2.3	Volúmenes Autopista Norte y Hora de Máxima Demanda (HMD).....	88
5.2.4	Análisis de siniestralidad .....	97
5.2.4.1	Comportamiento interanual de los siniestros viales ocurridos según su gravedad. 97	97
5.2.4.2	Día y hora de mayor ocurrencia de siniestros viales. ....	99
5.2.4.3	Número total de lesionados según la condición de la víctima .....	100
5.2.4.4	Número total de lesionados según rango etario y condición de la víctima .....	102

5.2.4.1	Número total de lesionados según género y clase de siniestro.....	103
5.2.4.1	Número total de fallecidos según la condición de la víctima.....	104
5.2.4.1	Número total de fallecidos según rango etario y condición de la víctima .....	105
5.2.4.1	Número total de fallecidos según género y clase de siniestro .....	106
5.2.5	Identificación de puntos críticos .....	108
5.3	Análisis de resultados.....	110
6	CAPÍTULO 3 - Diseño del esquema operacional de la ruta de transporte alternativo .....	111
6.1	Parámetros de entrada para el dimensionamiento del servicio .....	111
6.1.1	Ruta y longitud de recorrido de la ruta (L).....	111
6.1.2	Volumen de diseño (P).....	113
6.1.3	Factor de ocupación ( $\alpha$ ) .....	114
6.1.4	Tiempo de recorrido ( $tr$ ) .....	115
6.1.5	Tiempo de terminal inicial ( $tt^{\circ}$ ).....	116
6.1.6	Tipología y capacidad del vehículo ( $Cv$ ) .....	116
6.2	Dimensionamiento de la ruta.....	117
6.2.1	Intervalo de la ruta (i).....	117
6.2.2	Frecuencia del servicio.....	118
6.2.1	Tiempo de ciclo inicial ( $tc^{\circ}$ ) .....	118
6.2.1	Tamaño del parque vehicular (N).....	119
6.2.2	Tiempo de ciclo ajustado ( $tc$ ).....	119
6.2.3	Tiempo de terminal ajustado ( $tt$ ).....	120
6.2.4	Capacidad de línea ofrecida ( $C$ ).....	120
6.3	Resumen de resultados .....	121
6.4	Normatividad aplicable .....	121
6.5	Puntos de parada para el ascenso y descenso de pasajeros .....	122
6.5.1	Punto de Ascenso en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito .....	124
6.5.2	Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 187. ....	125
6.5.1	Punto de ascenso en la bahía frente al centro comercial Plaza Norte. ....	125
6.5.1	Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 207. ....	128
6.6	Recomendaciones tecnológicas para la implementación del servicio .....	129
7	Conclusiones y recomendaciones.....	130
8	Resultados y contribución .....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.....	32
<b>Tabla 2.</b> Modo de viaje principal en viajes atraídos ZAT No.04 en 2019.....	34
<b>Tabla 3.</b> Hora de llegada de los viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.....	36
<b>Tabla 4.</b> Número de estudiantes vinculados a la Universidad (septiembre 2023).....	42
<b>Tabla 5.</b> Número de trabajadores activos en la Universidad (septiembre 2023).....	43
<b>Tabla 6.</b> Comunidad Universitaria E.C.D.I.J.G. segundo semestre del 2023. ....	44
<b>Tabla 7.</b> Encuestas requeridas por estudiantes y trabajadores de la Universidad. ....	45
<b>Tabla 8.</b> Encuestas diligenciadas por la comunidad universitaria.....	50
<b>Tabla 9.</b> Número de personas encuestadas por localidad y duración media de viaje. ....	51
<b>Tabla 10.</b> Modo principal de transporte de los encuestados.....	54
<b>Tabla 11.</b> Modos de transporte utilizados para la primera milla en viajes multimodales. ....	58
<b>Tabla 12.</b> Modos de transporte utilizados para la última milla en viajes multimodales.....	58
<b>Tabla 13.</b> Calificación del servicio de Transporte Público hacia la Escuela.....	61
<b>Tabla 14.</b> Opinión del encuestado respecto a la necesidad de la ruta de transporte. ....	66
<b>Tabla 15.</b> Demanda de usuarios de la comunidad universitaria para el dimensionamiento de la ruta. .....	72
<b>Tabla 16.</b> Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 215 y CL 185. (Sentido Norte – Sur). .....	77
<b>Tabla 17.</b> Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 185 y CL 215. (Sentido Sur – Norte). .....	79
<b>Tabla 18.</b> Intervalos programados para las rutas alimentadoras 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 y B924 para un día hábil.....	81
<b>Tabla 19.</b> Rutas SITP en Autopista Norte entre Calle 183 y Calle 215.....	82
<b>Tabla 20.</b> Intervalo y frecuencia ruta SITP E44.....	83
<b>Tabla 21.</b> Velocidades promedio SITP en Autopista Norte entre Av. CL 183 y CL 215, sentido N - S. .....	85
<b>Tabla 22.</b> Velocidades promedio SITP en Autopista Norte entre Av. CL 183 y CL 215, sentido S - N. .....	86
<b>Tabla 23.</b> Factores de equivalencia para volúmenes vehiculares.....	88
<b>Tabla 24.</b> Volúmenes vehiculares horarios, estación Maestra AutoNorte X CL 194 sentido N – S.	89
<b>Tabla 25.</b> Volúmenes vehiculares horarios, estación Maestra AutoNorte X CL 192 sentido S – N.	93
<b>Tabla 26.</b> Siniestros viales de los últimos cinco (5) años clasificados según la gravedad.....	97
<b>Tabla 27.</b> Número de siniestros viales discriminados por día de la semana. ....	99
<b>Tabla 28.</b> Número de personas lesionadas anualmente según la condición de la víctima.....	101

<b>Tabla 29.</b> Número de personas lesionadas según rango etario y condición de la víctima. ....	102
<b>Tabla 30.</b> Número de personas lesionadas según género y clase de siniestro. ....	103
<b>Tabla 31.</b> Número de personas fallecidas anualmente según la condición de la víctima. ....	104
<b>Tabla 32.</b> Número de personas fallecidas según rango etario y condición de la víctima. ....	105
<b>Tabla 33.</b> Número de personas fallecidas según género y clase de siniestro. ....	107
<b>Tabla 34.</b> Volumen de diseño para el dimensionamiento de la ruta. ....	114
<b>Tabla 35.</b> Factor de ocupación para el dimensionamiento de la ruta. ....	114
<b>Tabla 36.</b> Estimación del tiempo de recorrido ( $tr$ ) de la ruta. ....	115
<b>Tabla 37.</b> Estimación del tiempo de terminal inicial ( $tt$ ) de la ruta. ....	116
<b>Tabla 38.</b> Cálculo del intervalo inicial ( $i^{\circ}$ ) de la ruta en los periodos de diseño. ....	117
<b>Tabla 39.</b> Valor del intervalo ( $i$ ) de la ruta en los periodos de diseño. ....	118
<b>Tabla 40.</b> Cálculo de la frecuencia ( $f$ ) de la ruta en los periodos de diseño. ....	118
<b>Tabla 41.</b> Cálculo del tiempo de ciclo inicial ( $tc^{\circ}$ ) de la ruta. ....	119
<b>Tabla 42.</b> Cálculo del tamaño del parque vehicular ( $N$ ) de la ruta. ....	119
<b>Tabla 43.</b> Cálculo del tiempo de ciclo ajustado ( $tc$ ) de la ruta. ....	120
<b>Tabla 44.</b> Cálculo del tiempo de terminal ajustado ( $tt$ ) de la ruta. ....	120
<b>Tabla 45.</b> Cálculo de la capacidad de línea ofrecida ( $C$ ) de la ruta. ....	121
<b>Tabla 46.</b> Resumen de resultados del dimensionamiento de la ruta. ....	121

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Actores de la movilidad urbana y regional e incidencia en las externalidades negativas del transporte.....	17
<b>Ilustración 2.</b> Duración promedio de los viajes en minutos por modo en Bogotá en 2019. ....	18
<b>Ilustración 3.</b> Personas en el separador central de la Estación de TransMilenio Calle 187, buscando un transbordo a otro modo de transporte.....	19
<b>Ilustración 4.</b> Compilación de resultados evaluaciones ex post de la implementación de los SITM. ....	21
<b>Ilustración 5.</b> Cuadro metodológico. ....	30
<b>Ilustración 6.</b> Zona de Análisis de Transporte (ZAT) No.04 – E.C.D.I.J.G.....	32
<b>Ilustración 7.</b> Destino económico predominante en Bogotá en 2022.....	33
<b>Ilustración 8.</b> Motivo de viaje en Viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019. ....	34
<b>Ilustración 9.</b> Distribución modal en Viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.....	35
<b>Ilustración 10.</b> Hora de llegada de los viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019. ....	37
<b>Ilustración 11.</b> Secciones Típicas de las Unidades Funcionales de intervenciones sobre la Autopista Norte.....	38
<b>Ilustración 12.</b> Ciclorruta Calzada Occidental Autopista Norte frente a E.C.D.I.J.G.....	39
<b>Ilustración 13.</b> Carril preferencial escolar demarcado en carril occidental, calzada oriental Autopista Norte.....	40
<b>Ilustración 14.</b> Participación de la comunidad universitaria en el diligenciamiento de la encuesta según el motivo de viaje.....	49
<b>Ilustración 15.</b> Participación de personas encuestadas según localidad y duración media de viaje. ....	52
<b>Ilustración 16.</b> Clasificación de los viajes según la cantidad de modos de transporte utilizados. ..	53
<b>Ilustración 17.</b> Distribución modal del trayecto principal. ....	54
<b>Ilustración 18.</b> Distribución modal del trayecto principal según género. ....	55
<b>Ilustración 19.</b> Distribución modal según rango de edad para viajes unimodales. ....	56
<b>Ilustración 20.</b> Razones de preferencia por un solo modo.....	57
<b>Ilustración 21.</b> Distribución de viajes según modo de transporte en la primera y última milla.....	59
<b>Ilustración 22.</b> Distribución horaria de los viajes hacia la Escuela.....	60
<b>Ilustración 23.</b> Franja horaria de mayor dificultad para acceder al servicio de transporte público. 61	
<b>Ilustración 24.</b> Calificación del servicio de transporte público para llegar a la E.C.D.I.J.G.....	62
<b>Ilustración 25.</b> Participación de siniestros viales según rango etario.....	63
<b>Ilustración 26.</b> Participación de siniestros viales según modo principal de transporte. ....	64
<b>Ilustración 27.</b> Modos de transporte utilizados de manera complementaria en un viaje atípico.....	65

<b>Ilustración 28.</b> Opinión del encuestado respecto a la necesidad de la ruta de transporte.....	66
<b>Ilustración 29.</b> Disposición del encuestado respecto al posible uso de la ruta de transporte según género. ....	67
<b>Ilustración 30.</b> Aspectos importantes por la comunidad universitaria para utilizar el servicio de transporte alternativo.....	68
<b>Ilustración 31.</b> Opciones de financiación del servicio de transporte alternativo.....	70
<b>Ilustración 32.</b> Demanda de usuarios para el dimensionamiento de la ruta. ....	72
<b>Ilustración 33.</b> Área de influencia para el análisis de externalidades del transporte. ....	76
<b>Ilustración 34.</b> Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 215 y CL 185. (Sentido Norte – Sur).....	78
<b>Ilustración 35.</b> Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 185 y CL 215. (Sentido Sur – Norte).....	80
<b>Ilustración 36.</b> Trazado rutas alimentadoras 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 y B924. ....	82
<b>Ilustración 37.</b> Porcentaje Ocupación ruta SITP E44 sentido sur – norte, paradero Auto Norte X CL 187.....	84
<b>Ilustración 38.</b> Comparación de velocidad entre mixtos y buses SITP sentido N - S. ....	86
<b>Ilustración 39.</b> Comparación de velocidad entre mixtos y buses SITP sentido S - N. ....	87
<b>Ilustración 40.</b> Histograma volúmenes vehiculares horarios sentido N – S. ....	92
<b>Ilustración 41.</b> Composición vehicular sentido N – S. ....	92
<b>Ilustración 42.</b> Histograma volúmenes vehiculares horarios sentido S – N. ....	96
<b>Ilustración 43.</b> Composición Vehicular sentido S – N. ....	96
<b>Ilustración 44.</b> Comportamiento interanual de siniestralidad para los últimos cinco (5) años. ....	97
<b>Ilustración 45.</b> Siniestros viales ocurridos en el área de influencia del proyecto.....	98
<b>Ilustración 46.</b> Número de siniestros viales discriminados por día de la semana.....	99
<b>Ilustración 47.</b> Número de siniestros viales discriminados por hora de ocurrencia. ....	100
<b>Ilustración 48.</b> Distribución de lesionados según la condición de la víctima.....	101
<b>Ilustración 49.</b> Participación de lesionados según rango etario y condición de la víctima. ....	102
<b>Ilustración 50.</b> Participación de lesionados según género y clase de siniestro. ....	103
<b>Ilustración 51.</b> Genero de las personas lesionadas a causa de los siniestros viales reportados. ....	104
<b>Ilustración 52.</b> Distribución de lesionados según la condición de la víctima.....	105
<b>Ilustración 53.</b> Participación de fallecidos según rango etario y condición de la víctima.....	106
<b>Ilustración 54.</b> Participación de fallecidos según género y clase de siniestro. ....	107
<b>Ilustración 55.</b> Género de las personas fallecidas a causa de los siniestros viales reportados. ..	108
<b>Ilustración 56.</b> Mapa de calor de los siniestros viales ocurridos para el área de influencia del proyecto.....	109
<b>Ilustración 57.</b> Ruta propuesta para el servicio de transporte en la última milla.....	112

<b>Ilustración 58.</b> Tipología de microbus NKR de 19 pasajeros sentados. ....	117
<b>Ilustración 59.</b> Ubicación de puntos para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros. .	123
<b>Ilustración 60.</b> Acceso vehicular directo por la Autopista Norte a la E.C.D.I.J.G.....	124
<b>Ilustración 61.</b> Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 187 sentido norte – sur.....	125
<b>Ilustración 62.</b> Análisis espacial para validar distancias de caminata en puntos de parada de la ruta. .....	126
<b>Ilustración 63.</b> Bahía habilitada para el estacionamiento temporal de vehículos. ....	127
<b>Ilustración 64.</b> Bahía de ascenso frente al centro comercial Plaza Norte.....	127
<b>Ilustración 65.</b> Foto 1 - Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 207. ....	128
<b>Ilustración 66.</b> Foto 2 - Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 207. ....	128

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Encuesta de Movilidad ECDIJG.

**Anexo 2.** Resultados diligenciamiento encuesta.

**Anexo 3.** Solicitud de información SDM.

**Anexo 4.** Respuesta SDM oficio DIM 202321011607911.

**Anexo 5.** Velocidades WAZE Autopista Norte.

**Anexo 6.** Solicitud de información TransMilenio S.A.

**Anexo 7.** Respuesta TransMilenio oficio 2023-EE-25947.

**Anexo 8.** Rutas, frecuencias y velocidades componente zonal.

**Anexo 9.** Estudio de frecuencia y ocupación visual TM.

**Anexo 10.** Solicitud de información Concesión acceso Norte.

**Anexo 11.** Respuesta Accesos Norte Fase 2.

**Anexo 12.** Aforos Accesos Norte Fase 2 día típico 2022.



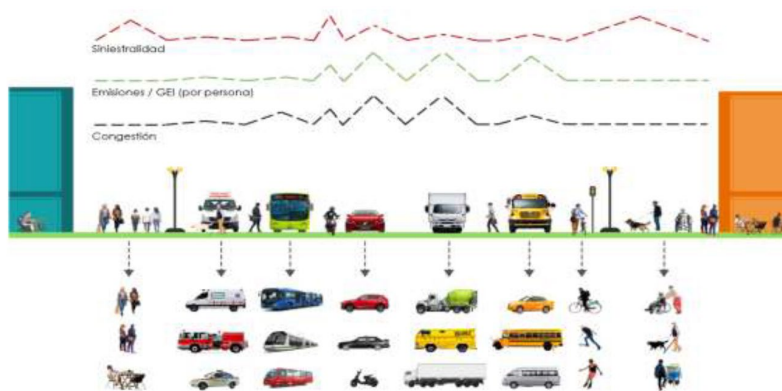
## 1 Introducción

En Colombia el transporte público es considerado como el eje estructurante de la movilidad al desempeñar un papel importante en el desarrollo económico del país y la calidad de vida de sus habitantes. Ante esta visión, el Gobierno Nacional desarrolla políticas públicas para la implementación de sistemas de transporte público asequibles e incluyentes que se ajusten a las necesidades de los ciudadanos (Departamento Nacional de Planeación et al., 2020a).

En el marco de esta investigación, se resalta la importancia de las metas establecidas por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) para la consolidación de sistemas de transporte asequibles y sostenibles que propendan por minimizar el impacto ambiental en las ciudades.<sup>2</sup>

Esta directriz, enmarcada en la Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional - CONPES 3991, sugiere que la movilización de pasajeros mediante servicios de transporte colectivo disminuye el impacto del transporte en términos de siniestralidad, contaminación y congestión, al posibilitar el desplazamiento de un mayor número de personas con una menor cantidad de vehículos, tal y como lo refleja la siguiente ilustración:

**Ilustración 1.** Actores de la movilidad urbana y regional e incidencia en las externalidades negativas del transporte.



Fuente: DNP, 2018.

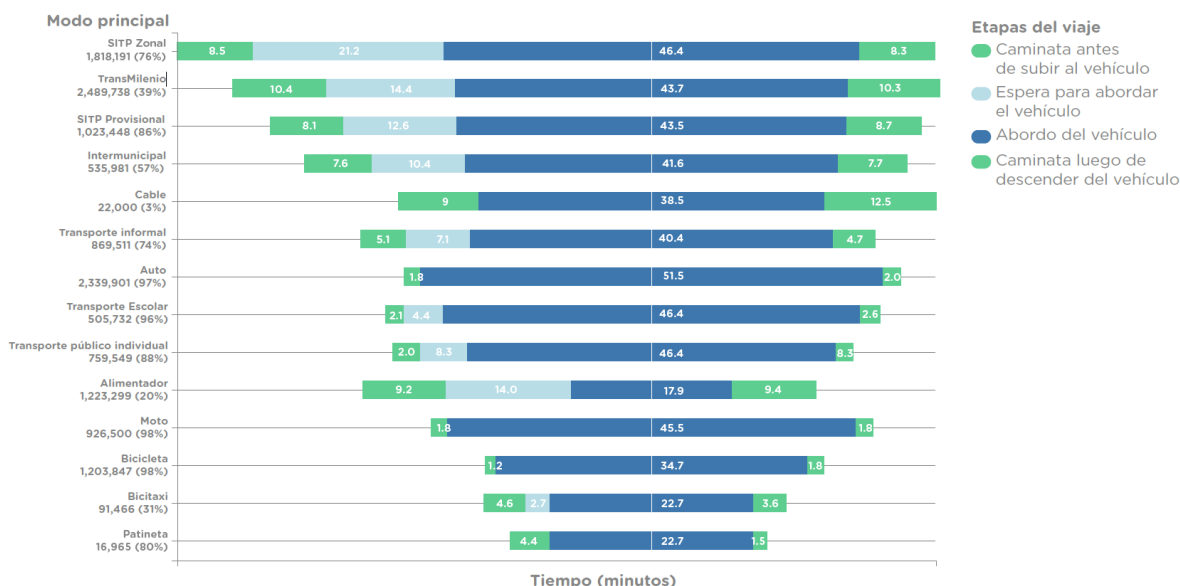
<sup>2</sup> Asociadas al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) No.11 “Ciudades y comunidades sostenibles” (DNP, s.f.).

Sin embargo, a pesar de los beneficios que brinda el transporte colectivo sobre el particular, el parque automotor utilizado para fines particulares en Bogotá va en aumento (Bogotá cómo vamos, s.f.).

De acuerdo con el diagnóstico presentado en el CONPES 3991, esta tendencia se debe principalmente a la baja calidad de los sistemas de transporte público y a la mala prestación del servicio, lo que aumenta la preferencia de los usuarios por modos de transporte no sostenibles como el automóvil y la motocicleta para el desarrollo de sus viajes; sin considerar el aumento del transporte informal en Colombia (Ministerio de Transporte, 2020).

En Bogotá, los problemas relacionados con la congestión de las vías, la demora en la frecuencia de los buses y la gran cantidad de usuarios que requieren el servicio de transporte público, reflejan que el tiempo promedio de viaje<sup>3</sup> en 2015 era de 84 minutos en SITP y 88 minutos en TransMilenio (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015), mientras que para el 2019, el tiempo promedio de viaje en SITP se mantuvo en 84,4 minutos, y para Transmilenio se redujo en 10 minutos, pasando a 78,8 minutos en promedio (Unión Temporal Steer & Centro Nacional de Consultoría (CNC), 2019).

**Ilustración 2. Duración promedio de los viajes en minutos por modo en Bogotá en 2019.**



Fuente: Encuesta de Movilidad de Bogotá 2019.

<sup>3</sup> “El tiempo total de viaje incluye la caminata hasta el paradero o estación, el tiempo de espera y el desplazamiento al interior del vehículo” (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015, p. 13).

Esta problemática, que resulta más evidente para la primera y última parte de los viajes, obliga a algunos usuarios del sistema TransMilenio a complementar sus viajes haciendo transbordo a otros modos de transporte en aquellos tramos periféricos que no cuentan con una conexión directa a la red troncal del sistema TransMilenio.

**Ilustración 3.** *Personas en el separador central de la Estación de TransMilenio Calle 187, buscando un transbordo a otro modo de transporte.*



Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados del anexo H de la Encuesta de Movilidad de Bogotá del 2019, de los viajes desarrollados en TransMilenio, solo el 39 % lo hacen utilizando únicamente este modo, mientras que el 61 % restante realiza al menos un trasbordo a otros modos (Unión Temporal Steer & Centro Nacional de Consultoría (CNC), 2019, p. 73).

Esta situación, atribuible a la baja frecuencia de los buses alimentadores y la alta demanda del servicio ofrecido por TransMilenio S.A., aumenta la preferencia de algunos usuarios por utilizar modos de transporte no sostenibles que brinden una mayor eficiencia en sus viajes, lo que deriva en un mayor impacto en las externalidades negativas del transporte y repercute directamente en la calidad de vida de los bogotanos.

De esta manera, con el fin de aportar una solución a la problemática de movilidad que enfrenta la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, este trabajo de grado propone el dimensionamiento de una ruta de transporte alternativo que atienda a las necesidades de transporte público en la última milla, el cual es un tramo que no cuenta con una solución de alta capacidad, y que, a pesar de representar una pequeña parte del viaje, puede tener una influencia significativa en el costo total (Orro et al., 2013).

Así mismo, considerando las dimensiones que tiene el campus universitario de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (área aproximada de 27.8 hectáreas (Millan Casas, 2022)), se considera importante buscar soluciones que atiendan a las necesidades de transporte de la comunidad universitaria.

Al respecto, Cordero (2014) recopiló las experiencias de éxito para garantizar una movilidad sostenible en campus universitarios de Europa, encontrando que la mayoría de las universidades estudiadas implementaron acciones de mejora al transporte público con medidas como la generación de enlaces con la línea de tren de la región, así como la implementación de nuevas rutas de transporte que den acceso al campus universitario, entre otras.

Con el mismo enfoque de investigación, García et al. (2016) afirman que:

Para poder incentivar estos usos más sostenibles, primero hay que concienciar a las personas de la contaminación que están produciendo e igualmente facilitar, incentivar y potenciar los modos más sostenibles (p. 1)

Por esta razón, teniendo en cuenta las ventajas que supone el uso del transporte colectivo sobre el transporte particular, este proyecto plantea una solución en la última parte del viaje que se articule con la operación del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) TransMilenio.

Lo anterior, considerando los beneficios que brinda el (SITM) TransMilenio, el cual ha logrado reducir los tiempos de viaje de los bogotanos desde su implementación, aumentando la velocidad de operación de los buses con el uso de calzadas exclusivas

(Departamento Nacional de Planeación et al., 2020b), conforme se evidencia en la siguiente ilustración:

**Ilustración 4.** *Compilación de resultados evaluaciones ex post de la implementación de los SITM.*

SITM	Ahorro de tiempo	Reducción de siniestros	Ahorro GEI	Relación beneficio - costo
	(minutos)	(porcentaje)	(CO <sub>2</sub> [t/año])	
TransMilenio (Bogotá) <sup>(a)</sup>	22,54	15	ND	2,5
Megabus (Pereira)	22,00	44	30.000	1,69
Mio (Cali)	6,00	ND <sup>(b)</sup>	113.428	1,23
Metrolínea (Bucaramanga)	10,06	60	34.560	1,16
Transmetro (Barranquilla)	26,00	30	ND	1,74

Fuente: DNP a partir de las evaluaciones ex post realizadas para TransMilenio (2009), Megabús y Mío (2011) y Metrolínea y Transmetro (2012).

Finalmente, el contenido desarrollado en esta propuesta de investigación se presenta contenido en los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se estima la demanda de usuarios que requieren el servicio de transporte mediante la aplicación de una encuesta a la comunidad universitaria.

En el capítulo II, se caracterizan algunas de las externalidades que ejerce el transporte sobre la malla vial que da acceso a las instalaciones de la Universidad con información solicitada a entidades distritales del sector movilidad.

En el capítulo III, se diseña la ruta de transporte a partir de la metodología de cálculo manual propuesta por Molinero y Sánchez (2005) para el dimensionamiento de variables como el intervalo de salida de las rutas, la frecuencia del servicio, el tiempo de recorrido y la capacidad vehicular de la flota, entre otros.

Los resultados obtenidos en este proyecto podrán ser complementados posteriormente con un software especializado para la optimización del servicio, así como la aplicación de modelos económicos para la estimación de la tarifa, lo que da el paso a futuras investigaciones que complementen la viabilidad técnica y financiera del proyecto.

## **1.1 Pregunta de investigación**

¿Es eficiente el servicio de transporte público en la última parte del viaje que debe desarrollar la comunidad universitaria para llegar a las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito?

## **1.2 Hipótesis**

La baja eficiencia del servicio de transporte público en la última milla de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, implica viajes adicionales en modos de transporte no sostenibles como alternativa de solución para llegar a tiempo al campus universitario, lo que podría verse significativamente reducido con la existencia de una ruta de transporte colectivo en la última parte del viaje.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar una ruta de transporte colectivo alternativo que sirva a la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito que viaja desde Bogotá.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar la demanda de transporte de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Identificar las externalidades del transporte en la última milla de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Dimensionar una ruta de transporte colectivo que se articule con la operación de TransMilenio y se ajuste a las necesidades de transporte de la comunidad universitaria.

## 2 Marco Teórico

Para el dimensionamiento de la ruta de transporte colectivo se utiliza en este trabajo investigativo el procedimiento de cálculo manual propuesto por Molinero y Sánchez (2005), el cual se fundamenta en elementos básicos para conocer cómo se debe programar y dimensionar un servicio de transporte público.

De manera general, la formulación matemática posibilita el cálculo de variables como la capacidad de la línea, el tamaño de la flota y el intervalo de salida de los buses durante la operación del servicio de transporte. Las variables de diseño están dadas en función de las necesidades de la población y un equilibrio entre oferta y demanda.

Este criterio de diseño permite un uso adecuado de los recursos para el dimensionamiento del servicio que atenderá la última milla de la comunidad universitaria que viaja desde Bogotá hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

La descripción de las variables que se consideran en el dimensionamiento del servicio se presenta a continuación:

### 2.1 Intervalo

Esta variable corresponde al tiempo en minutos que existe entre la salida sucesiva de dos vehículos que operen una ruta de transporte colectivo. En la mayoría de los casos corresponde a la variable más representativa para la calificación del servicio, al representar el tiempo promedio de espera en la zona de parada.

Por esta razón, el intervalo debe ser lo suficientemente corto para garantizar un tiempo prudente de espera por el usuario en el paradero, y lo suficientemente amplio para lograr la operación del servicio a un costo razonable.

En resumen, los requerimientos que se deben tener en cuenta para el diseño de los intervalos son:

- ✓ Que la capacidad sea suficiente para atender la demanda de usuarios.
- ✓ Garantizar una frecuencia mínima que mantenga la operación del servicio.



La expresión que determina los intervalos está dada como:

$$i = \frac{60 \text{ min} \cdot \alpha \cdot C_v}{P} \quad (1)$$

Siendo:

$i$  = Intervalo.

$\alpha$  = Factor de ocupación.

$C_v$  = Capacidad del vehículo.

$P$  = Carga de pasajeros en la sección de máxima demanda (número de usuarios/hora).

Por recomendación del autor, para una fácil memorización de los intervalos es recomendable que, para intervalos mayores a 6 minutos, el valor obtenido para “ $i$ ” debe ser aproximado hacia abajo a alguno de los siguientes valores: **6 min, 7,5 min, 10 min, 12 min, 15 min, 20 min y 30 min**, o para valores mayores a 30 minutos: **40 min, 45 min y 60 min**.

Durante las horas con la menor demanda de pasajeros, se deberá contar un valor de intervalo mínimo ( $i_s$ ) para garantizar la operación del servicio. Por recomendación del autor, este valor no debe superar los 30 minutos.

## 2.1 Frecuencia del servicio

La frecuencia del servicio corresponde al número de vehículos que salen a circulación en una hora específica. Se calcula matemáticamente como el inverso del intervalo, de la siguiente manera:

$$f = \frac{60 \text{ min}}{i_{min}} \quad (2)$$

Siendo:

$f$  = Frecuencia en términos de (vehículos/hora).

$i$  = Intervalo en minutos.

Por su parte, la frecuencia máxima se obtiene análogamente con el valor del intervalo mínimo.

## **2.2 Capacidad vehicular**

Este valor hace referencia al número de cupos disponibles en un vehículo para los pasajeros en una ruta de transporte. En la capacidad vehicular se tiene en cuenta el número de asientos disponibles, así como la cantidad de personas que pueden ir de pie si los trayectos son cortos y está legalmente permitido.

Entre las ventajas de utilizar vehículos más pequeños para el dimensionamiento de la ruta, se resaltan las siguientes:

- ✓ Menor costo individual de operación de vehículo por kilómetro recorrido.
- ✓ Intervalos más cortos.
- ✓ Mayor frecuencia de buses.
- ✓ Mayor atracción de pasajeros.
- ✓ Maniobrabilidad del vehículo en tramos congestionados.

Así mismo, la principal desventaja respecto al uso de vehículos grandes es que requiere un mayor número de vehículos para cubrir la misma cantidad de pasajeros, lo que deriva en mayores costos de adquisición, operación y mantenimiento de la flota.

## **2.3 Volumen de pasajeros**

Este valor corresponde al número total de usuarios que demandan el servicio en una hora específica. Se debe reconocer la cantidad de pasajeros según la hora del día, para la determinación de horas pico y horas valle.

## **2.4 Factor de ocupación**

Este valor hace referencia a la relación que hay entre el número de pasajeros de un vehículo y su capacidad. Un valor superior a "1" indica que el vehículo está saturado y que existe una posible demanda de usuarios que no pudieron ser atendidos por la ruta, lo que se conoce como demanda remanente.

El valor de este factor es importante para determinar la comodidad de los usuarios, pues representa el número de personas que deberán ir de pie o en un vehículo sobrecargado. Así mismo, para valores altos de ocupación, serán mayores los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros, lo que reduce la velocidad de operación del servicio y puede repercutir en los costos de operación.

Por recomendaciones del autor, se requiere un factor de ocupación alto cuando la longitud promedio del viaje es pequeña y hay un volumen constante de pasajeros.

Como parámetro de referencia, se debe conocer la relación entre el número de asientos del vehículo y la capacidad total del vehículo (personas sentadas y de pie), lo cual está dado como  $C_s/C_v$ . De esta manera, el valor del factor de ocupación debe ser un poco menor a la relación  $C_s/C_v$ , lo que garantiza asientos a la mayoría de los usuarios.

## **2.5 Sección de máxima demanda**

La Sección de Máxima Demanda (SMD) corresponde a la parte del día donde se requiere atender la máxima demanda de pasajeros a bordo del servicio. Este valor indica el periodo del día en el cual se deberá atender el volumen de diseño de la ruta.

## **2.6 Volumen de diseño**

Máxima demanda de pasajeros que requieren el servicio de transporte. Este valor corresponde al parámetro de entrada para el dimensionamiento del servicio.

## **2.7 Capacidad de línea ofrecida**

Número de pasajeros que puede ser atendido por la ruta de transporte durante una hora. Este valor debe ser mayor o igual al volumen de diseño y se determina multiplicando la frecuencia del servicio por la capacidad del vehículo:

$$C = f \times C_v \quad (3)$$

Siendo:

$C$  = Capacidad de la línea (pasajeros/hora).

$f$  = Frecuencia en términos de (vehículos/hora).

$C_v$  = Capacidad del vehículo (pasajeros/vehículo).

Análogamente, la capacidad de línea máxima se obtiene a partir de la frecuencia máxima derivada del intervalo mínimo posible.

## 2.8 Tiempo de recorrido

Tiempo total en minutos que tarda una ruta desde el punto de partida hasta su llegada a la terminal.

## 2.9 Tiempo de ciclo

Para efectos de este proyecto, el tiempo de ciclo es equivalente al tiempo de recorrido o vuelta (en ambos sentidos), más el tiempo que puede tardar la ruta en la terminal.

## 2.10 Velocidad de operación

La velocidad de operación corresponde a la velocidad promedio a la que puede circular una ruta de transporte durante todo su trayecto. En este valor se incluye el tiempo de parada para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros, lo que la diferencia de la velocidad de circulación. Esta velocidad se calcula como el cociente entre la longitud total del trayecto en kilómetros y el tiempo de recorrido en minutos:

$$V_o = \frac{L_{(km)}}{t_{r(\min)}} \cdot \left( \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \right) \quad (4)$$

Siendo:

$V_o$  = Velocidad de operación (km/h).

$L$  = Longitud total de la ruta (km).

$t_r$  = Tiempo de recorrido (min).

## 2.11 Tiempo de terminal

Tiempo en el cual la ruta no está circulando, lo que incluye el tiempo que el vehículo debe esperar en la terminal durante el cierre del circuito, bien sea para dar la vuelta y ponerse en posición de partido o para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros.

En ocasiones, este tiempo es fundamental para ajustar el horario de salida de los buses si se presenta congestión durante el trayecto y aumenta el tiempo de recorrido de la ruta.

El coeficiente entre el tiempo de terminal y el tiempo de recorrido se conoce como “ $\gamma$ ” y normalmente tiene valores entre 0,12 y 0,18, con valores mayores cuando hay más congestión de la habitual.

## 2.12 Tamaño del parque vehicular

Para efectos de este proyecto, es la cantidad de vehículos que se requieren para garantizar la operación del servicio en la hora de máxima demanda. En este valor se incluye el número total de vehículos, bien sea operativos, de reserva o en mantenimiento y reparación. La fórmula que determina el tamaño del parque automotor, se define como:

$$N = \frac{t_c}{i} \quad (5)$$

Siendo:

$N$  = Número entero de vehículos en HMD y hora valle.

$t_c$  = Tiempo del ciclo (min).

$i$  = Intervalo en minutos.

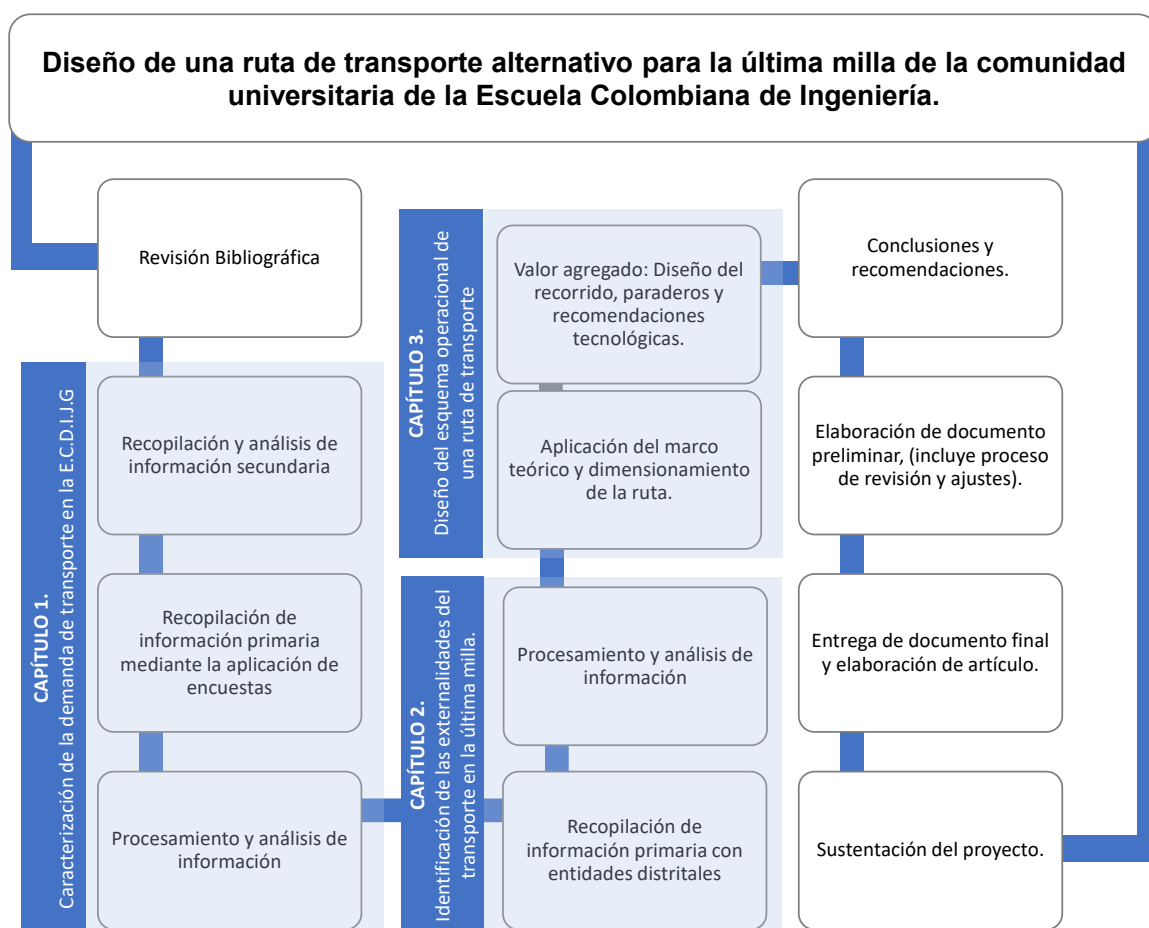
### 3 Metodología

La metodología presentada consiste en la secuencia de actividades que se desarrollarán para dar cumplimiento a los objetivos específicos establecidos en la investigación.

#### 3.1 Cuadro metodológico

El cuadro metodológico que resume las actividades desarrolladas se presenta en la siguiente ilustración:

*Ilustración 5. Cuadro metodológico.*



Fuente: Elaboración propia.

## **4 CAPÍTULO 1 - Caracterización de la demanda de transporte de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

Con el fin de estimar un número aproximado de viajes desarrollados hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería, se utiliza la información secundaria recolectada en la Encuesta de Movilidad de Bogotá del 2019, la cual contiene un análisis de los viajes multipropósitos realizados en un día típico de la capital. Estos viajes están clasificados por Zonas de Análisis de Transporte (ZAT), posibilitando el desarrollo de análisis sectoriales.

Una vez analizada la información secundaria disponible, se procede a diseñar un instrumento de encuesta que permite identificar, reconocer y caracterizar las dinámicas de movilidad de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Lo anterior, posibilita la estimación de una demanda potencial de usuarios en el dimensionamiento de una ruta de transporte colectivo para la última milla.

Para el diseño de la encuesta se utilizan los parámetros estadísticos más utilizados en encuestas de movilidad en poblaciones finitas. Así mismo, se diseña un tamaño muestral utilizando la formulación presentada por Martínez Bencardino (2018).

Los resultados de los análisis desarrollados en este capítulo se presentan a continuación.

### **4.1 Recopilación y análisis de información secundaria**

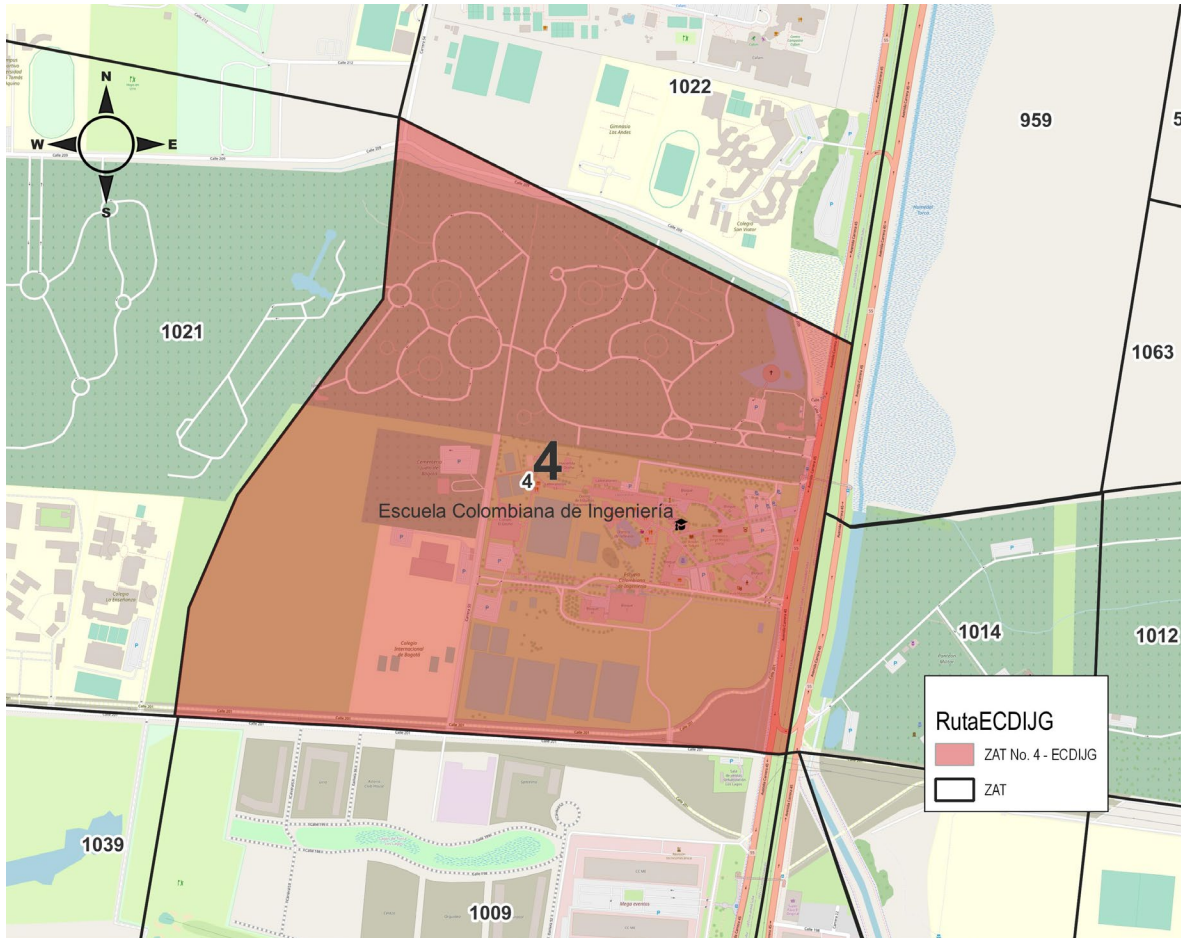
La información secundaria recopilada para el diseño y operación de la ruta de transporte alternativo se presenta resumida en los siguientes numerales:

#### **4.1.1 Encuesta de Movilidad Bogotá 2019.**

A partir de los resultados obtenidos en la Encuesta de Movilidad de Bogotá del 2019, se recopila la información de los viajes atraídos con motivo de estudio en la Zona de Análisis de Transporte (ZAT) No. 04, donde se encuentra ubicada la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

**Ilustración 6. Zona de Análisis de Transporte (ZAT) No.04 – E.C.D.I.J.G.**



Fuente: Elaboración propia.

De la información obtenida, se contabilizan los viajes atraídos con motivo de trabajo, estudio y otros, obteniendo la siguiente tabla resumen:

**Tabla 1. Viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.**

Motivo de viaje	Número de viajes
Estudiar	3412
Trabajar	701
Buscar/Dejar algo	362
Asuntos de trabajo	278
Ver a alguien	60
<b>Total</b>	<b>4813</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos EMBOG2019.



## CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Con el fin de analizar la información, es importante reconocer los usos de suelo identificados para la ZAT No. 04. Para ello, se hace uso de la información geográfica disponible en la página de datos abiertos de Bogotá, la cual se presenta a continuación:

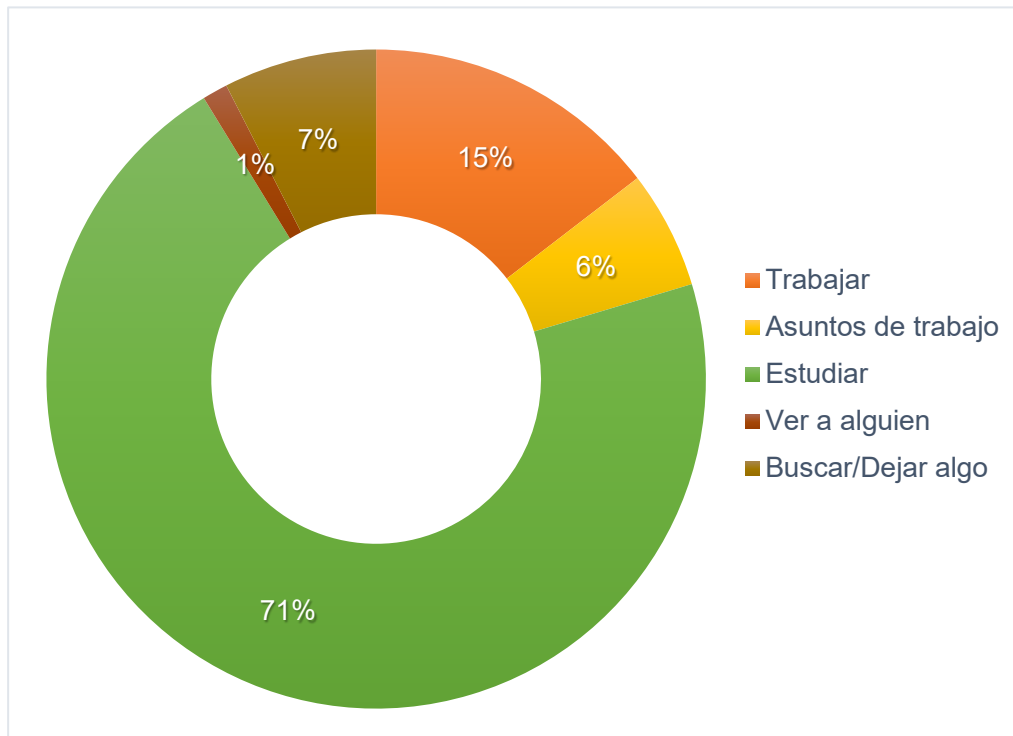
*Ilustración 7. Destino económico predominante en Bogotá en 2022.*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos geográficos (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), 2022)

Lo anterior, permite validar que el uso predominante para la ZAT No.04 es para un dotacional privado, el cual corresponde al campus universitario de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Esto demuestra que la ZAT en análisis es un centro atractor de viajes con motivo de estudio. Por lo anterior, los motivos de los viajes atraídos en la ZAT No.04 se presentan en la siguiente ilustración:

**Ilustración 8. Motivo de viaje en Viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos EMBOG2019.

En cuanto al modo de transporte más utilizado para los viajes atraídos en la ZAT No.04 según la EMBOG2019, se encontró que:

**Tabla 2. Modo de viaje principal en viajes atraídos ZAT No.04 en 2019.**

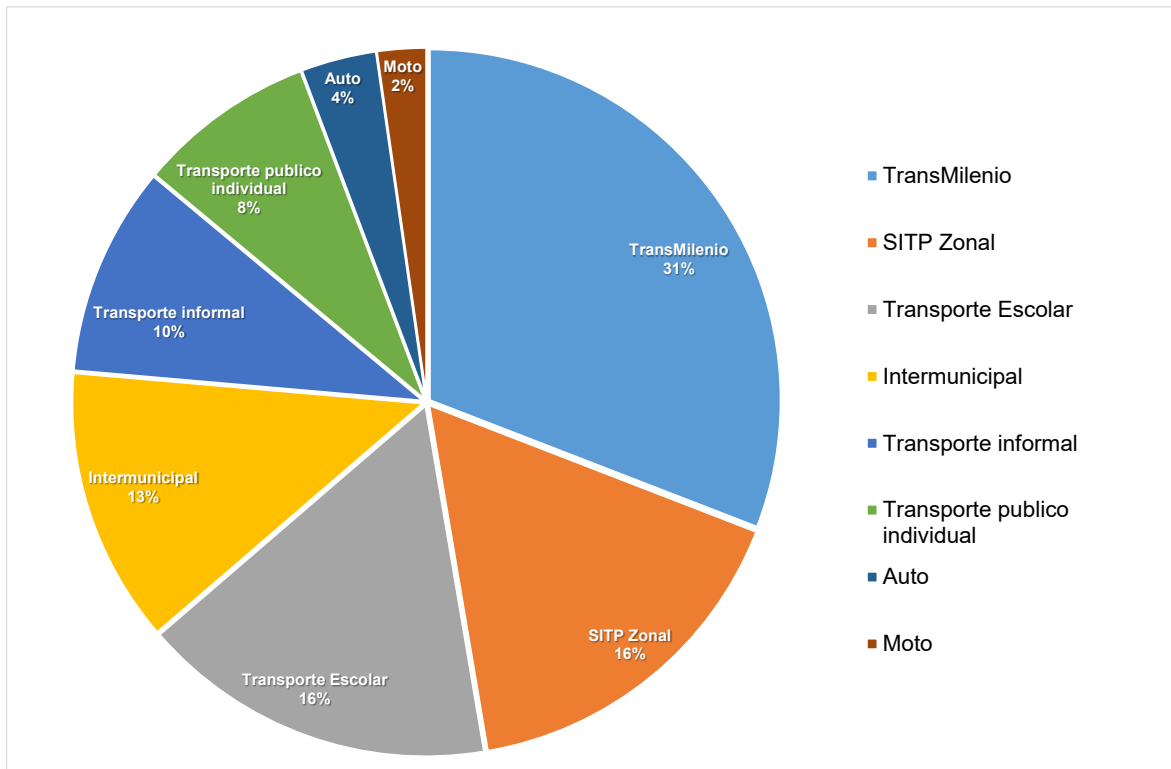
Modo de viaje	Número de viajes	% participación
TransMilenio	1486	31%
SITP Zonal	792	16%
Transporte Escolar	787	16%
Intermunicipal	611	13%
Transporte informal	465	10%
Transporte público individual	395	8%
Auto	168	3%
Moto	109	2%
<b>Total</b>	<b>4813</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos EMBOG2019.

Configurando la siguiente distribución modal:

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

**Ilustración 9.** Distribución modal en Viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos EMBOG2019.

Esta ilustración demuestra la importancia del (SITM) TransMilenio para los viajes desarrollados hacia la ZAT No.04 donde se encuentra ubicada la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

La información obtenida estima un total de 1486 viajes desarrollados diariamente en TransMilenio, los cuales corresponden al 31 % del total de viajes atraídos.

En segundo y tercer lugar se identifican los viajes desarrollados en SITP Zonal y transporte escolar, los cuales estimaron un 16 % de participación para cada uno de los modos.

Adicionalmente, se estima un número similar de viajes desarrollados entre el transporte intermunicipal, transporte informal y transporte público individual tipo taxi, con una participación del 13 %, 10 % y 8 % respectivamente.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Finalmente, los viajes desarrollados en modos particulares de transporte como el automóvil y la motocicleta solo tiene el 5 % de la participación en 2019, con un total de 277 viajes atraídos.

Por otra parte, con el fin de estimar la hora en la que más se registraron viajes hacia a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, a continuación, se presenta el número total de viajes atraídos discriminados según la hora de llegada a la ZAT No.04:

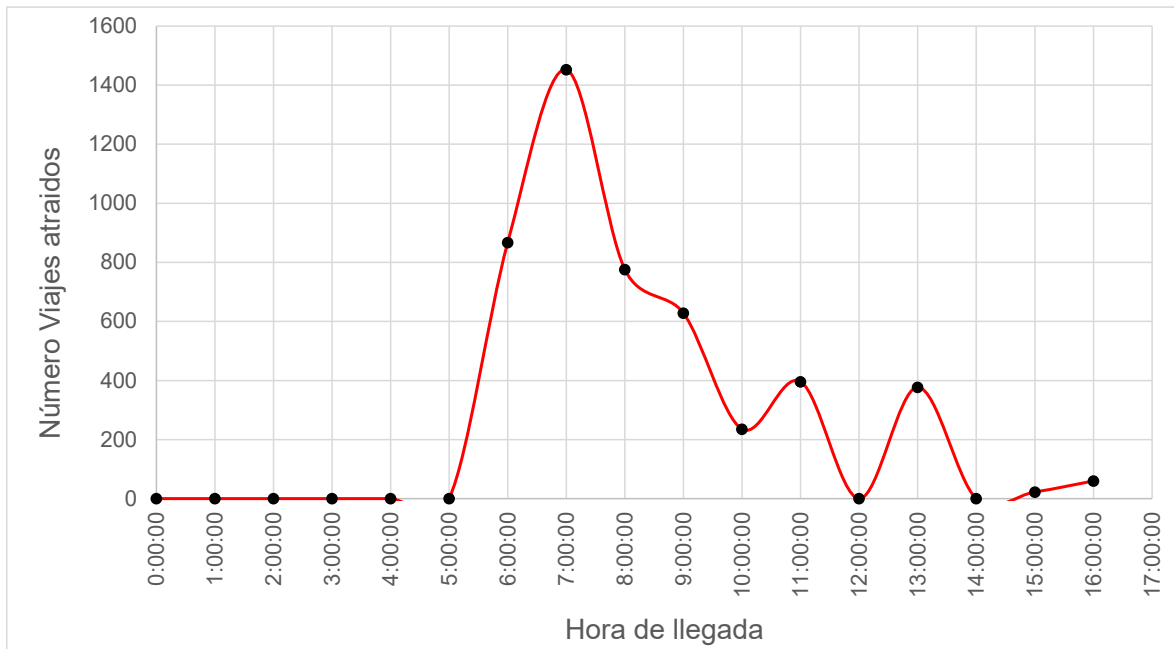
*Tabla 3. Hora de llegada de los viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.*

<b>Hora</b>	<b>Viajes</b>
0:00:00	0
1:00:00	0
2:00:00	0
3:00:00	0
4:00:00	0
5:00:00	0
6:00:00	867
7:00:00	1452
8:00:00	776
9:00:00	628
10:00:00	235
11:00:00	396
12:00:00	0
13:00:00	377
14:00:00	0
15:00:00	23
16:00:00	60
<b>Total</b>	<b>4813</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos EMBOG2019.

De la cual, se identifica que la hora con mayor atracción de viajes para la ZAT No.04 corresponde a las 07:00 a.m., con un total de 1452 viajes atraídos, lo que representa más de la cuarta parte de los viajes desarrollados en un día típico para este sector. Los resultados obtenidos se presentan gráficamente en la siguiente ilustración:

**Ilustración 10.** Hora de llegada de los viajes atraídos en ZAT No.04 en 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos EMBOG2019.

Estos datos son un insumo importante que puede ser contrastado con la información primaria que se recopile una vez aplicada la encuesta en la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

#### **4.1.2 Identificación de proyectos Distritales cercanos.**

A continuación, se listan los proyectos Distritales que fueron identificados para el área donde operará la ruta de transporte objeto de este proyecto.

##### **4.1.2.1 Accesos Norte II.**

En el marco del contrato de concesión de quinta (5ta) generación bajo el esquema de APP (Asociación público-privada), el 01 de abril de 2022 la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) dio inicio al contrato APP – 001 de 2022, el cual tiene como objeto “*Financiación, elaboración de estudios y diseños definitivos, gestión ambiental, gestión predial, gestión social, construcción, rehabilitación, mejoramiento, operación y mantenimiento del corredor proyecto Accesos Norte Fase II*”.

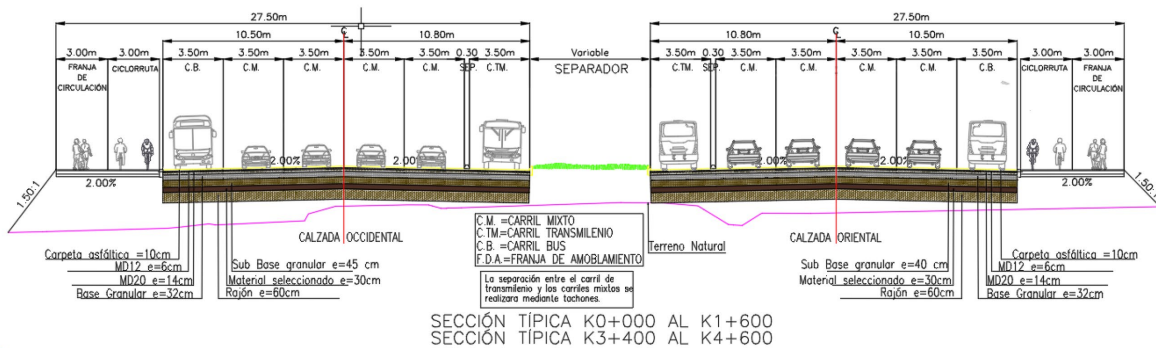
**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

De acuerdo con la información que reposa en la página web de la concesión “Accesos Norte Fase II” a cargo de la Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S. (2023), el proyecto permitirá un desarrollo acelerado y más competitivo a Bogotá, con la generación de una vía de primera calidad.

El alcance contemplado para el proyecto APP abarca la Autopista Norte desde la Calle 191 hasta la Calle 245, con intervenciones en la Carrera Séptima y el carreteable perimetral de Sopó, con un total de 17.96 kilómetros de carretera y un plazo inicial de veintinueve (29) años.

Para efectos de este trabajo de grado, el tramo vial donde se proyecta la circulación de la ruta de transporte será objeto de intervención por la concesionaria, con la construcción de la siguiente sección transversal:

**Ilustración 11. Secciones Típicas de las Unidades Funcionales de intervenciones sobre la Autopista Norte.**



Fuente: Apéndice Técnico 1 de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

A la fecha, este proyecto ya construyó la ciclo-infraestructura occidental que hará parte del proyecto, la cual estima un incremento de los viajes desarrollados en bicicleta hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

**Ilustración 12.** *Ciclorruta Calzada Occidental Autopista Norte frente a E.C.D.I.J.G.*



Fuente: Elaboración propia (14/11/2023).

Finalmente, la etapa de construcción tendrá una duración estimada de 66 meses en total, de los cuales se espera que la ruta diseñada en este proyecto no tenga afectación hasta que se materialice la construcción de la Unidad Funcional 05, la cual contempla la construcción de dos retornos a desnivel que se conectan desde los carriles externos de ambas calzadas de la Autopista norte.

### **4.1.3 Carriles preferenciales para rutas escolares en la Autopista Norte entre Calles 167 y 235.**

Teniendo en cuenta que la ruta de transporte alternativo será utilizada para transportar a la comunidad académica de la Universidad, a continuación, se presenta la información para tener en cuenta respecto al carril preferencial para rutas escolares en la Autopista Norte.

De acuerdo con la Alcaldía de Bogotá (2023), el carril escolar que opera actualmente en la Autopista Norte entre Calles 167 y 235 beneficia a 100.000 estudiantes de 2.400 rutas que transitan por la salida norte de la capital.

Este carril, que opera entre las 6:00 a.m. y las 8:30 a.m. de lunes a viernes, registra mejoras del 30 % en la velocidad promedio de circulación de las rutas escolares sobre el tramo vial demarcado, aumentando la velocidad en hasta 7,1 km/h respecto al tránsito mixto.

***Ilustración 13.** Carril preferencial escolar demarcado en carril occidental, calzada oriental Autopista Norte.*



Fuente: Elaboración propia. Foto tomada el 14/11/2023 en la Autopista Norte con Calle 207.

Esta intervención realizada por la Secretaría Distrital de Movilidad, se adoptó inicialmente mediante la resolución 302 de 2016, atendiendo a los múltiples requerimientos de la comunidad educativa que opera al norte de la capital y se ha visto permanentemente afectada por la congestión que presenta la Autopista Norte en horas pico.



## **4.2 Recopilación de información primaria**

La información relacionada con la aplicación de la encuesta se presenta a continuación:

### **4.2.1 Diseño muestral**

Con el fin de determinar un número representativo de encuestas, se calculó el diseño muestral para poblaciones finitas a partir de la formulación propuesta por Martínez Bencardino (2018), el cual presenta la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 NPQ}{(N - 1)E^2 + Z^2 PQ} \quad (6)$$

Siendo:

**n** = tamaño mínimo de la muestra.

**N** = tamaño de la población de estudio.

**Z** = parámetro estadístico establecido a partir del nivel de confianza.

**E** = Error muestral permitido.

**P** = probabilidad de éxito de que ocurra el evento estudiado.

**Q** = (1 – P), la probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

#### **Notas:**

- Considerando un nivel de confianza del 95 %, el parámetro estadístico Z corresponde a 1,96.
- Cuando no se conoce la probabilidad de éxito “P” de un suceso, se escoge el valor máximo posible que corresponde al 50 %.

De esta manera, se acoge dicha formulación y se emplean los parámetros estadísticos utilizados por la Secretaría Distrital de Movilidad para la toma de información en hogares durante la aplicación de la Encuesta de Movilidad del 2023.

Esta encuesta considera un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 7 % (Secretaría Distrital de Movilidad, 2023), los cuales son valores de referencia utilizados en el diseño muestral de este proyecto.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Con los parámetros estadísticos seleccionados, fue necesario conocer el tamaño de la población en estudio “N”, la cual para efectos de este trabajo de grado corresponde a la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en el segundo semestre del 2023.

Esta información fue suministrada por correo electrónico por la Dirección de Posgrados y el programa de Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad, obteniendo los siguientes datos:

- ✓ Número de estudiantes vinculados a la Universidad con fecha del 10 de septiembre de 2023:

**Tabla 4.** Número de estudiantes vinculados a la Universidad (septiembre 2023)

<b>Grado</b>	<b>Femenino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Total general</b>
Inmersión Conv. Colegio	3	3	6
Administración de Empresas	1	-	1
Ingeniería de Sistemas	1	1	2
Ingeniería Electrónica	-	1	1
Ingeniería Industrial	-	1	1
Matemáticas	1		1
<b>Posgrado</b>	<b>248</b>	<b>553</b>	<b>801</b>
Ciencia de Datos	25	59	84
Ciencias Actuariales	13	18	31
Desarrollo y Gerencia InteProy	31	47	78
Desarrollo y Gerencia IntProy	18	24	42
Diseño, Construcción y ConVías	5	15	20
Doctorado en Ingeniería	2	5	7
Economía para Ingenieros	2	5	7
Especialización en Estructuras	18	56	74
Gerencia de Operaciones	5	1	6
Gestión de Información	12	19	31
Gestión Integrada de Seguridad	11	7	18
Informática	5	32	37
Ingeniería de Fundaciones	7	9	16
Ingeniería Eléctrica	4	27	31
Ingeniería Electrónica	2	14	16
Maestría en Ingeniería Civil	70	190	260
Maestría Ingeniería Industrial	10	13	23
Recursos Hidráulicos Medio Amb	6	11	17

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

<b>Grado</b>	<b>Femenino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Total general</b>
Saneamiento Ambiental	2	1	3
<b>Pregrado</b>	<b>1186</b>	<b>2595</b>	<b>3781</b>
Administración de Empresas	40	44	84
Economía	77	86	163
Ingeniería Ambiental	66	41	107
Ingeniería Biomédica	213	182	395
Ingeniería Civil	292	598	890
Ingeniería de Sistemas	85	534	619
Ingeniería Eléctrica	42	151	193
Ingeniería Electrónica	42	217	259
Ingeniería Estadística	12	27	39
Ingeniería Industrial	235	223	458
Ingeniería Mecánica	51	452	503
Matemáticas	31	40	71
<b>Preuniversitario</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>13</b>
Ciencias Económicas y Admon	2	1	3
Ingenierías y Matemáticas	5	5	10
<b>Total general</b>	<b>1444</b>	<b>3157</b>	<b>4601</b>

Fuente: Oficina de Registro E.C.D.I.J.G. septiembre de 2023.

- ✓ Número de empleados activos en la Universidad con fecha del 30 de septiembre de 2023.

**Tabla 5. Número de trabajadores activos en la Universidad (septiembre 2023)**

<b>Cargo</b>	<b>Total general</b>
Administrativo	70
Aprendiz	25
Catedrático	351
Directivo ***	27
Operativo	13
Profesional	84
Profesor planta	110
Técnico	43
<b>Total general</b>	<b>723</b>

Fuente: Recursos Humanos E.C.D.I.J.G. septiembre de 2023.

\*\*\* Dentro de los 27 directivos, 20 personas son también profesores de planta.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Así, con el apoyo de la Dirección de Posgrados y el programa de Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad se logró la recopilación de los correos electrónicos de los estudiantes activos de pregrado y posgrado para el segundo semestre de 2023, así como el número total de empleados con cuenta de correo electrónico activa, obteniendo una población total “N” de 5002 personas que hacen parte de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, distribuidas de la siguiente manera:

**Tabla 6.** Comunidad Universitaria E.C.D.I.J.G. segundo semestre del 2023.

<b>Comunidad Universitaria</b>	<b>Total general</b>	<b>Participación</b>
Estudiantes pregrado	3480	69.6%
Estudiantes posgrado	800	16.0%
Trabajadores	722	14.4%
<b>Total general</b>	<b>5002</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de lista de correos electrónicos E.C.D.I.J.G. segundo semestre del 2023.

Finalmente, con la siguiente lista de datos obtenidos:

**N** = 5002 personas.

**Z** = 1,96 para el 95 % de confianza.

**E** = 7 %.

**P** = 50 %.

**Q** = 50 %.

Se procede a reemplazar valores en la **Ecuación ( 6 )** y calcular el tamaño muestral “n” requerido para una muestra representativa en este tipo de encuestas en una población finita:

$$n = \frac{(1,96)^2(5002)(0,5)(0,5)}{(5002 - 1)(0,07)^2 + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

Obteniendo:

$$n \approx 189 \text{ encuestas requeridas}$$

## CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Por tanto, las 189 encuestas requeridas en esta investigación deben estar distribuidas en un número mínimo de participantes de acuerdo con la categoría discriminada en la **Tabla 3**. Comunidad Universitaria E.C.D.I.J.G. segundo semestre del 2023.

Al respecto, el número mínimo de encuestas requeridas por participante se presenta resumido en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Encuestas requeridas por estudiantes y trabajadores de la Universidad.

<b>Encuestados</b>	<b>Total general</b>	<b>Participación</b>
Estudiantes pregrado	132	69.6%
Estudiantes posgrado	30	16.0%
Trabajadores	27	14.4%
<b>Total general</b>	<b>189</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.2 Diseño de la encuesta

Con el fin de conocer y caracterizar las dinámicas de movilidad de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se diseña un instrumento de encuesta a partir de las recomendaciones planteadas por Stopher (2012) para el diseño de una encuesta aplicada a este tipo de estudios.

En resumen, se diseñan un total de 20 preguntas divididas en tres grandes grupos, los cuales son: de clasificación, de comportamiento y de opinión. Por lo anterior, la información requerida a la comunidad universitaria se ordena de la siguiente manera:

**Preguntas de clasificación:** Información general del encuestado:

1. Edad.
2. Género.
3. Lugar de residencia (barrio y localidad).

**Preguntas de comportamiento:** Información del último viaje desarrollado por el encuestado entre su lugar de residencia y la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

4. Hora de salida.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

5. Hora de llegada.
6. Motivo.

*Sección dedicada únicamente para viajeros que utilizaron un solo modo de Transporte (viajes unimodales) durante su último viaje.*

7. Modo de transporte utilizado.
8. Duración del viaje.
9. Razones por las cuales utilizó un solo modo de transporte.

*Sección dedicada únicamente para viajeros que utilizaron más de un modo de Transporte en las diferentes etapas de su último viaje (viajes multimodales: primera milla, trayecto principal y última milla).*

10. Modos de transporte utilizados durante las diferentes etapas de viaje.
11. Duración de las etapas de su viaje.

**Preguntas de opinión:** Percepción del encuestado sobre aspectos relevantes para el estudio:

12. Valoración cuantitativa del servicio de transporte público existente para llegar a la Universidad.
13. Franja horaria de mayor dificultad para acceder al transporte público y llegar a la Universidad.

**Preguntas de comportamiento:** Información relevante para el análisis de algunas externalidades asociadas al uso del transporte público.

14. Conocer si estuvo involucrado en un siniestro vial o conoce a alguien de la Universidad que lo haya estado.
15. Uso de transporte informal.

**Preguntas de opinión:** Identificar las preferencias declaradas de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito para la clasificación de los posibles usuarios y los usuarios potenciales de la ruta de transporte alternativo:

16. Opinión del encuestado respecto a la necesidad o utilidad del servicio.

17. Disposición del encuestado a utilizar el servicio para la última milla.
18. Aspectos relevantes por el encuestado para el uso del servicio.
19. Otros aspectos relevantes (pregunta abierta).
20. Valor económico que estaría dispuesto a pagar el encuestado por el uso del servicio.

A continuación, se listan algunas de las recomendaciones planteadas por Stopher (2012) que se tuvieron en cuenta para la formulación del cuestionario:

- Incluir al inicio del formulario el tiempo aproximado de duración de la encuesta.
- Evitar preguntas de datos personales como nombre, teléfono o dirección, de modo tal que el encuestado se sienta libre y dispuesto a dar su opinión respecto a las preguntas planteadas.
- Evitar preguntas que resulten amenazantes para el encuestado y que sean irrelevantes para el objeto del estudio. Lo anterior, contribuye a disminuir la duración de la encuesta y a prestar mayor atención a las preguntas que requieren mayor concentración.
- Evitar el uso de palabras como “regularmente”, “habitualmente”, “usualmente”, para evitar respuestas vagas y poco específicas. Para ello, se formuló el cuestionario con base en el último viaje que desarrolló el encuestado desde su lugar de residencia hacia la Universidad.
- Considerando que el tiempo es relativo y puede ser percibido de manera diferente por las personas, para la duración de los viajes se hizo la pregunta de dos maneras diferentes.
  - La primera, consistió en solicitar la hora de salida de su lugar de residencia y la hora de llegada a la Universidad, pues la mayoría de las personas tienen claro el momento en el que deben salir de su vivienda para llegar a tiempo a determinado lugar.
  - La segunda, fue consultar el tiempo estimado que duró cada una de las etapas de su viaje. De esta manera se podrá contrastar la veracidad de la información suministrada por el encuestado.
- Las preguntas se plantean con un orden lógico y secuencial para que el encuestado entre en contexto del motivo de la encuesta.

## **CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

- Se enumeraron las preguntas y se indicó el porcentaje de avance en la medida que se van contestando.
- Se incluyeron gráficos explicativos y cambios en el tipo y estilo de preguntas para mantener la atención del encuestado.
- Se incluyeron instrucciones en aquellas preguntas que requieren un mayor nivel de concentración por parte del encuestado.
- En la pregunta No.19 se da la oportunidad al encuestado de exponer sus comentarios respecto al tema central del estudio que es conocer sus necesidades respecto a la ruta de transporte para la última milla de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Utilizar un lenguaje claro y que sea familiar para que cualquier integrante de la comunidad universitaria puede acceder y contestar todas las preguntas de la encuesta.
- En la mayoría de los casos se realizan preguntas concisas con la menor cantidad de palabras posible.

Finalmente, como valor agregado de una buena práctica que logró una participación importante de la comunidad universitaria, para incentivar el diligenciamiento de la encuesta se promocionó el sorteo de un obsequio para un hombre y una mujer escogidos al azar entre el total de personas que participaron de la encuesta.

El instrumento de encuesta diseñado para este estudio se presenta como un anexo a este documento.



### **4.2.3 Aplicación de la encuesta**

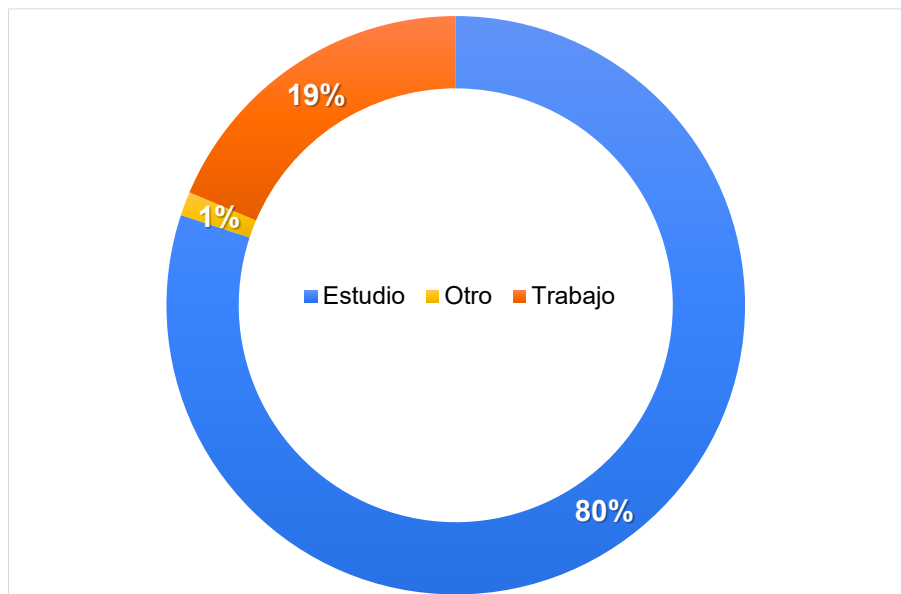
#### **4.2.3.1. Número total de encuestados**

Con el apoyo de la Dirección de Posgrados y el Programa de Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad, el 09 de octubre de 2023 se realiza el envío masivo de la encuesta al correo electrónico de los estudiantes y trabajadores referidos en la **Tabla 6. Comunidad Universitaria E.C.D.I.J.G. segundo semestre del 2023.**

De esta manera y gracias a la participación de la comunidad universitaria se obtiene un total de 841 respuestas, de las cuales, 822 encuestas fueron diligenciadas correctamente.

La participación de los encuestados se presenta discriminada por motivo de viaje hacia la Universidad en la siguiente ilustración:

**Ilustración 14.** Participación de la comunidad universitaria en el diligenciamiento de la encuesta según el motivo de viaje.



Fuente: Elaboración propia.

Así, el resumen del total de personas encuestadas se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 8.** Encuestas diligenciadas por la comunidad universitaria.

<b>Encuestados</b>	<b>Total general</b>	<b>Participación</b>
Estudiantes pregrado	570	69%
Estudiantes posgrado	88	11%
Trabajadores	153	19%
Otros	11	1%
<b>Total general</b>	<b>822</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

La recolección de esta información se logra de manera aleatoria entre los diferentes miembros de la comunidad universitaria que estuvieron dispuestos a participar de la encuesta, logrando superar el número de encuestas requeridas en el diseño muestral, según la **Tabla 7. Encuestas requeridas por estudiantes y trabajadores de la Universidad.**

#### **4.2.3.2. Recálculo del error muestral “E”**

A partir del número total de encuestados, el cual supera significativamente la muestra diseñada para un error muestral del 7 %, se procede a recalcular el error muestral de la encuesta en función del número total de encuestas respondidas correctamente. Para ello, se despeja “E” de la **Ecuación ( 6 )**, obteniendo que:

$$E = \sqrt{\frac{Z^2 PQ(N - n)}{n(N - 1)}} \quad (7)$$

Reemplazando valores, se obtiene entonces que:

$$E = \sqrt{\frac{(1,96)^2(0,5)(0,5)(5002 - 822)}{822(5002 - 1)}}$$

$$E \approx \pm 3,12 \%$$

Esto significa que la participación recibida por parte de la comunidad universitaria logra disminuir el error muestral del 7 % al 3,12 %, logrando una mayor cobertura en las respuestas obtenidas.

#### **4.2.4 Procesamiento de la información obtenida en la encuesta**

A continuación, se presenta el resumen de la información obtenida en las 822 encuestas diligenciadas correctamente por la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Estos resultados pretenden caracterizar las preferencias de elección modal de los encuestados, así como la determinación del número posible de usuarios que requieran el servicio de transporte alternativo objeto de esta investigación. El resumen de datos obtenidos se presenta en los siguientes numerarles:

##### **4.2.4.1 Origen de los viajes**

Con el fin de conocer la localidad que más genera viajes hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se discrimina el número total de encuestados a partir del lugar de residencia reportado y el tiempo medio de duración de todos los viajes. Los resultados obtenidos se presentan resumidos a continuación:

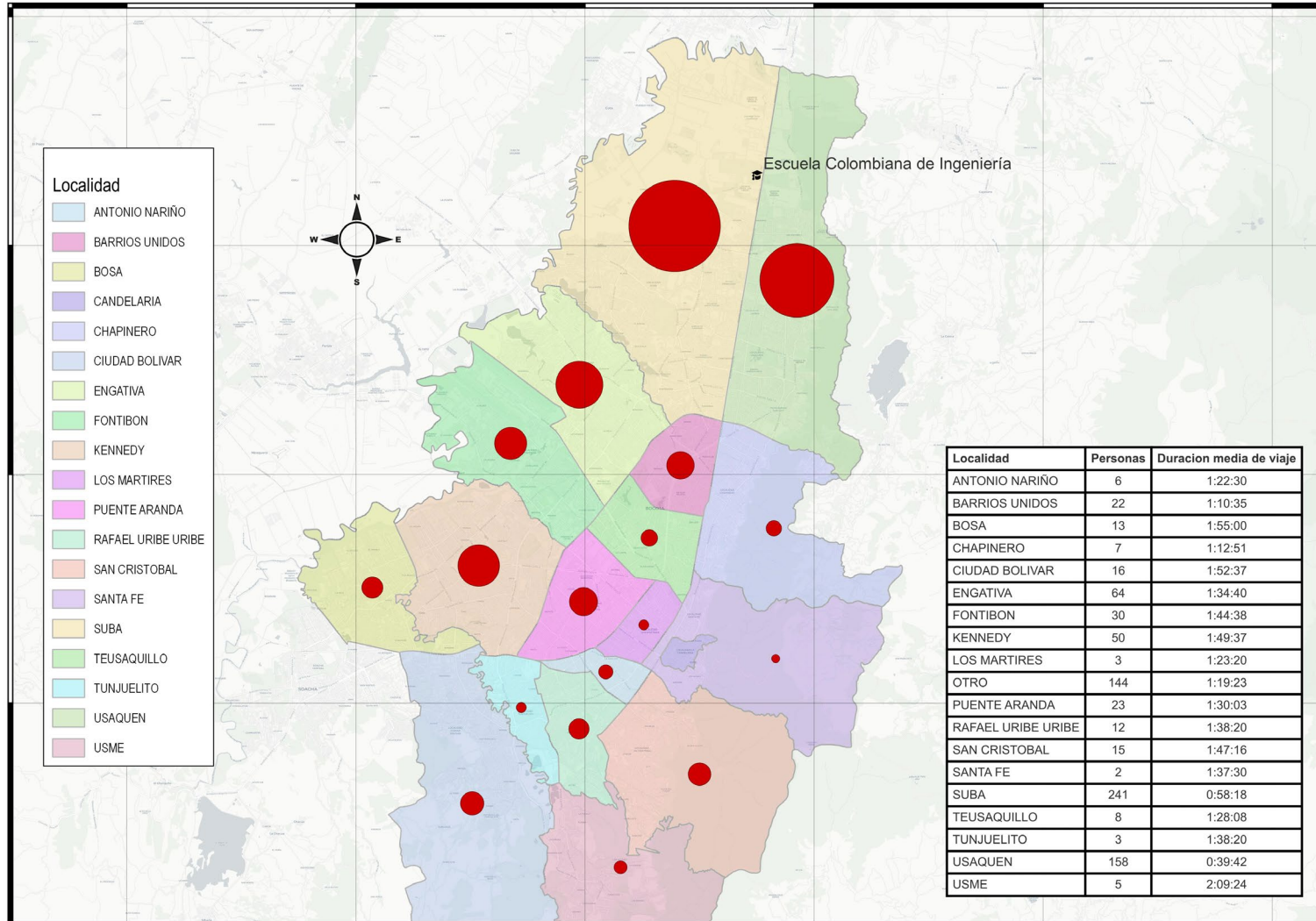
**Tabla 9.** Número de personas encuestadas por localidad y duración media de viaje.

<b>Localidad</b>	<b>Personas</b>	<b>Duración media de viaje</b>
Suba	241	0:58:18
Usaquén	158	0:39:42
Otro	144	1:19:23
Engativá	64	1:34:40
Kennedy	50	1:49:37
Fontibón	30	1:44:38
Puente Aranda	23	1:30:03
Barrios Unidos	22	1:10:35
Ciudad Bolívar	16	1:52:37
San Cristóbal	15	1:47:16
Bosa	13	1:55:00
Rafael Uribe Uribe	12	1:38:20
Teusaquillo	8	1:28:08
Chapinero	7	1:12:51
Antonio Nariño	6	1:22:30
Usme	5	2:09:24
Los Mártires	3	1:23:20
Tunjuelito	3	1:38:20
Santa Fe	2	1:37:30
<b>Total</b>	<b>822</b>	<b>PROMEDIO: 1:12:04</b>

Fuente: Elaboración propia.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

**Ilustración 15. Participación de personas encuestadas según localidad y duración media de viaje.**



Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Los resultados demuestran que la localidad que más genera viajes con destino a la Universidad corresponde a Suba, con un total de 241 personas, seguido de la localidad de Usaquén con 158 personas, y “Otro” que corresponde a las 144 personas que residen en sectores periféricos fuera de la zona urbana de la capital.

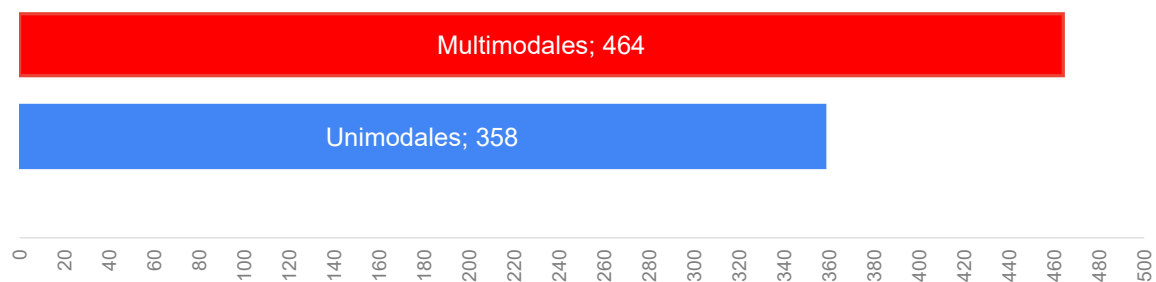
En total, se encuentra que de las veinte (20) localidades que tiene actualmente Bogotá, se generan viajes en dieciocho (18) de ellas hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, siendo La Candelaria y Sumapaz, las dos (2) localidades que no reportaron personas viajando hacia la Universidad.

Adicionalmente, de los tiempos promedio que emplean las personas encuestadas para llegar la Universidad, se encuentra que el menor tiempo de viaje se da para la localidad de Usaquén con una duración media de 39 minutos, mientras que para la localidad de Usme el tiempo promedio de viaje aumenta a más de 2 horas

### 4.2.4.1 Número de viajes unimodales y multimodales

La estructura de la encuesta permite identificar si los viajes desarrollados por la comunidad universitaria se hicieron en uno o varios modos de transporte. Los resultados obtenidos demuestran que fueron más los viajes que utilizaron más de un modo de transporte que aquellos viajes que se desarrollaron en un solo modo. El número total de viajes desarrollados se presenta clasificado en la siguiente ilustración:

**Ilustración 16.** Clasificación de los viajes según la cantidad de modos de transporte utilizados.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.4.2 Distribución modal del trayecto principal

Para conocer el modo de transporte más utilizado por la comunidad universitaria de la Escuela, se clasifican las respuestas de los viajes unimodales y multimodales según el

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

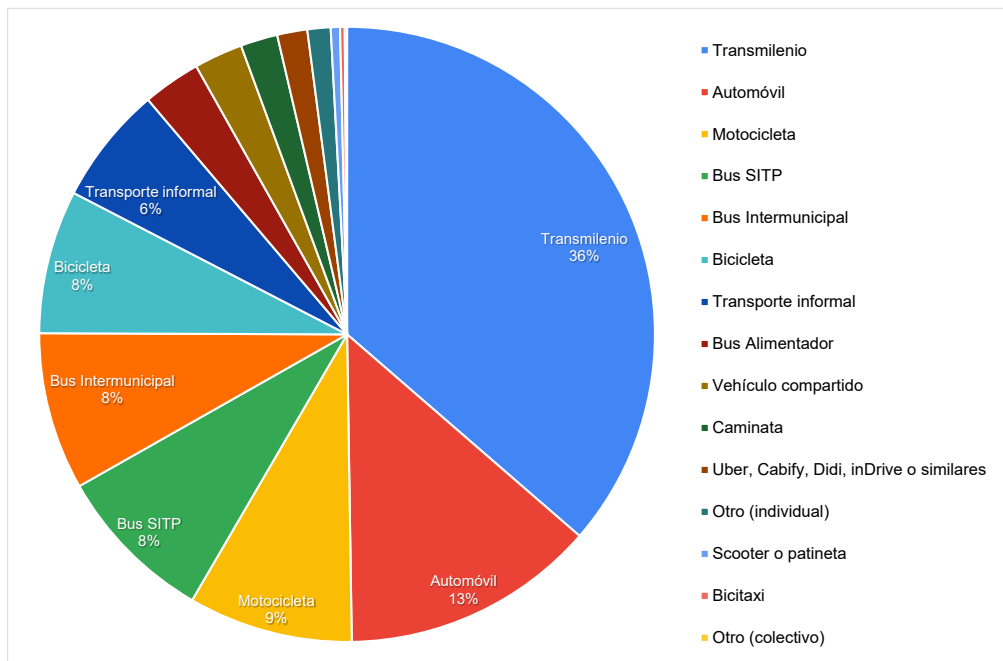
modo principal de transporte utilizado en el último viaje a la Universidad. Los resultados obtenidos se presentan resumidos a continuación:

**Tabla 10. Modo principal de transporte de los encuestados.**

Modo en trayecto principal	Total
TransMilenio	299
Automóvil	110
Motocicleta	71
Bus SITP	69
Bus intermunicipal	68
Bicicleta	62
Transporte informal	51
Bus alimentador	25
Vehículo compartido	21
Caminata	16
Uber, Cabify, Didi, inDrive o similares	13
Otro (individual)	10
Scooter o patineta	4
Bicitaxi	2
Otro (colectivo)	1
<b>Total</b>	<b>822</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 17. Distribución modal del trayecto principal.**



Fuente: Elaboración propia.

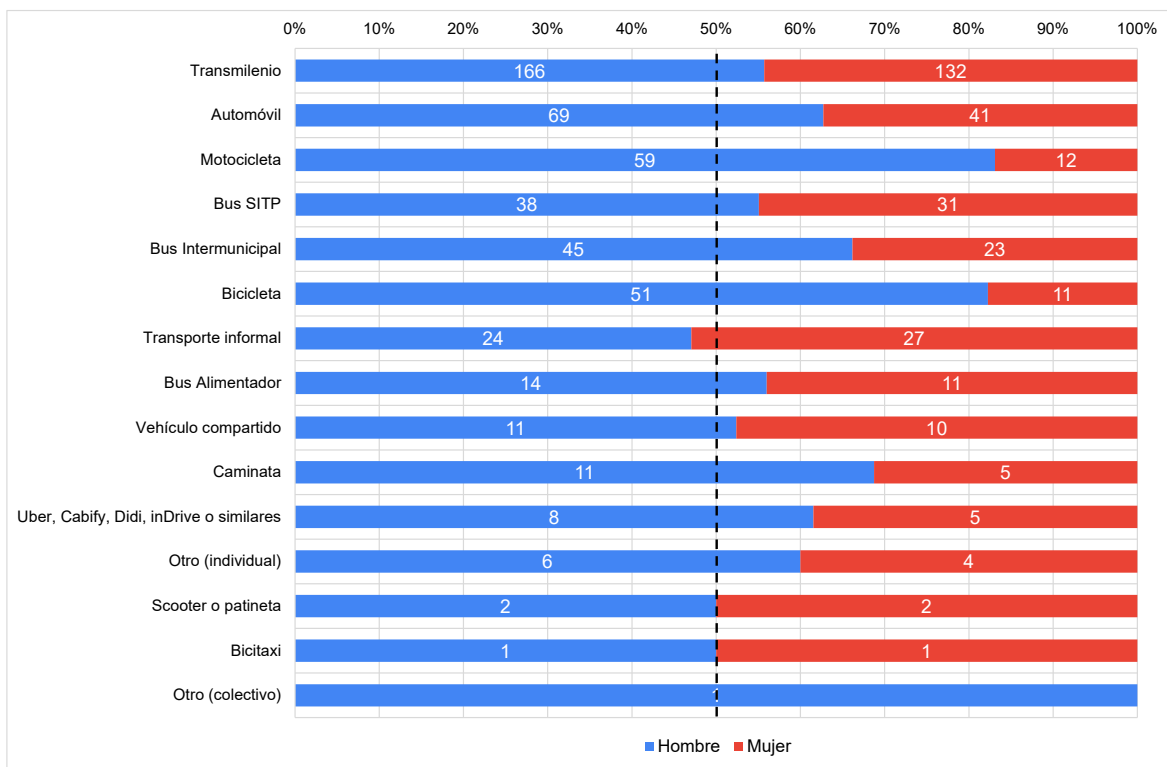
**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Los resultados demuestran que el (SITM) Transmilenio corresponde al modo de transporte preferido por la comunidad universitaria con un participación del 36 % de los encuestados, seguido del automóvil con el 13 %, y de una participación similar entre la motocicleta, el bus SITP, el bus Intermunicipal, la bicicleta y el transporte informal.

Con una menor participación del modo principal de transporte, se encuentra el bus alimentador, el vehículo compartido, la caminata, los servicios de transporte ofrecidos por aplicación y las patinetas eléctricas.

Adicionalmente, se clasifican los viajes por género, identificando las preferencias en los modos de transporte a pesar de existir una mayor participación de hombres que de mujeres.

**Ilustración 18. Distribución modal del trayecto principal según género.**

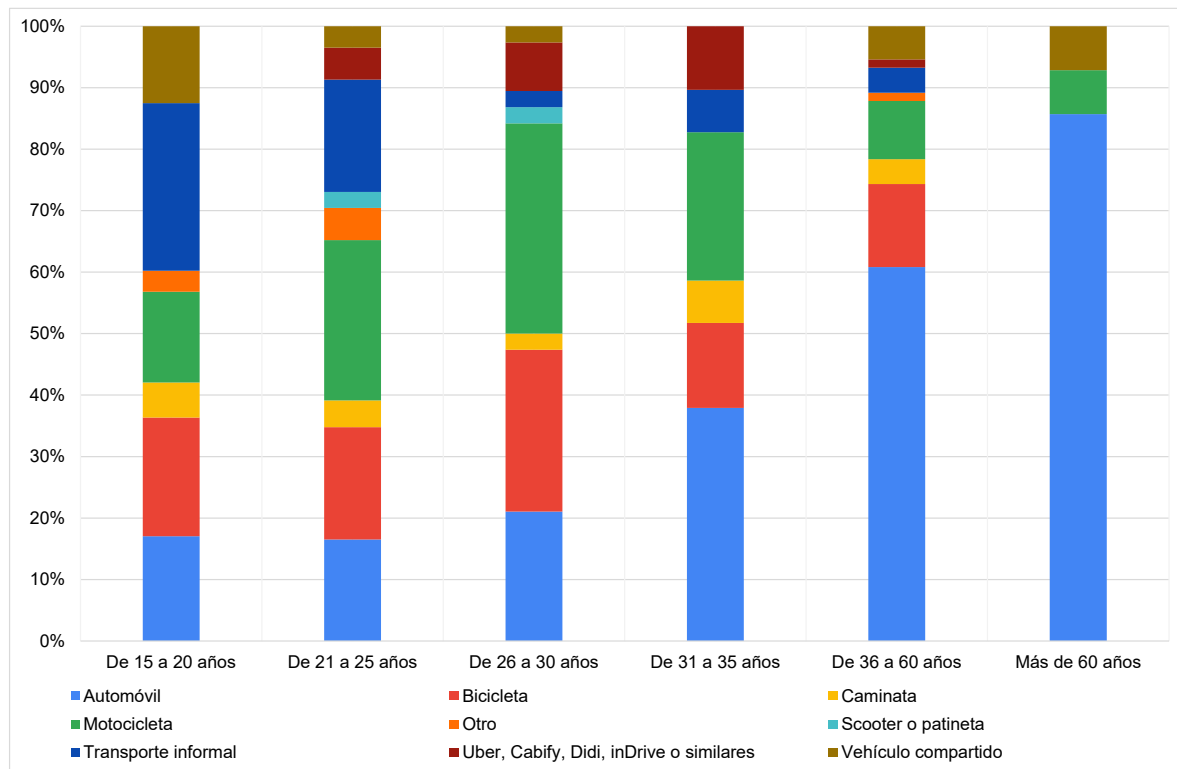


Fuente: Elaboración propia.

**4.2.4.3 Distribución modal para viajes unimodales según rango etario**

Con el fin de conocer el modo de transporte más utilizado por la comunidad universitaria para los viajes desarrollados en un solo modo, a continuación, se presenta una ilustración que resume la participación de los modos de transporte utilizados en los viajes unimodales según el rango de edad de los encuestados:

**Ilustración 19. Distribución modal según rango de edad para viajes unimodales.**



Fuente: Elaboración propia.

Esta ilustración refleja que para las poblaciones más jóvenes hay una mayor versatilidad respecto al modo de transporte utilizado en los viajes unimodales. Así mismo, se encuentra que a medida que aumenta la edad, aumenta la preferencia por el uso del automóvil como medio principal de transporte.

Paralelamente, para las personas más jóvenes, la motocicleta y la bicicleta representan el modo de transporte más utilizado.

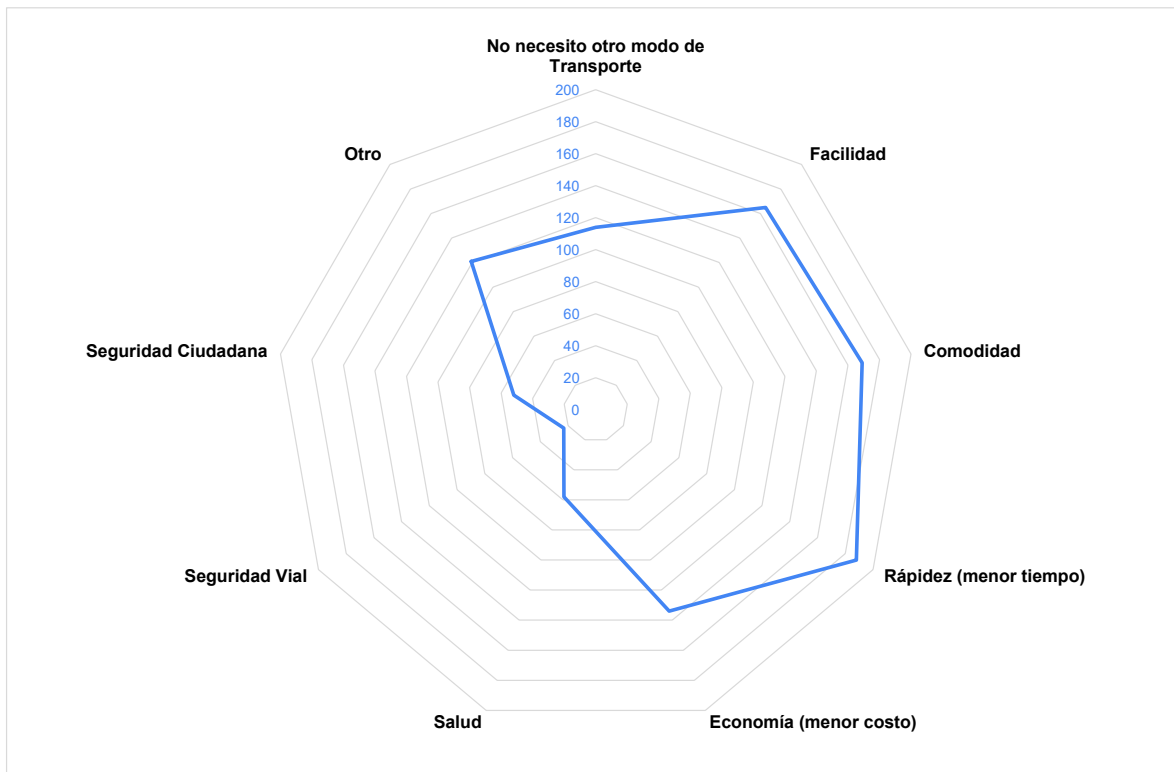


#### **4.2.4.4 Razones de preferencia para viajes unimodales**

Teniendo en cuenta que 358 viajes se desarrollan en un solo modo de transporte, es importante conocer las razones por las cuales la comunidad universitaria escoge un solo modo de transporte para acceder al campus universitario durante su último viaje.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente diagrama de araña:

*Ilustración 20. Razones de preferencia por un solo modo.*



Fuente: Elaboración propia.

Este análisis gráfico determina que para la comunidad universitaria que viaja en un solo modo de transporte, las variables más importantes en su elección modal son la rapidez, la comodidad, la facilidad y la economía que representa utilizar un solo modo de transporte.

VARIABLES COMO LA SEGURIDAD VIAL, LA SEGURIDAD CIUDADANA Y LA SALUD SON MENOS RELEVANTES PARA AQUELLAS PERSONAS QUE VIAJAN HACIA LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO EN UN SOLO MODO DE TRANSPORTE.

**4.2.4.5 Modos utilizados en la primera y última milla de los viajes multimodales**

Teniendo en cuenta que 464 personas de los 822 encuestados registran viajes multimodales, se discrimina la información según los modos de transporte utilizados en la primera y última milla. Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 11. Modos de transporte utilizados para la primera milla en viajes multimodales.**

<b>Primera Milla</b>	<b>No. Viajes</b>
Caminata	300
Alimentador	56
Bicitaxi	10
Transporte informal	4
Bus intermunicipal	25
Bus SITP	59
Taxi	1
Vehículo compartido	1
Uber, Cabify, Didi, inDrive o similares	1
Otro	7
<b>Total</b>	<b>464</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12. Modos de transporte utilizados para la última milla en viajes multimodales.**

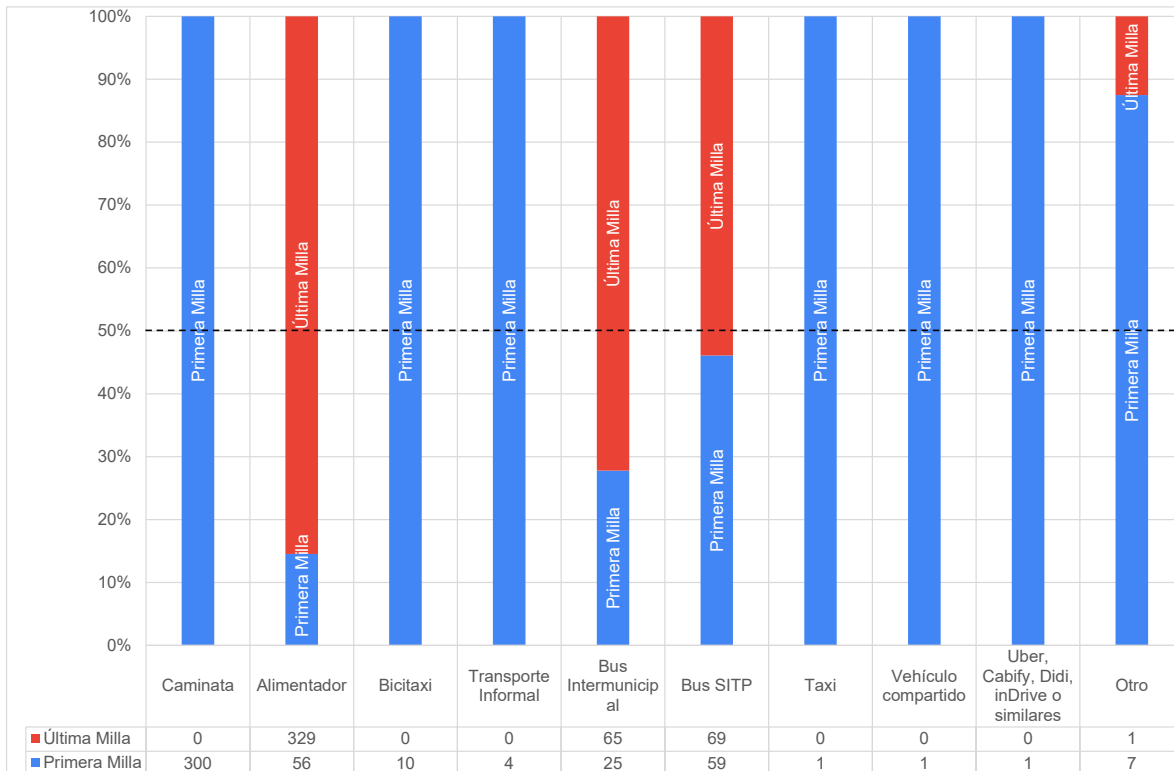
<b>Última Milla</b>	<b>No. Viajes</b>
Alimentador	329
Bus intermunicipal	65
Bus SITP	69
Otro	1
<b>Total</b>	<b>464</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos permiten identificar que para la primera etapa del viaje hay una mayor oferta de modos de transporte, siendo la caminata el modo de transporte más utilizado por las personas que hicieron viajes multimodales.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

**Ilustración 21.** Distribución de viajes según modo de transporte en la primera y última milla.



Fuente: Elaboración propia.

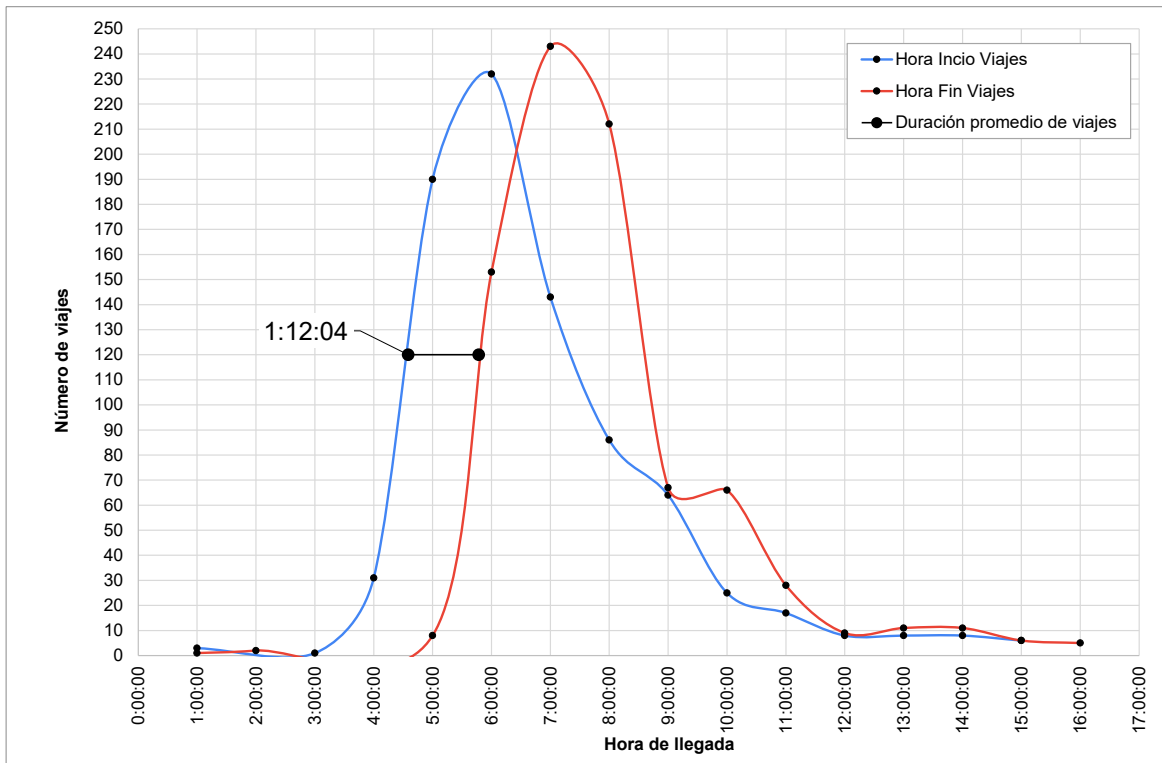
De la misma manera, el modo de transporte más utilizado para la última milla es el Alimentador, el cual complementa la operación del SITM TransMilenio con un total de 329 viajes.

**4.2.4.6 Distribución horaria de los viajes**

Para conocer el tiempo en el que más se requiere el servicio de transporte en la comunidad universitaria, se solicita al encuestado la información de la hora de salida del lugar de residencia y hora de llegada a la Universidad en su último viaje. Los resultados obtenidos se presentan a continuación

# CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

**Ilustración 22.** Distribución horaria de los viajes hacia la Escuela.



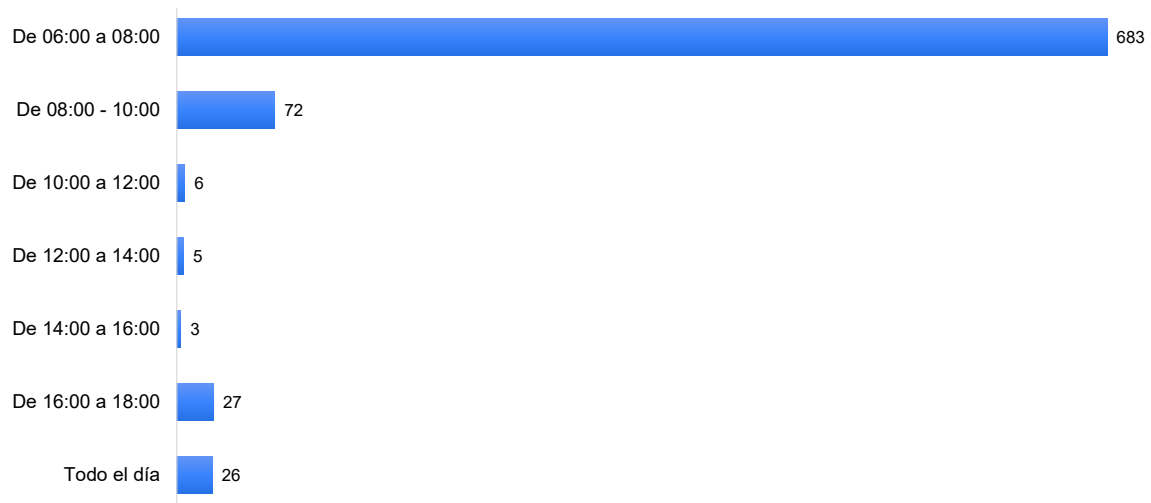
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos demuestran que la hora en la que más se registran llegadas al campus universitario es a las 07:00 a.m.

Así mismo, se refleja que el desfase promedio entre las horas de salida y las horas de llegada de las personas encuestadas se ubica la duración media de los viajes desarrollados por la comunidad universitaria, con un valor de 1 hora, 12 minutos y 4 segundos.

Paralelamente, se consulta a los encuestados la franja horaria en la que consideran que se presentan las mayores dificultades para acceder a al servicio de transporte público con destino a la Universidad. Las respuestas obtenidas se presentan en la siguiente ilustración:

**Ilustración 23.** Franja horaria de mayor dificultad para acceder al servicio de transporte público.



Fuente: Elaboración propia.

Esta cifra coincide con la sección de máxima demanda (SDM) de viajes registrada entre las 06:00 y las 08:00 horas.

#### **4.2.4.7 Calificación del servicio de transporte público**

Con el fin de conocer la opinión de los encuestados respecto al servicio de transporte público se les solicita calificar cuantitativamente (de 1 a 5) el servicio ofrecido por la ciudad para llegar a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

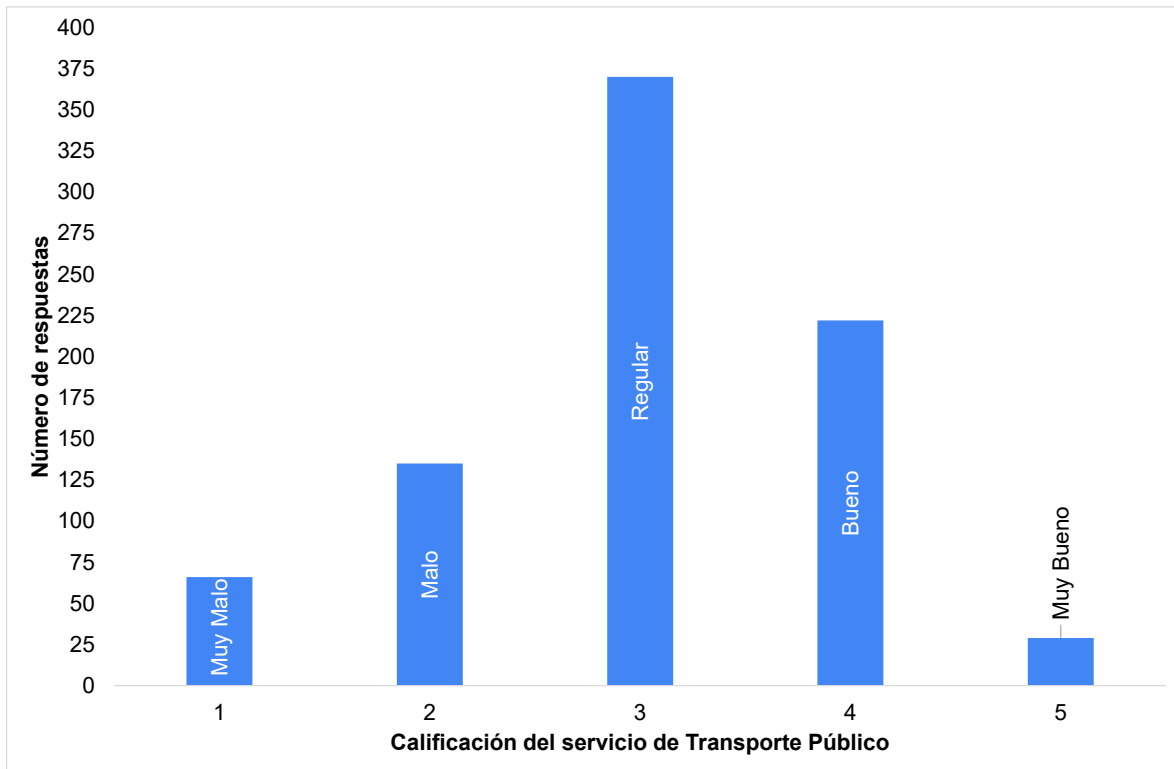
**Tabla 13.** Calificación del servicio de transporte público hacia la Escuela.

Calificación del Servicio	No. Respuestas
Muy Malo	66
Malo	135
Regular	370
Bueno	222
Muy Bueno	29
<b>Total</b>	<b>822</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos demuestran que la mayoría de las personas consideran *regular* el servicio de transporte público ofrecido hasta la Universidad. No obstante, en términos generales son más las personas que lo consideran bueno que malo.

**Ilustración 24.** Calificación del servicio de transporte público para llegar a la E.C.D.I.J.G.



Fuente: Elaboración propia.

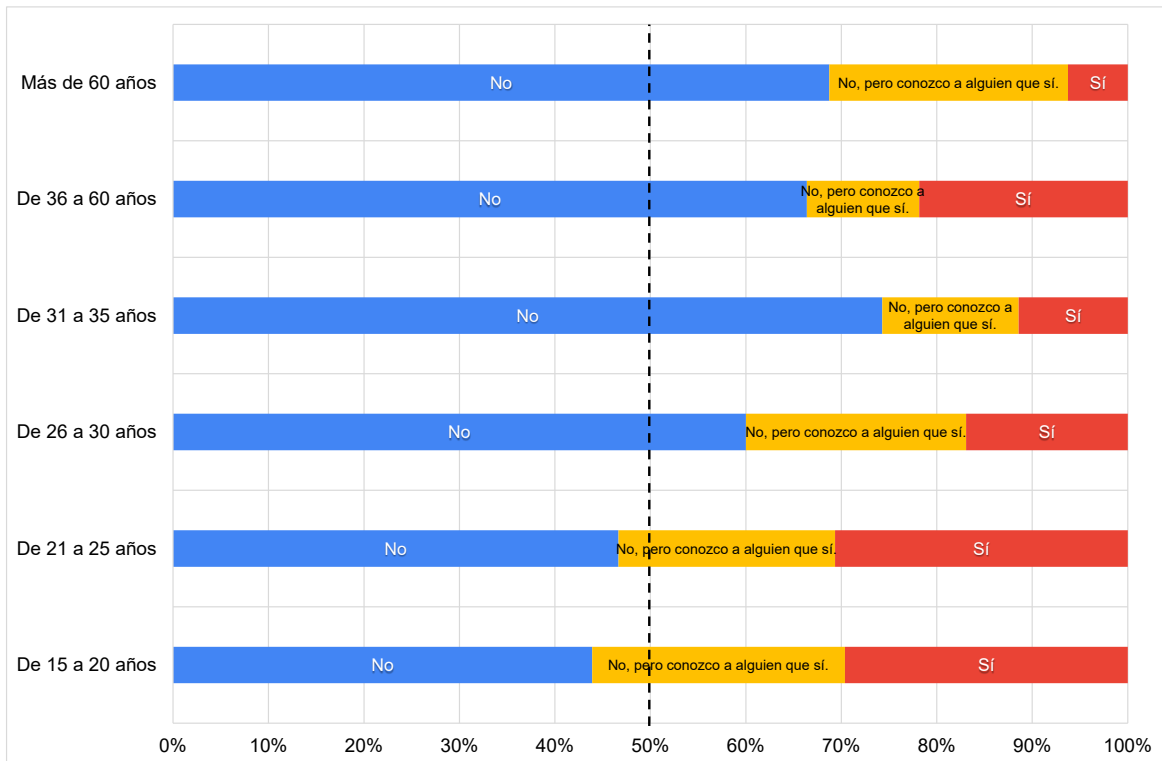
#### **4.2.4.8 Participación en siniestros viales**

Con el propósito de conocer la participación de la comunidad universitaria en los siniestros viales ocurridos durante un viaje típico hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se le consulta a los encuestados si se han visto involucrados en un siniestro vial o si conocen de alguien en la comunidad universitaria que sí lo haya estado.

La información obtenida en este numeral es relevante para la caracterización de una de las externalidades negativas del transporte que mayor impacto tiene en la ciudad. Así mismo, para estimar el riesgo que presentan los miembros de la comunidad universitaria según su rango etario o su modo principal de transporte. Esto permite conocer el rango de sensibilidad de los encuestados respecto a la posibilidad de que ocurra un siniestro.

Los datos obtenidos en este numeral se presentan contenidos en las siguientes ilustraciones:

**Ilustración 25. Participación de siniestros viales según rango etario.**



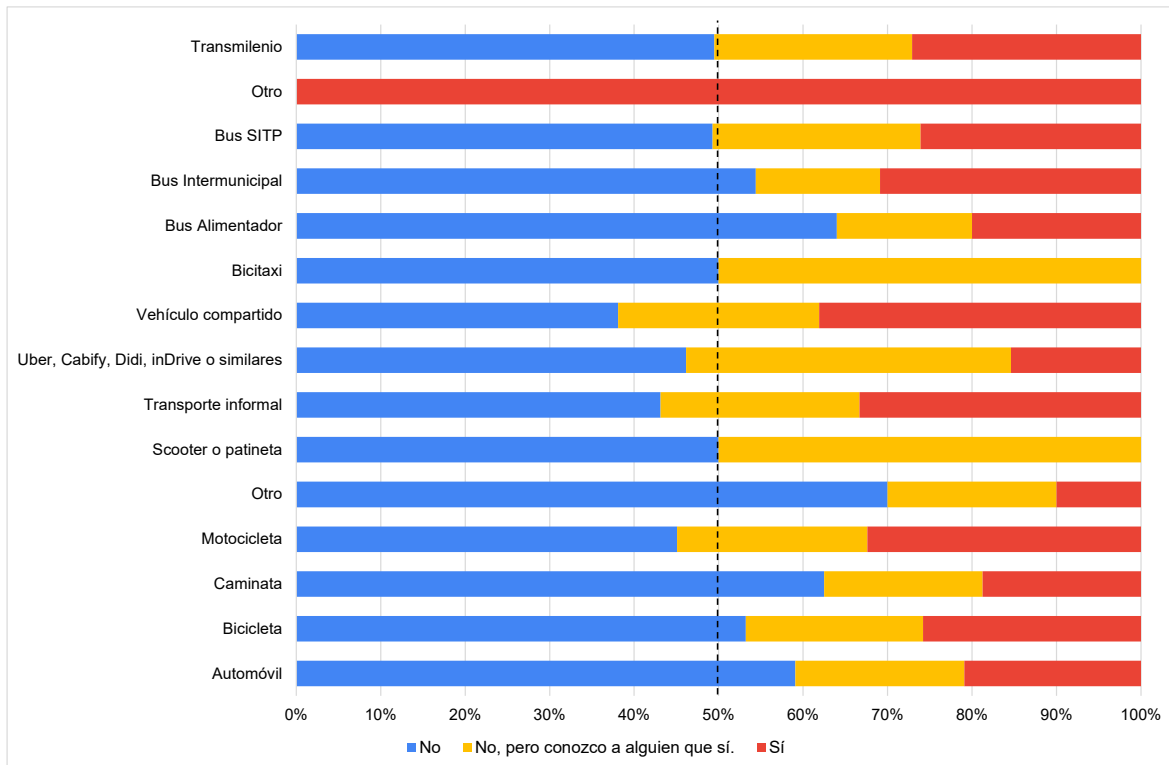
Fuente: Elaboración propia.

Estos datos demuestran que existe una mayor probabilidad de ocurrencia de siniestros viales para las personas más jóvenes. Lo anterior, teniendo en cuenta que son el grupo etario con mayor cantidad de personas viajando diariamente hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

De las personas entre 15 y 25 años, alrededor del 30 % se han visto directamente involucradas en siniestros viales en un viaje hacia la Universidad.

Por su parte, las personas con más de 60 años, que utilizan el automóvil como su principal modo de transporte, son el grupo etario que menos se ha visto envuelto en un siniestro vial.

**Ilustración 26. Participación de siniestros viales según modo principal de transporte.**



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se refleja que en TransMilenio, que corresponde al modo de transporte más utilizado por la comunidad universitaria, la mitad de las personas encuestadas ha estado o conoce a alguien que haya estado involucrado en un siniestro vial durante un viaje hacia la Universidad.

Finalmente, el vehículo compartido fue el modo de transporte que más se vio implicado en siniestros viales.

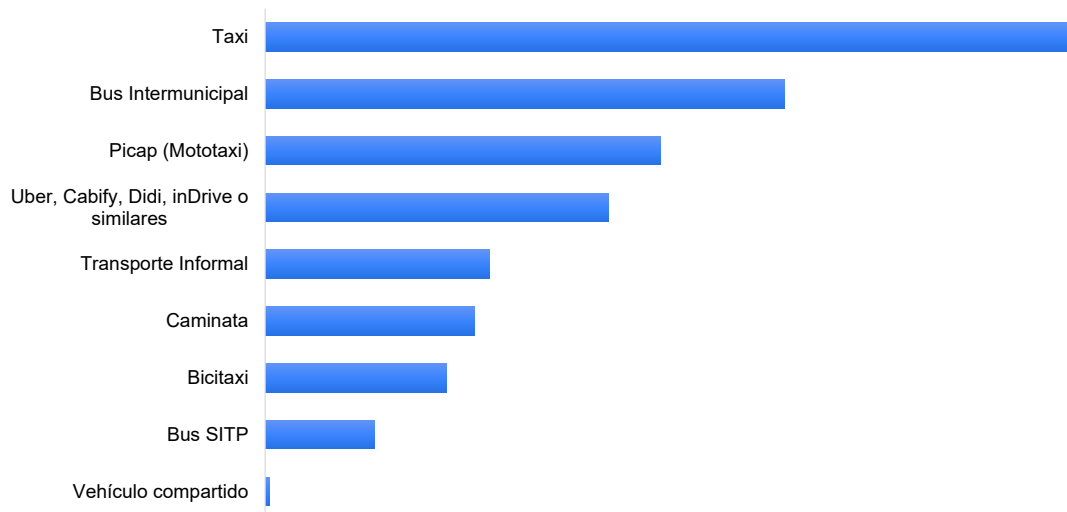
#### **4.2.4.9 Uso de transporte complementario**

Con el fin de conocer los modos de transporte que más utiliza la comunidad universitaria ante la necesidad de llegar a tiempo a instalaciones de la Escuela, se consulta con una pregunta abierta a los encuestados si se han visto obligados a utilizar modos de transporte “no previstos” en un viaje atípico hacia la Universidad.

Las respuestas obtenidas se presentan a continuación:



**Ilustración 27. Modos de transporte utilizados de manera complementaria en un viaje atípico.**



Fuente: Elaboración propia.

Entre las respuestas obtenidas se encuentra que el servicio de transporte público individual tipo taxi es el modo de transporte preferido por la comunidad universitaria para llegar a tiempo a la Escuela cuando se presenta alguna novedad en el viaje.

Entre las razones por las cuales las personas informan sobre la necesidad de utilizar estos modos complementarios de transporte, son: llegar a tiempo a un compromiso en la universidad, un choque que colapsó el tráfico, un vehículo varado, manifestaciones y fallas en la frecuencia de buses del transporte público.

En las respuestas, se encuentra que 334 personas manifiestan no requerir un servicio de transporte complementario, bien sea porque lo consideran muy costoso o porque simplemente no lo han necesitado.

#### **4.2.4.10 Opinión del encuestado respecto a la necesidad de la ruta de transporte.**

En la encuesta se consulta a la comunidad universitaria si consideran necesaria la implementación de una ruta de transporte para mejorar la oferta de transporte que hay actualmente para acceder las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

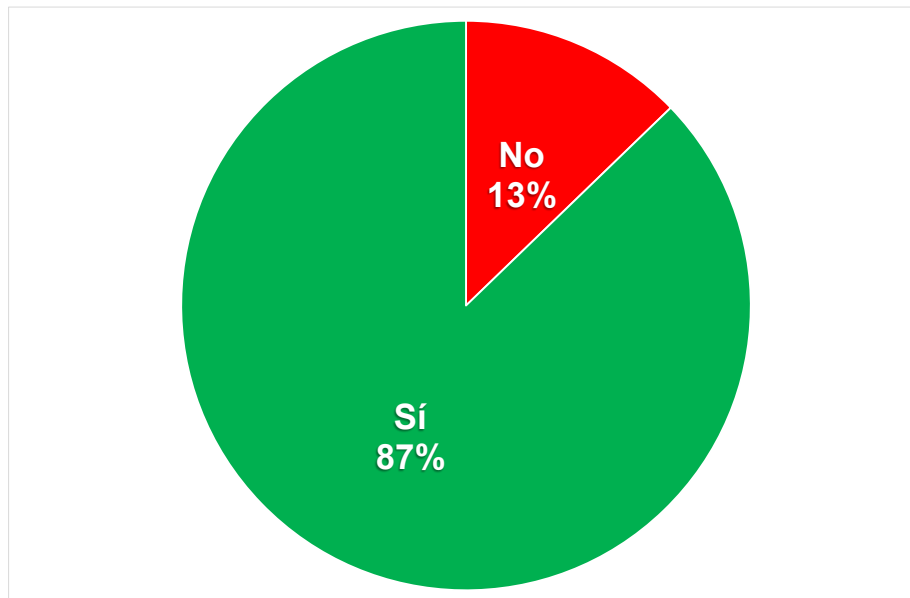
Las respuestas obtenidas se presentan a continuación:

**Tabla 14.** Opinión del encuestado respecto a la necesidad de la ruta de transporte.

Requerimiento del servicio	No. Respuestas
No	105
Sí	717
<b>Total</b>	<b>822</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 28.** Opinión del encuestado respecto a la necesidad de la ruta de transporte.



Fuente: Elaboración propia.

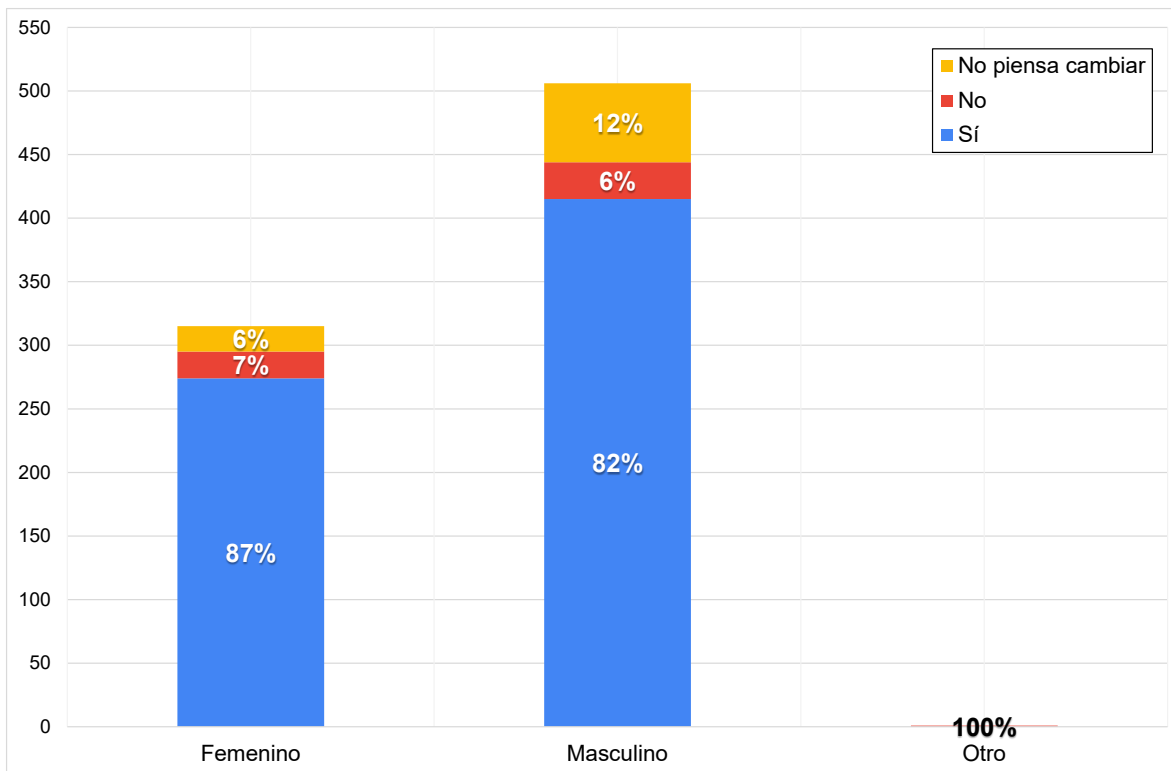
Lo que demuestra que para la mayor parte de la comunidad universitaria sí se debería propender por implementar una ruta de transporte alternativo que atienda a la necesidad de un transporte más eficiente.

#### **4.2.4.11 Disposición del encuestado respecto al posible uso de la ruta de transporte.**

De manera complementaria, se le consulta directamente al encuestado si estaría dispuesto a utilizar la ruta de transporte si esta se ofreciera solo en la última milla. Lo anterior, con el fin de determinar la disposición al cambio en el modo de transporte, sugiriendo la conexión con la ruta con el SITM TransMilenio.

Para validar la disposición de la comunidad universitaria, se discriminan las respuestas por el género del encuestado. Los resultados obtenidos fueron:

**Ilustración 29.** Disposición del encuestado respecto al posible uso de la ruta de transporte según género.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados demuestran que la población femenina está más dispuesta a utilizar la ruta de transporte alternativo y posiblemente a cambiar el modo de transporte utilizado para llegar la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

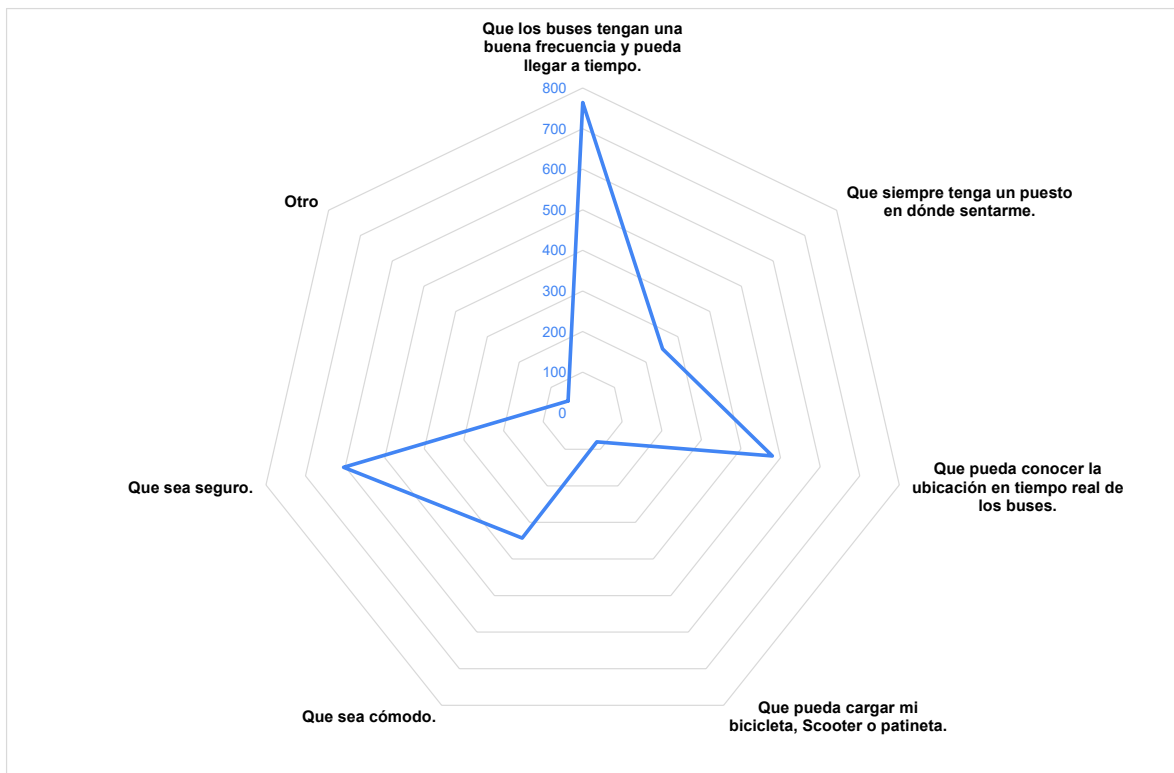
#### **4.2.4.12 Aspectos relevantes para el encuestado para el posible uso de la ruta de transporte.**

En el diseño de la ruta es importante conocer los aspectos más relevantes para la comunidad universitaria que se requieren para garantizar su uso del servicio.

El objetivo de esta pregunta es validar los requisitos y recomendaciones de todas aquellas personas interesadas en utilizar la ruta de transporte alternativo. Para ello, se da la posibilidad de seleccionar las consideraciones más relevantes para el encuestado para la prestación de un buen servicio.

Las posibles respuestas se presentan resumidas en el siguiente diagrama de araña:

**Ilustración 30.** Aspectos importantes por la comunidad universitaria para utilizar el servicio de transporte alternativo.



Fuente: Elaboración propia.

El resultado de esta consulta demuestra que para la comunidad universitaria la comodidad pasa a un segundo plano cuando se trata de llegar a tiempo a las instalaciones de la Escuela.

Para casi todos los encuestados, la prioridad en el diseño de la ruta de transporte es que esta tenga una buena frecuencia que garantice la llegada a tiempo de las personas a la Universidad.

Que sea cómodo o que siempre haya un puesto disponible, son variables irrelevantes si se consigue que durante la última milla el viaje sea lo suficientemente eficiente para garantizar que las personas no pierdan tiempo esperando por el servicio de transporte.

De manera similar, se consulta en una pregunta abierta a los encuestados qué otras consideraciones son importantes considerar para una buena prestación del servicio de transporte alternativo. El resumen de las recomendaciones hechas por la comunidad universitaria es:

- ✓ Que tenga un costo competitivo.
- ✓ Que tanto el itinerario como la operación del servicio sea de fácil acceso para consulta.
- ✓ Que la ruta cumpla eficazmente los horarios.
- ✓ Que tenga una buena cobertura en términos de capacidad, tiempo y distancia.
- ✓ Que garantice la accesibilidad a personas en condición de discapacidad.
- ✓ Que cuente con tecnologías limpias.
- ✓ Que los conductores y operarios del servicio sean amables.
- ✓ Que respeten las normas de tránsito y los límites de velocidad.
- ✓ Que se informen claramente los puntos de parada para el ascenso y descenso de pasajeros.
- ✓ Que los buses permanezcan en buena condición y estén aseados.
- ✓ Que tenga una conexión directa con el portal Norte o la operación de TransMilenio.

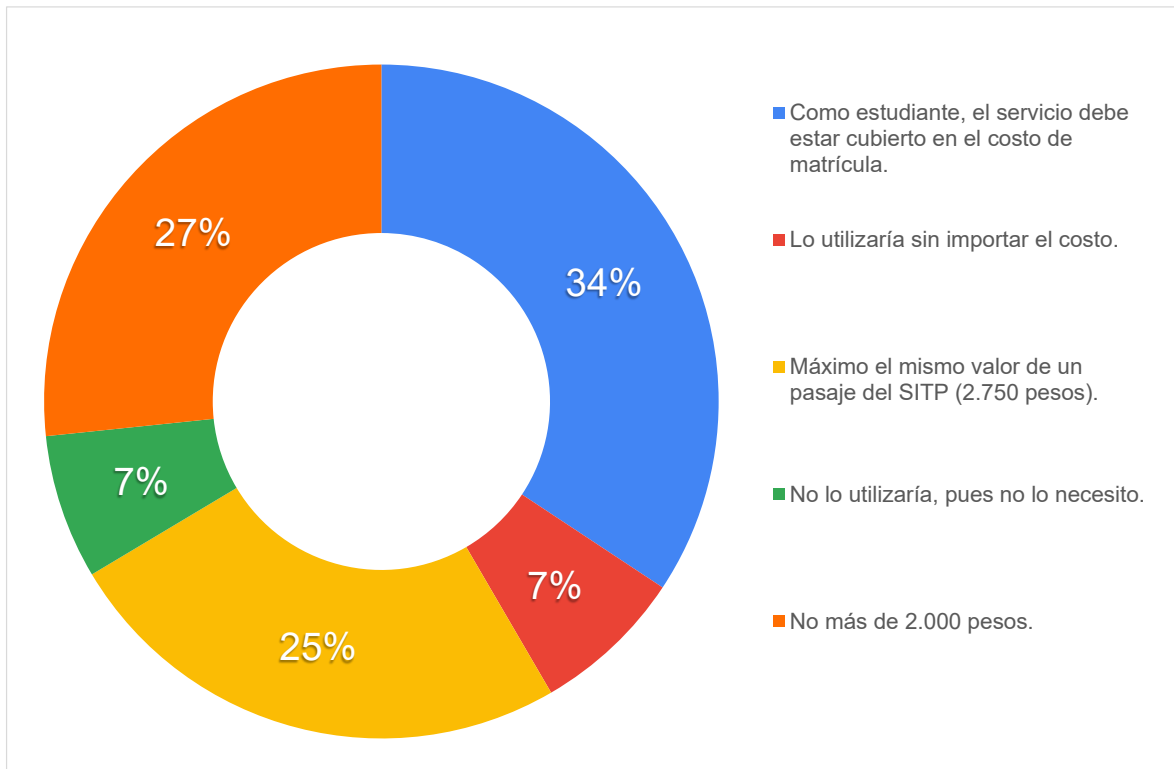
***4.2.4.13 Disponibilidad del encuestado respecto al cobro del servicio de transporte alternativo.***

Finalmente, con el fin de estimar la disponibilidad económica de la comunidad universitaria para el financiamiento de la operación de la ruta de transporte en la última milla, se solicita a los encuestados seleccionar qué consideran más pertinente para subsidiar los costos derivados del servicio de transporte alternativo.

A pesar de que el proyecto no incluye el análisis económico requerido para la estimación de la tarifa o la financiación del servicio, es importante delimitar algunas de las opciones que se consideraron como las más relevantes para subsidiar los costos derivados de la operación del servicio de transporte alternativo.

Para ello, se debe conocer el costo máximo que estaría dispuesto a pagar el usuario por la operación del servicio. De esta manera, los resultados obtenidos ante la consulta hecha a la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito se presentan en la siguiente ilustración:

**Ilustración 31. Opciones de financiación del servicio de transporte alternativo.**



Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados sugieren que para los estudiantes es importante que la financiación del servicio esté cubierta dentro de los costos establecidos por matrícula.

Así mismo, una cuarta parte de las personas encuestadas sugiere que el valor económico de la tarifa no podrá superar el costo de un pasaje del SITP. Esto, sin considerar que el SITP funciona actualmente de manera integrada a la operación del (SITM) TransMilenio, el cual corresponde al modo de transporte más utilizado por la comunidad universitaria de la Escuela.

### **4.3 Cálculo del factor de expansión de la muestra (FE)**

Con el fin de estimar el número total de viajes que se generaron en un día típico por la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería durante el segundo semestre de 2023, se hace uso del Factor de Expansión (F.E.), el cual posibilita la expansión de los resultados obtenidos en la muestra hacia todo el universo en estudio (Ministerio de Transporte, 2011).

Este factor se obtiene dividiendo el número total de personas que hacen parte del universo entre el número total de personas obtenidas en la muestra:

$$F.E. = \frac{N}{n} \quad (8)$$

Siendo:

**N** = tamaño de la población de estudio.

**n** = tamaño óptimo de la muestra.

Donde, para el caso de estudio, los valores de “N” y “n” corresponden a 5.002 personas que hacen parte de la comunidad universitaria de la Escuela en el segundo semestre de 2023, y 822 personas que respondieron la encuesta correctamente, respectivamente.

De esta manera, el Factor de Expansión para este proyecto es de:

$$F.E. = \frac{5002 \text{ personas}}{822 \text{ personas}} \approx 6,09$$

#### **4.4 Estimación de la demanda potencial de usuarios de la ruta de transporte alternativo**

Una vez procesada la información primaria, se estima una posible demanda de pasajeros entre la comunidad universitaria de la Escuela que podrá hacer uso del servicio de transporte colectivo en una primera etapa. Para su selección, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Hora de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito durante su último viaje.
- ✓ Aquellas personas que informaron haber utilizado TransMilenio o alimentador como el modo principal de transporte durante su último viaje.

**CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

- ✓ Las personas que calificaron entre malo y muy malo el servicio de transporte público ofrecido por TransMilenio S.A. para llegar a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- ✓ Aquellas personas que consideraron necesaria la ruta de transporte alternativo y respondieron afirmativamente a la necesidad del servicio.
- ✓ Aquellas personas que afirmaron estar dispuestas a utilizar el servicio de transporte si este se ofreciera únicamente para la última milla.

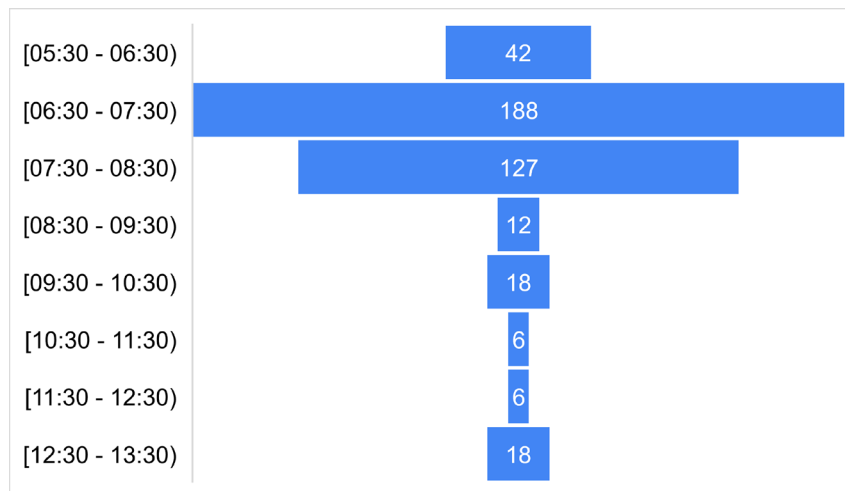
Lo anterior, posibilita estimar una demanda aproximada de usuarios que requieren una ruta de transporte alternativo para llegar a tiempo la Universidad. Los resultados obtenidos se presentan discriminados por franja horaria a continuación:

**Tabla 15.** Demanda de usuarios de la comunidad universitaria para el dimensionamiento de la ruta.

Franja horaria	No. Respuestas	F.E.	No. Viajes
[05:30 - 06:30)	7	6.09	42
[06:30 - 07:30)	31	6.09	188
[07:30 - 08:30)	21	6.09	127
[08:30 - 09:30)	2	6.09	12
[09:30 - 10:30)	3	6.09	18
[10:30 - 11:30)	1	6.09	6
[11:30 - 12:30)	1	6.09	6
[12:30 - 13:30)	3	6.09	18
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>-</b>	<b>417</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 32.** Demanda de usuarios para el dimensionamiento de la ruta.



Fuente: Elaboración propia.



Estos datos representan el primer insumo de diseño para el dimensionamiento de la ruta de transporte alternativo para la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Ante los resultados, es importante mencionar que existe una demanda adicional de usuarios que afirmaron estar dispuestos a utilizar la ruta de transporte si esta se ofreciera únicamente para la última milla. No obstante, considerando las razones por las cuales prefieren desarrollar sus viajes en otros modos de transporte diferentes a los ofrecidos por el (SITM) TransMilenio, se considera que incluirlos en el dimensionamiento inicial del servicio puede sobredimensionar el número total de buses que atienda a esa posible demanda.

Por lo anterior, el dimensionamiento inicial de la ruta considera aquellas personas que requieren actualmente el servicio de transporte alternativo y se enfrentan a la problemática de movilidad en la última milla.

#### **4.5 Análisis de resultados**

- ✓ La duración promedio de un viaje hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (72 minutos) es inferior al tiempo promedio de viaje en TransMilenio (78.8 minutos para el 2019).
- ✓ En la Universidad se desarrollan más viajes multimodales que unimodales con un uso importante del sistema de transporte público.
- ✓ Para los jóvenes entre 15 y 20 años existe una mayor variedad en los modos de transporte utilizados, siendo el transporte informal el modo con mayor número de usuarios.
- ✓ Para las personas que utilizan un solo modo de transporte hacia la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se encuentra que la comodidad que brinda el transporte particular sobre el colectivo es la razón principal de su elección. Adicionalmente, los encuestados informan que utilizar un solo modo de transporte es la manera más rápida y económica de llegar al campus universitario.
- ✓ El Alimentador es el modo de transporte más utilizado en la última milla para las personas que utilizan TransMilenio en su viaje hacia la Universidad.
- ✓ La distribución modal del 2023 respecto a los resultados de la Encuesta de Movilidad en 2019, demuestra un incremento significativo en el uso de modos de transporte

## **CAPÍTULO I - CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

no sostenible, con un aumento del 4 % al 13 % para el automóvil y del 2 % al 9 % para la motocicleta.

- ✓ La distribución modal en 2023 presenta una mayor diversidad en los modos de transporte utilizados por la comunidad universitaria para llegar a la Universidad, resaltando la participación de la bicicleta con el 8 % de los encuestados y la patineta eléctrica como un modo renaciente en Bogotá.
- ✓ La distribución modal según el género del encuestado demuestra que el único modo de transporte donde las mujeres tienen una mayor participación que los hombres, es en el servicio de transporte informal.
- ✓ La franja horaria en la que más se registran viajes por la comunidad universitaria de la Escuela se ubica entre las 06:00 y las 08:00 horas.
- ✓ De acuerdo con la información suministrada por los encuestados, todos los modos de transporte se ven implicados en siniestros viales a diario, lo que representa un riesgo significativo para la comunidad universitaria de la Escuela.
- ✓ En los modos de transporte complementarios que utiliza la comunidad universitaria, se resalta la participación de los modos informales de transporte, entre los cuales el mototaxismo es el segundo modo de transporte informal preferido por la mayoría de las personas.
- ✓ En general, hay una disposición favorable de la comunidad universitaria respecto a la implementación de una ruta de transporte alternativo que atienda a las necesidades de transporte en la última milla de llegada a la Universidad, lo que sugiere un posible uso del servicio.
- ✓ Las respuestas obtenidas respecto a los requisitos que debe atender la ruta de transporte para la prestación de un buen servicio, sugieren que para la comunidad universitaria la problemática actual de movilidad que impide la llegada puntual a la universidad debe estar resuelta con la programación y operación del servicio de transporte alternativo.
- ✓ Se consulta a la comunidad universitaria el posible costo de la tarifa para los análisis económicos que se deriven de este proyecto.

## **5 CAPÍTULO 2 - Identificación de las externalidades del transporte en la última milla de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

En este capítulo se recopila información primaria de las entidades cabeza del sector movilidad, con el fin de tener datos para el análisis de las externalidades que ejerce el transporte sobre la malla vial que da acceso vehicular a las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Para ello, es necesario delimitar un área de influencia que posibilite el análisis espacial en la última milla.

De esta manera y mediante una carta direccionada desde la Universidad, se solicita información de velocidades a la Secretaría Distrital de Movilidad, así como la oferta de transporte público que tiene actualmente TransMilenio S.A. en la última milla. Adicionalmente, se solicita información de volúmenes de tránsito a la concesionaria encargada del proyecto Accesos Norte Fase 2.

El resultado de los análisis desarrollados con esta información se presenta en los siguientes numerales:

### **5.1 Área de influencia**

Para poder identificar las externalidades que ejerce el transporte sobre la malla vial que da acceso a las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se delimita un área de influencia que posibilite la selección espacial de los datos.

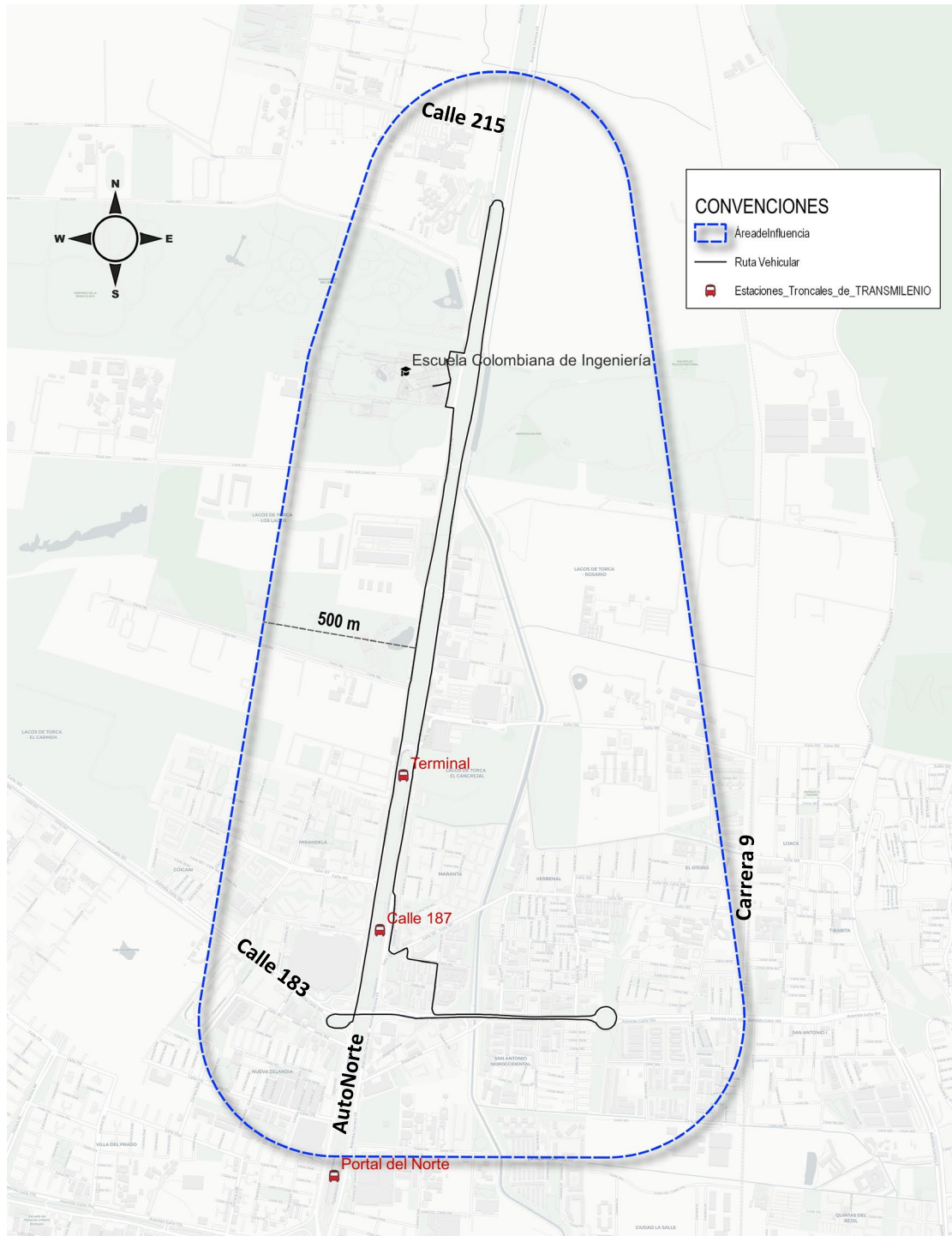
Para su delimitación, se establece un buffer de 500 m al recorrido que debería hacer un vehículo entre la Escuela Colombiana de Ingeniería y las estaciones de la Calle 187 y el Terminal Norte.

Entre las opciones disponibles, se contempla la ruta más larga en términos de distancia que puede realizar un vehículo de grandes dimensiones para la conexión hacia el norte de la Autopista. Lo anterior, se hace con el fin de abarcar una mayor cobertura para los análisis.

## CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

El resultado de este procedimiento se presenta en la siguiente ilustración:

**Ilustración 33.** Área de influencia para el análisis de externalidades del transporte.



Fuente: Elaboración propia.

## **5.2 Recopilación y análisis de información**

A continuación, se presenta la información obtenida ante la consulta a entidades Distritales del sector movilidad. Los resultados pretenden caracterizar las externalidades del transporte en términos de velocidad, congestión y siniestralidad.

### **5.2.1 Registros de velocidad media de vehículos mixtos (SDM).**

Mediante una carta con radicado SDM 202361204285952 dirigida a la Dirección de Inteligencia para la Movilidad (DIM) de la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM), se solicita información de las velocidades medias registradas para el tramo vial de la Autopista Norte entre la Av. Calle 183 y la Calle 215.

Producto de la consulta, mediante oficio SDM-DIM- 202321011607911 la SDM remitió un archivo que contiene el resumen de las velocidades medias registradas en la aplicación WAZE para el tramo vial de la Autopista Norte entre Calles 185 y 215 en la semana del 04 al 10 de septiembre de 2023, en el horario comprendido entre las 05:00 y las 22:00 horas para ambos sentidos de circulación.

El resumen de los datos obtenidos se presenta a continuación, el cual se discrimina por sentido de circulación:

**Tabla 16.** Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 215 y CL 185. (Sentido Norte – Sur).

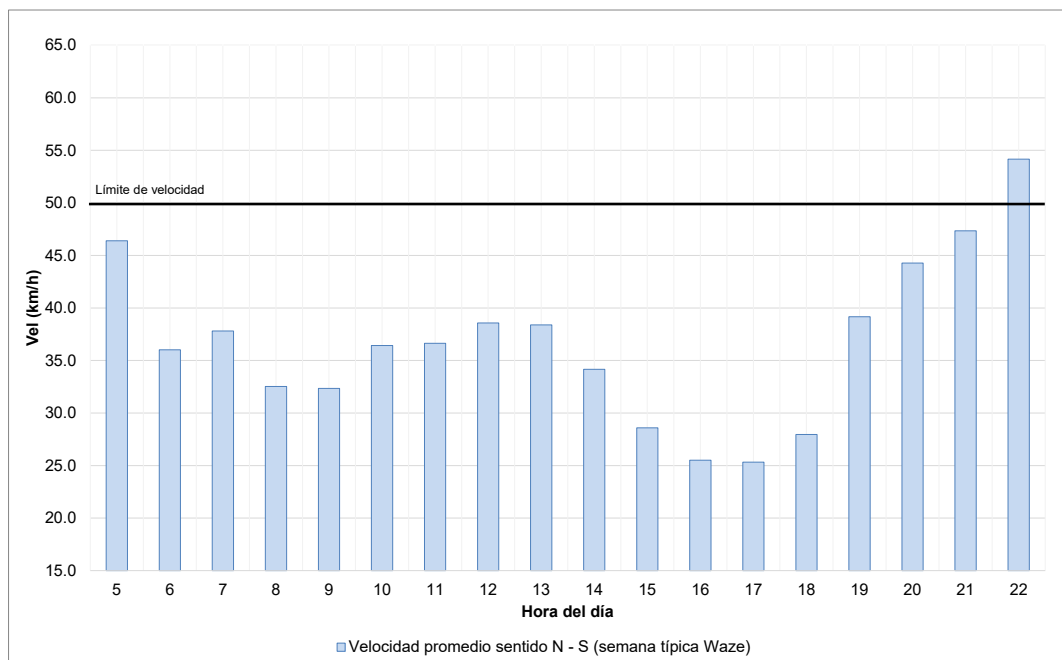
<b>Franja Horaria</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>	<b>Promedio Semanal</b>
<b>5</b>	40.7	40.7	42.1	41.0	42.2	56.6	61.5	46.4
<b>6</b>	26.5	31.0	29.3	29.3	31.3	48.4	56.4	36.0
<b>7</b>	34.1	35.7	33.7	35.3	37.0	38.1	50.7	37.8
<b>8</b>	26.2	27.1	25.1	29.6	27.3	41.4	50.8	32.5
<b>9</b>	29.5	27.6	38.9	27.5	27.1	35.4	40.5	32.3
<b>10</b>	36.3	41.5	45.2	41.3	22.9	32.1	35.7	36.4
<b>11</b>	40.0	42.0	43.8	43.0	30.2	28.7	28.8	36.6
<b>12</b>	42.9	43.3	44.4	43.9	39.7	26.6	29.2	38.6
<b>13</b>	42.2	43.7	43.8	44.2	37.1	26.6	31.2	38.4
<b>14</b>	39.8	38.3	35.9	37.4	32.7	26.8	28.2	34.2
<b>15</b>	35.1	26.4	24.1	26.9	24.4	34.9	28.2	28.6
<b>16</b>	33.3	22.7	19.0	24.2	23.7	29.3	26.3	25.5
<b>17</b>	27.8	22.0	22.8	26.4	21.6	30.9	25.9	25.3

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Franja Horaria	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio Semanal
18	36.5	27.7	29.6	27.7	21.8	27.3	24.9	28.0
19	48.6	48.4	39.8	49.1	40.4	20.8	27.1	39.2
20	53.1	48.8	45.9	51.6	45.4	38.4	26.8	44.3
21	51.0	49.8	52.5	48.6	45.0	51.0	33.5	47.3
22	62.1	57.0	58.1	58.7	51.6	54.3	37.3	54.2
<b>Promedio Semanal</b>	<b>39.2</b>	<b>37.4</b>	<b>37.4</b>	<b>38.1</b>	<b>33.4</b>	<b>36.0</b>	<b>35.7</b>	<b>36.8</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de velocidad WAZE de la SDM 2023.

**Ilustración 34.** Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 215 y CL 185. (Sentido Norte – Sur).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de velocidad WAZE de la SDM 2023.

De esta manera, se determina que la velocidad media de circulación para el tramo vial de la Autopista Norte entre CL 215 y CL 185 en sentido Norte – Sur fue de 36,8 km/h.

Así mismo, el lunes corresponde al día de la semana con las mayores velocidades registradas, mientras que los viernes y durante todo el fin de semana se registraron las menores velocidades de circulación.

La velocidad mínima registrada en sentido norte – sur se presentó el miércoles a las 16:00 horas, con un promedio de 19 km/h.

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Por su parte, la mayor velocidad registrada se presentó el lunes después de las 22:00 horas, con un promedio de 62,1 km/h, lo que supera el límite de velocidad permitida en el perímetro urbano de la Autopista norte.

Por su parte, las velocidades registradas en el sentido Sur – Norte son:

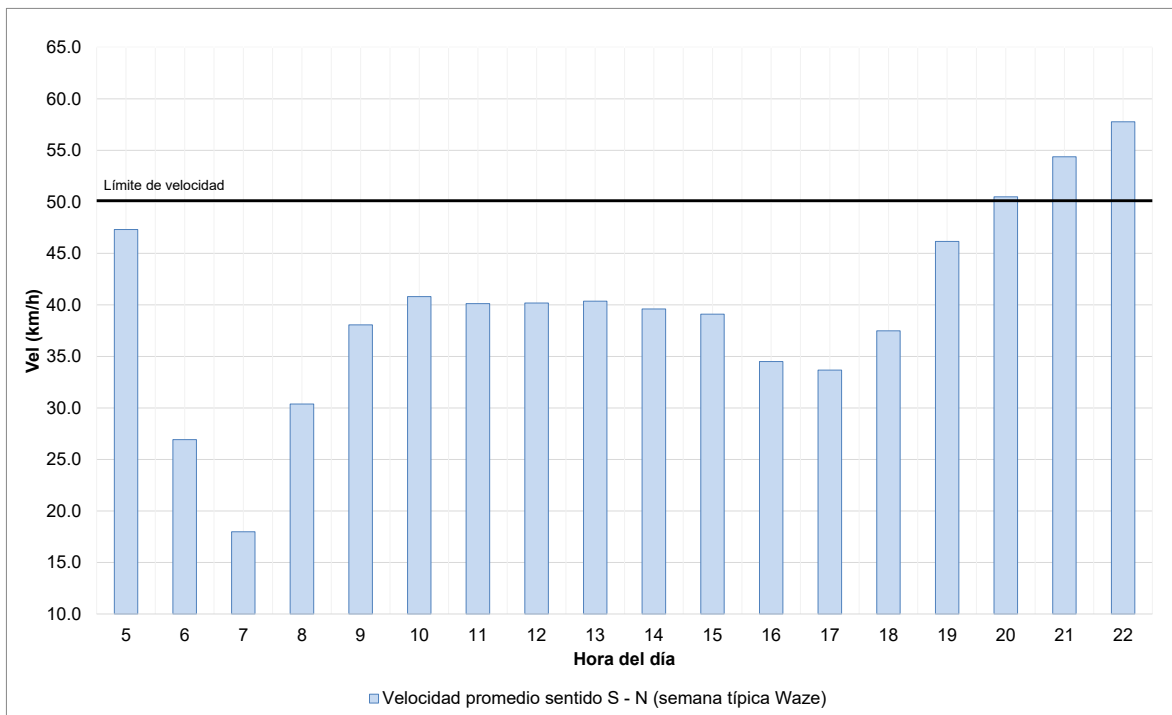
**Tabla 17.** Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 185 y CL 215. (Sentido Sur – Norte).

Franja Horaria	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio Semanal
5	45.4	44.8	45.6	44.4	42.2	48.1	60.7	47.3
6	25.4	25.3	23.2	23.0	22.2	29.8	39.7	26.9
7	16.5	15.0	17.8	14.7	14.0	18.8	29.0	18.0
8	40.8	35.4	36.5	32.0	30.7	14.5	22.8	30.4
9	48.6	46.4	46.1	41.7	34.2	28.2	21.2	38.1
10	49.3	49.2	47.4	46.1	40.4	31.1	22.2	40.8
11	49.0	48.2	47.1	46.6	43.0	31.3	15.7	40.1
12	48.0	48.4	42.8	46.9	43.6	31.9	19.6	40.2
13	48.5	46.3	39.5	45.5	39.3	32.1	31.4	40.4
14	46.5	41.3	43.2	40.5	32.5	31.1	42.1	39.6
15	43.5	42.7	36.0	39.9	32.6	30.4	48.6	39.1
16	36.9	33.8	25.7	33.8	33.6	28.5	49.2	34.5
17	46.3	37.3	15.4	23.2	31.7	36.3	45.5	33.7
18	46.5	44.4	22.7	19.6	31.2	45.8	52.2	37.5
19	49.4	48.4	42.3	42.1	40.3	47.9	52.6	46.2
20	53.5	51.1	49.8	52.0	47.1	49.9	49.9	50.5
21	57.8	55.4	55.6	54.9	50.6	54.6	51.7	54.4
22	61.5	59.2	59.6	60.0	51.6	57.4	55.2	57.8
<b>Promedio Semanal</b>	<b>45.2</b>	<b>42.9</b>	<b>38.7</b>	<b>39.3</b>	<b>36.7</b>	<b>36.0</b>	<b>39.4</b>	<b>39.7</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de velocidad WAZE de la SDM 2023.

## CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

**Ilustración 35.** Velocidades promedio en Autopista Norte entre CL 185 y CL 215. (Sentido Sur – Norte).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de velocidad WAZE de la SDM 2023.

De esta manera, se determina que la velocidad media de circulación para el tramo vial de la Autopista Norte entre CL 185 y CL 215 en sentido Sur –Norte fue de 39,7 km/h.

La velocidad registrada para el domingo concentra los menores valores durante la mañana y los mayores valores durante la tarde, de manera inversa al comportamiento habitual entre semana.

### 5.2.2 Información de TransMilenio S.A. respecto a la operación del transporte público en última milla E.C.D.I.J.G.

Con el fin de conocer la operación del sistema de transporte público en la última milla de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se solicita a TransMilenio S.A. información relacionada con la operación de las rutas alimentadoras y del SITP que operan actualmente sobre la Autopista Norte.



## CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Mediante radicado 2023-ER-47018, se solicita información del número de rutas operativas, frecuencias, velocidades de circulación y registro de ocupación visual de los buses durante el transcurso del día.

Al respecto, TransMilenio S.A. remitió toda la información solicitada mediante oficio 2023-EE-25947. Los resultados obtenidos de esta consulta se presentan a continuación:

**NOTA:** Tanto los comunicados como la información obtenida se presentan como un anexo del proyecto.

### 5.2.2.1 Rutas alimentadoras

En el tramo que comprende la Autopista Norte entre Av. Calle 183 y Calle 215, transitan las rutas alimentadoras descritas a continuación, las cuales discriminan el intervalo programado durante un día hábil:

**Tabla 18.** Intervalos programados para las rutas alimentadoras 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 y B924 para un día hábil.

Nombre	Intervalo Pico Am (HH:MM:SS)	Intervalo Valle (HH:MM:SS)	Intervalo Pico Pm (HH:MM:SS)
2-1 Mirandela	00:04:00	00:11:00	00:04:00
2-2 Jardines	00:04:30	00:08:00	00:05:30
2-3 San Antonio	00:03:45	00:06:15	00:03:30
2-4 El Codito	00:03:30	00:06:00	00:04:00
B924 Guaymaral	00:09:00	00:12:00	00:11:15

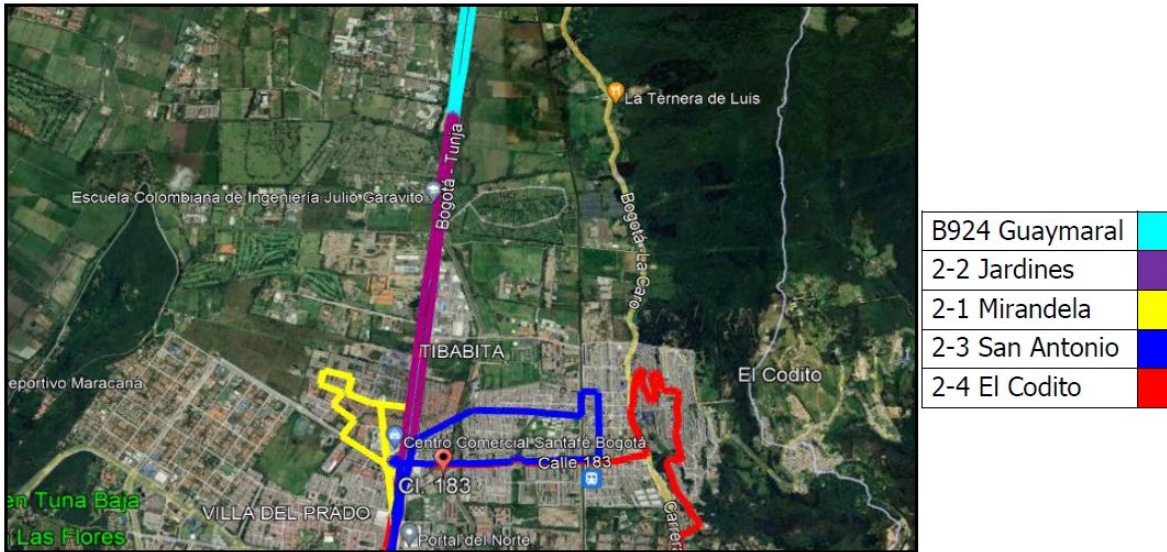
Fuente: TransMilenio S.A.

Para efectos de este proyecto, la ruta alimentadora que atiende la última milla de la comunidad universitaria que informa haber utilizado TransMilenio o alimentador como el modo principal de transporte durante su último viaje es la ruta 2-2 Jardines.

El trazado general de las rutas alimentadoras informadas por TransMilenio S.A. se presenta en la siguiente ilustración:

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

**Ilustración 36. Trazado rutas alimentadoras 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 y B924.**



Fuente: TransMilenio S.A.

**5.2.2.2 Rutas del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)**

De manera análoga, TransMilenio S.A. entregó el listado de rutas que operan actualmente en la malla vial que da acceso a las instalaciones de la Universidad. En total, operan 25 rutas en ambos sentidos de circulación, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 19. Rutas SITP en Autopista Norte entre Calle 183 y Calle 215.**

No. Ruta	Código
1	BG902
2	402
3	BF404
4	T11
5	T25
6	19-12
7	T52
8	661
9	330
10	18-3
11	291
12	T163
13	19-9
14	BH907

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

No. Ruta	Código
15	Z8
16	TC10
17	Z4B
18	E44
19	P49
20	T55
21	BF401
22	BC917
23	BA900
24	BL919
25	BF918

Fuente: TransMilenio S.A.

De manera adicional, esta entidad entregó los intervalos y frecuencias programadas para todas las rutas descritas en horario pico de mañana, tarde y durante el periodo valle.

Con el fin de conocer los resultados, se presenta el detalle de la información entregada para una de las rutas SITP que es utilizada por la comunidad universitaria como medio complementario al alimentador:

- **Intervalo y frecuencia diaria - Ruta SITP E44:**

*Tabla 20. Intervalo y frecuencia ruta SITP E44.*

Ruta comercial	Punto de inicio de viaje	Periodo	Promedio de Intervalo programados (hh:mm:ss)	Promedio de Frecuencia programada (Buses/hora)
<b>E44</b>	908V12_Br. Brisas del Llano	Pico am	00:08:41	7
<b>E44</b>	908V12_Br. Brisas del Llano	Pico pm	00:16:46	4
<b>E44</b>	908V12_Br. Brisas del Llano	Periodo valle	00:11:40	5
<b>E44</b>	973V02_Estación Terminal Norte	Pico am	00:14:06	4
<b>E44</b>	973V02_Estación Terminal Norte	Pico pm	00:10:24	6
<b>E44</b>	973V02_Estación Terminal Norte	Periodo valle	00:08:40	7

Fuente: TransMilenio S.A.

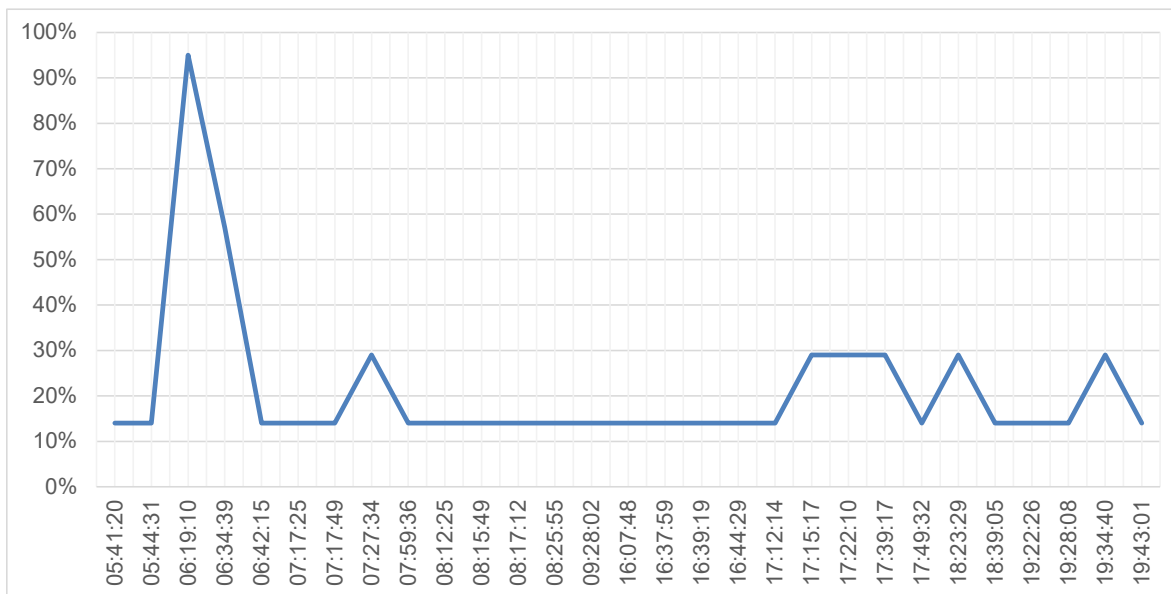
## CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Finalmente, se solicita a TransMilenio S.A. información del estudio de ocupación visual más reciente del paradero SITP ubicado en el costado oriental de la Autopista Norte por Calle 187.

Ante la consulta, dicha entidad remitió la información correspondiente al miércoles 07 de junio de 2023. A continuación, se presentan los resultados del estudio de ocupación visual para la **ruta SITP E44** en el paradero de la Autopista Norte por Calle 187:

- **Factor de ocupación Ruta SITP E44 sentido sur – norte, paradero Auto Norte X CL 187:**

**Ilustración 37.** Porcentaje Ocupación ruta SITP E44 sentido sur – norte, paradero Auto Norte X CL 187.



Fuente: Elaboración propia a partir de estudio de ocupación TransMilenio 2023.

Estos resultados demuestran una ocupación máxima de 0,97 a las 06:19 am, con un factor de ocupación medio de 0,24 durante la mañana y de 0,19 durante la tarde. Al respecto, se encuentra que la toma de información desarrollada por TransMilenio S.A. se hizo en periodo de vacaciones de mitad de año para los estudiantes de la Escuela Colombia de Ingeniería Julio Garavito.

### **5.2.2.3 Velocidad media de rutas SITP**

En el tramo de la Autopista Norte entre Calle 183 y Calle 215, TransMilenio registra el siguiente promedio de velocidades para las rutas SITP durante un día hábil de la semana (20 de septiembre de 2023):

**Tabla 21.** Velocidades promedio SITP en Autopista Norte entre Av. CL 183 y CL 215, sentido N - S.

<b>Hora</b>	<b>Velocidad media SITP sentido N-S (km/h)</b>
<b>3</b>	39.74
<b>4</b>	38.83
<b>5</b>	28.76
<b>6</b>	27.04
<b>7</b>	28.73
<b>8</b>	30.15
<b>9</b>	31.98
<b>10</b>	30.96
<b>11</b>	30.45
<b>12</b>	29.95
<b>13</b>	29.64
<b>14</b>	29.75
<b>15</b>	28.54
<b>16</b>	29.67
<b>17</b>	27.28
<b>18</b>	27.76
<b>19</b>	30.40
<b>20</b>	34.18
<b>21</b>	36.28
<b>22</b>	36.82
<b>23</b>	39.85

Fuente: TransMilenio S.A.

Con un promedio de 31,75 km/h, el registro de velocidades de TransMilenio demuestra que la velocidad media de circulación para las rutas SITP no presenta la misma variación respecto a los datos obtenidos por la plataforma Waze para vehículos mixtos.

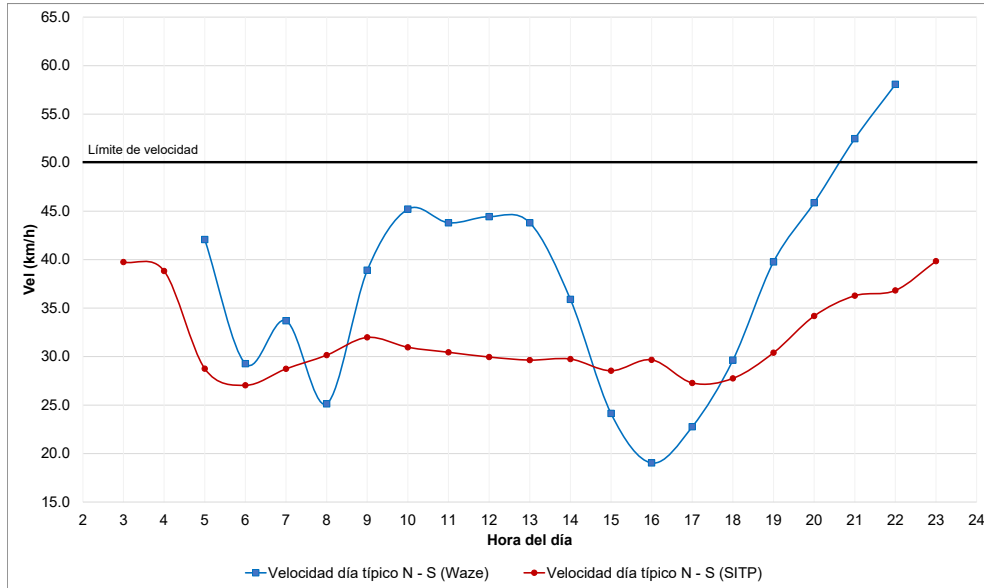
Al igual que los vehículos mixtos, la velocidad aumenta después de las 18:00 horas hasta llegar a su registro máximo de casi 40 km/h. A diferencia de los mixtos, el registro de

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

velocidades obtenidas en un día típico no supera los límites de velocidad permitidos para la zona urbana de la Autopista Norte.

La diferencia entre las velocidades registradas para vehículos mixtos y para las rutas SITP se presenta a gráficamente a continuación:

**Ilustración 38. Comparación de velocidad entre mixtos y buses SITP sentido N - S.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de velocidad SDM y TransMilenio.

Con relación a la velocidad registrada para las rutas SITP en sentido S – N, se tienen los siguientes datos:

**Tabla 22. Velocidades promedio SITP en Autopista Norte entre Av. CL 183 y CL 215, sentido S - N.**

Hora	Velocidad media SITP sentido S-N (km/h)
4	35.38
5	28.35
6	14.20
7	6.21
8	9.50
9	12.32
10	21.73
11	30.17
12	28.09
13	29.48

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

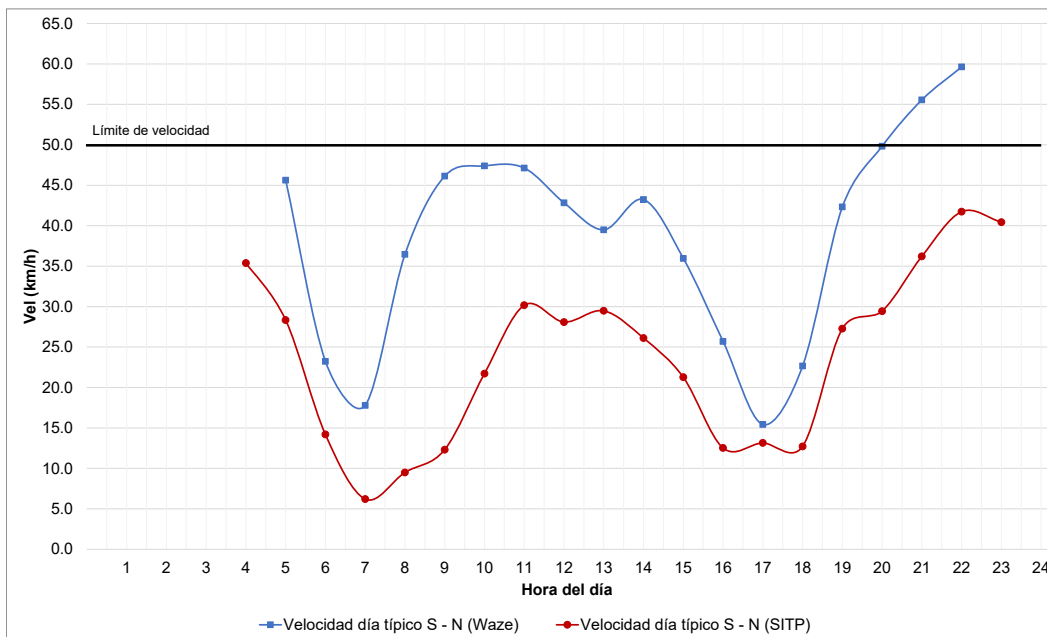
<b>Hora</b>	<b>Velocidad media SITP sentido S-N (km/h)</b>
<b>14</b>	26.12
<b>15</b>	21.27
<b>16</b>	12.53
<b>17</b>	13.15
<b>18</b>	12.72
<b>19</b>	27.27
<b>20</b>	29.44
<b>21</b>	36.21
<b>22</b>	41.74
<b>23</b>	40.44

Fuente: TransMilenio S.A.

A diferencia del sentido norte – sur, en el sentido de circulación sur – norte las rutas SITP se ajustan a la variación de velocidad para vehículos mixtos, con velocidades mínimas de 6,21 km/h a las 07:00 a.m. y velocidades máximas superiores a los 40 km/h después de las 22:00 horas.

La diferencia entre las velocidades registradas para vehículos mixtos y para las rutas SITP se presenta a gráficamente a continuación:

**Ilustración 39.** Comparación de velocidad entre mixtos y buses SITP sentido S - N.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de velocidad SDM y TransMilenio.

## **CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

En todos los casos la velocidad registrada en un día típico para el SITP es inferior a las velocidades registradas para los vehículos mixtos. Lo anterior, producto de las maniobras realizadas para el ascenso y descenso de pasajeros.

### **5.2.3 Volúmenes Autopista Norte y Hora de Máxima Demanda (HMD).**

Para conocer la hora en la que más circulan vehículos en el tramo vial de la Autopista norte entre Av. Calle 183 y Calle 215, mediante radicado CRBN-E-001937 del 21 de septiembre de 2023 se solicitó información de aforos vehiculares a la Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S.

En respuesta, el especialista de tránsito delegado remitió los aforos levantados entre agosto y septiembre de 2022 para la elaboración del Estudio de Tránsito del proyecto.

Para ello, se utilizó la información de aforos vehiculares registrada en la estación Maestra ubicada en la Autopista Norte con Calle 192/194, la cual levantó información primaria las 24 horas del día durante un día típico de la semana.

Se aclara que, para la determinación de los volúmenes equivalentes se tomaron los factores determinados por la SDM para las categorías más comunes de aforo:

*Tabla 23. Factores de equivalencia para volúmenes vehiculares.*

<b>Categoría Vehicular</b>	<b>Factor de Equivalencia</b>
Livianos	1.0
Buses	2.0
Camiones	2.5
Motocicletas	0.5

Fuente: Dirección de Inteligencia para la Movilidad - SDM.

Por consiguiente, la información obtenida fue clasificada por sentido de circulación y se presenta procesada a continuación:



**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

*Tabla 24. Volúmenes vehiculares horarios, estación Maestra AutoNorte X CL 194 sentido N – S.*

PERIODO	1				TOTAL MIXTOS	EQUIVALENTES
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
0:00 - 1:00	334	61	167	74	636	912
0:15 - 1:15	266	41	156	58	521	768
0:30 - 1:30	222	32	134	47	435	645
0:45 - 1:45	201	29	128	42	400	600
1:00 - 2:00	177	21	139	26	363	580
1:15 - 2:15	162	14	132	25	333	533
1:30 - 2:30	155	8	135	22	320	520
1:45 - 2:45	146	7	130	20	303	496
2:00 - 3:00	146	10	111	26	293	457
2:15 - 3:15	136	14	116	26	292	468
2:30 - 3:30	157	16	125	33	331	519
2:45 - 3:45	162	21	134	39	356	559
3:00 - 4:00	200	30	167	41	438	699
3:15 - 4:15	241	55	217	42	555	915
3:30 - 4:30	280	76	246	45	647	1070
3:45 - 4:45	383	134	300	53	870	1428
4:00 - 5:00	497	209	342	66	1114	1803
4:15 - 5:15	686	270	385	101	1442	2239
4:30 - 5:30	1022	361	405	137	1925	2825
4:45 - 5:45	1506	370	406	218	2500	3370
5:00 - 6:00	2072	334	373	294	3073	3820
5:15 - 6:15	2587	308	314	458	3667	4218
5:30 - 6:30	2776	278	309	631	3994	4421
5:45 - 6:45	2800	290	285	757	4132	4472
6:00 - 7:00	2644	336	293	871	4144	4485
6:15 - 7:15	2497	375	295	922	4089	4446
6:30 - 7:30	2385	374	255	947	3961	4245
6:45 - 7:45	2174	361	219	922	3676	3906
7:00 - 8:00	2015	349	195	918	3477	3661
7:15 - 8:15	1857	336	188	850	3231	3426
7:30 - 8:30	1906	347	211	752	3216	3505
7:45 - 8:45	2041	374	260	707	3382	3794
8:00 - 9:00	2135	390	268	614	3407	3893
8:15 - 9:15	2242	408	301	546	3497	4084
8:30 - 9:30	2307	413	328	541	3589	4224
8:45 - 9:45	2393	411	334	539	3677	4320
9:00 - 10:00	2520	395	367	566	3848	4511
9:15 - 10:15	2531	373	359	581	3844	4466

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

PERIODO	1				TOTAL MIXTOS	EQUIVALENTES
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
9:30 - 10:30	2566	337	376	567	3846	4465
9:45 - 10:45	2576	307	404	553	3840	4478
10:00 - 11:00	2510	284	410	569	3773	4389
10:15 - 11:15	2512	256	429	572	3769	4384
10:30 - 11:30	2457	240	419	556	3672	4264
10:45 - 11:45	2403	234	423	555	3615	4207
11:00 - 12:00	2524	224	435	573	3756	4347
11:15 - 12:15	2615	221	433	585	3854	4433
11:30 - 12:30	2689	228	432	637	3986	4544
11:45 - 12:45	2736	237	422	664	4059	4598
12:00 - 13:00	2672	269	424	648	4013	4595
12:15 - 13:15	2608	316	409	646	3979	4586
12:30 - 13:30	2562	331	396	647	3936	4538
12:45 - 13:45	2536	315	394	645	3890	4474
13:00 - 14:00	2518	300	384	647	3849	4402
13:15 - 14:15	2506	268	412	631	3817	4388
13:30 - 14:30	2370	282	402	611	3665	4245
13:45 - 14:45	2388	335	387	619	3729	4335
14:00 - 15:00	2389	386	374	616	3765	4404
14:15 - 15:15	2351	421	336	659	3767	4363
14:30 - 15:30	2414	479	322	662	3877	4509
14:45 - 15:45	2215	512	298	613	3638	4292
15:00 - 16:00	2154	529	297	631	3611	4272
15:15 - 16:15	2239	514	326	701	3780	4434
15:30 - 16:30	2273	467	357	784	3881	4493
15:45 - 16:45	2381	428	382	938	4129	4662
16:00 - 17:00	2461	361	391	1051	4264	4687
16:15 - 17:15	2458	357	385	1132	4332	4702
16:30 - 17:30	2476	333	376	1324	4509	4745
16:45 - 17:45	2502	324	373	1469	4668	4818
17:00 - 18:00	2384	351	349	1555	4639	4737
17:15 - 18:15	2311	347	323	1553	4534	4590
17:30 - 18:30	2245	337	308	1415	4305	4398
17:45 - 18:45	2193	333	271	1212	4009	4144
18:00 - 19:00	2201	303	263	1030	3797	3981
18:15 - 19:15	2110	286	268	889	3553	3798
18:30 - 19:30	2073	318	292	814	3497	3847
18:45 - 19:45	2023	321	326	729	3399	3846
19:00 - 20:00	2035	323	355	665	3378	3902

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

PERIODO	1				TOTAL MIXTOS	EQUIVALENTES
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
19:15 - 20:15	1952	324	351	593	3220	3775
19:30 - 20:30	1900	285	310	505	3000	3499
19:45 - 20:45	1949	250	288	470	2957	3405
20:00 - 21:00	1820	231	245	414	2710	3103
20:15 - 21:15	1977	211	223	354	2765	3135
20:30 - 21:30	2200	196	221	299	2916	3295
20:45 - 21:45	2156	184	197	294	2831	3165
21:00 - 22:00	2099	170	198	266	2733	3068
21:15 - 22:15	1906	183	201	257	2547	2904
21:30 - 22:30	1522	169	200	249	2140	2486
21:45 - 22:45	1319	161	226	203	1909	2309
22:00 - 23:00	1232	170	211	191	1804	2197
22:15 - 23:15	1082	135	213	177	1607	1975
22:30 - 23:30	961	123	205	142	1431	1792
22:45 - 23:45	774	116	173	108	1171	1494
23:00 - 0:00	597	91	172	98	958	1259
<b>MÁXIMA DEMANDA</b>					<b>4668</b>	<b>4818</b>
<b>FHP</b>					<b>0.97</b>	<b>0.97</b>
<b>VHMD</b>	<b>2502</b>	<b>324</b>	<b>373</b>	<b>1469</b>		
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>54%</b>	<b>7%</b>	<b>8%</b>	<b>31%</b>	<b>100.00%</b>	
<b>VDÍA</b>	<b>42336</b>	<b>6127</b>	<b>6930</b>	<b>12450</b>		
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>62%</b>	<b>9%</b>	<b>10%</b>	<b>18%</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de información del 2022, Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S.

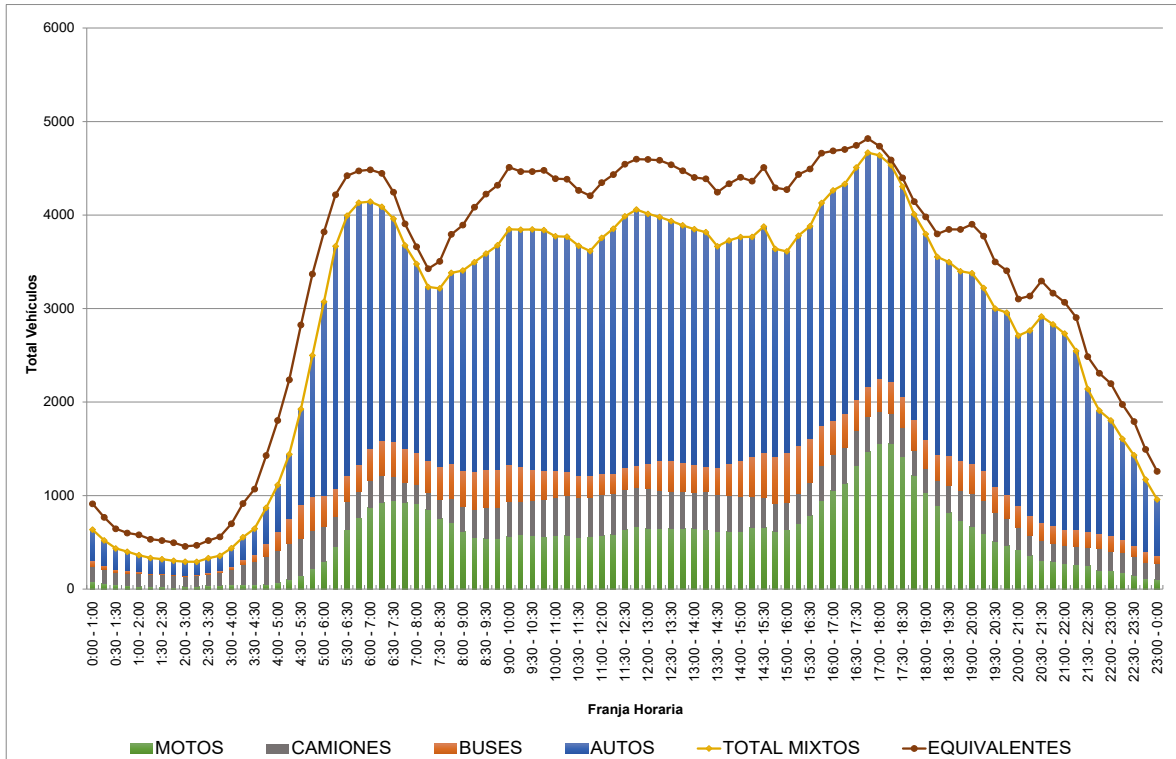
Obteniendo que la HMD registrada en la Autopista Norte con Calle 194 durante un día típico del 2022 **en el sentido de circulación norte – sur, se presentó en la tarde entre las 16:45 y las 17:45 horas**, con un total de 4.818 vehículos equivalentes.

A pesar de que el porcentaje de motos es del 18 % durante todo el día, en la HMD se refleja que la participación de motocicletas aumenta hasta el 31 %, representando la tercera parte del total de vehículos mixtos que circulan sobre la calzada occidental de la Autopista Norte.

De manera gráfica, el histograma que representa la variación del volumen vehicular horario durante un día típico se presenta a continuación:

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

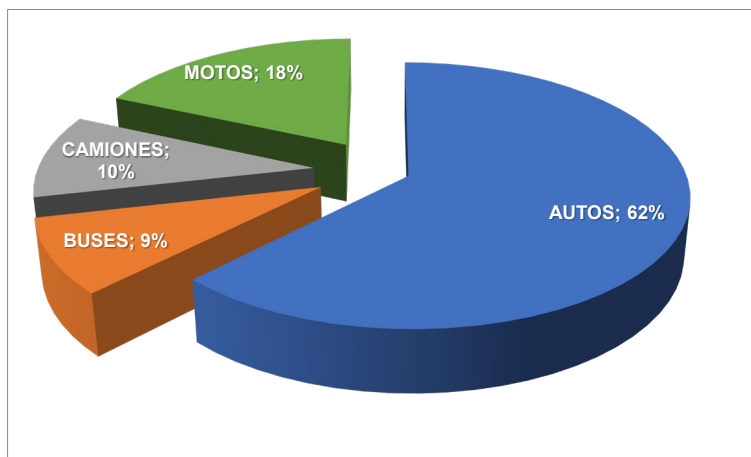
**Ilustración 40. Histograma volúmenes vehiculares horarios sentido N – S.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S.

Por su parte, la composición vehicular presenta el siguiente comportamiento:

**Ilustración 41. Composición vehicular sentido N – S.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S.

De la misma manera se presenta el resumen de datos procesados en la Autopista Norte por Calle 192 en sentido sur – norte:

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

*Tabla 25. Volúmenes vehiculares horarios, estación Maestra AutoNorte X CL 192 sentido S – N.*

PERIODO	2				TOTAL MIXTOS	EQUIVALENTES
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
0:00 - 1:00	332	62	99	57	550	733
0:15 - 1:15	288	42	100	48	478	647
0:30 - 1:30	257	25	96	42	420	569
0:45 - 1:45	207	22	72	34	335	449
1:00 - 2:00	171	15	71	28	285	394
1:15 - 2:15	141	8	64	22	235	329
1:30 - 2:30	124	5	67	19	215	312
1:45 - 2:45	117	4	77	13	211	325
2:00 - 3:00	131	3	87	16	237	363
2:15 - 3:15	131	5	93	23	252	386
2:30 - 3:30	143	8	110	30	291	450
2:45 - 3:45	164	12	121	36	333	510
3:00 - 4:00	171	13	131	39	354	546
3:15 - 4:15	222	16	164	44	446	688
3:30 - 4:30	307	28	180	62	577	846
3:45 - 4:45	421	44	225	101	791	1124
4:00 - 5:00	567	70	251	140	1028	1406
4:15 - 5:15	776	110	291	189	1366	1819
4:30 - 5:30	1126	160	329	263	1878	2401
4:45 - 5:45	1582	205	357	362	2506	3066
5:00 - 6:00	2143	228	353	472	3196	3718
5:15 - 6:15	2527	275	315	639	3756	4185
5:30 - 6:30	2567	324	256	812	3959	4262
5:45 - 6:45	2476	362	195	1069	4102	4223
6:00 - 7:00	2083	435	162	1288	3968	4003
6:15 - 7:15	1800	510	140	1468	3918	3905
6:30 - 7:30	1535	612	132	1488	3767	3834
6:45 - 7:45	1388	736	115	1327	3566	3812
7:00 - 8:00	1485	746	125	1220	3576	3901
7:15 - 8:15	1580	674	136	1105	3495	3822
7:30 - 8:30	1710	549	151	995	3405	3684
7:45 - 8:45	1890	416	205	979	3490	3725
8:00 - 9:00	2103	411	256	946	3716	4039
8:15 - 9:15	2254	443	319	848	3864	4362
8:30 - 9:30	2590	452	399	882	4323	4933
8:45 - 9:45	2658	462	431	828	4379	5074

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

PERIODO	2				TOTAL MIXTOS	EQUIVALENTES
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
9:00 - 10:00	2657	422	469	775	4323	5061
9:15 - 10:15	2618	394	497	758	4267	5028
9:30 - 10:30	2521	362	512	707	4102	4879
9:45 - 10:45	2414	305	501	709	3929	4632
10:00 - 11:00	2403	284	495	659	3841	4539
10:15 - 11:15	2277	260	462	601	3600	4253
10:30 - 11:30	2235	269	446	578	3528	4178
10:45 - 11:45	2313	283	451	570	3617	4292
11:00 - 12:00	2255	270	443	587	3555	4197
11:15 - 12:15	2392	262	446	632	3732	4348
11:30 - 12:30	2477	242	445	626	3790	4387
11:45 - 12:45	2465	248	449	623	3785	4396
12:00 - 13:00	2526	268	432	620	3846	4453
12:15 - 13:15	2579	291	423	591	3884	4515
12:30 - 13:30	2508	310	388	556	3762	4377
12:45 - 13:45	2601	332	373	547	3853	4472
13:00 - 14:00	2607	331	374	501	3813	4455
13:15 - 14:15	2570	338	373	478	3759	4418
13:30 - 14:30	2689	338	386	521	3934	4591
13:45 - 14:45	2699	318	373	514	3904	4525
14:00 - 15:00	2804	313	365	594	4076	4640
14:15 - 15:15	2904	286	364	675	4229	4724
14:30 - 15:30	2859	276	357	729	4221	4669
14:45 - 15:45	2801	294	365	756	4216	4680
15:00 - 16:00	2604	305	348	684	3941	4427
15:15 - 16:15	2592	319	321	679	3911	4373
15:30 - 16:30	2535	340	311	635	3821	4311
15:45 - 16:45	2537	330	288	648	3803	4242
16:00 - 17:00	2642	344	288	791	4065	4446
16:15 - 17:15	2521	335	268	784	3908	4254
16:30 - 17:30	2529	316	259	831	3935	4225
16:45 - 17:45	2600	325	262	909	4096	4361
17:00 - 18:00	2476	287	232	864	3859	4064
17:15 - 18:15	2551	284	245	941	4021	4204
17:30 - 18:30	2542	286	242	937	4007	4189
17:45 - 18:45	2417	278	214	820	3729	3919
18:00 - 19:00	2487	287	230	765	3769	4019

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

PERIODO	2				TOTAL MIXTOS	EQUIVALENTES
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
18:15 - 19:15	2473	266	217	680	3636	3888
18:30 - 19:30	2507	264	201	618	3590	3847
18:45 - 19:45	2621	262	228	616	3727	4024
19:00 - 20:00	2609	276	251	589	3725	4084
19:15 - 20:15	2675	307	265	545	3792	4225
19:30 - 20:30	2336	307	232	481	3356	3772
19:45 - 20:45	1954	286	187	424	2851	3207
20:00 - 21:00	1638	253	133	373	2397	2665
20:15 - 21:15	1251	229	94	325	1899	2108
20:30 - 21:30	1223	207	97	315	1842	2038
20:45 - 21:45	1313	208	97	318	1936	2131
21:00 - 22:00	1314	192	89	302	1897	2072
21:15 - 22:15	1380	192	88	299	1959	2134
21:30 - 22:30	1426	177	97	303	2003	2175
21:45 - 22:45	1270	167	88	280	1805	1965
22:00 - 23:00	1281	166	103	273	1823	2008
22:15 - 23:15	1194	141	100	241	1676	1848
22:30 - 23:30	1174	136	97	210	1617	1795
22:45 - 23:45	1205	125	121	185	1636	1852
23:00 - 0:00	1120	138	120	160	1538	1778
<b>MÁXIMA DEMANDA</b>					<b>4379</b>	<b>5074</b>
<b>FHP</b>					<b>0.90</b>	<b>0.91</b>
<b>VHMD</b>	<b>2658</b>	<b>462</b>	<b>431</b>	<b>828</b>		
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>61%</b>	<b>11%</b>	<b>10%</b>	<b>19%</b>	<b>100.00%</b>	
<b>VDÍA</b>	<b>42609</b>	<b>6119</b>	<b>5907</b>	<b>12743</b>		
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>63%</b>	<b>9%</b>	<b>9%</b>	<b>19%</b>	<b>100.00%</b>	

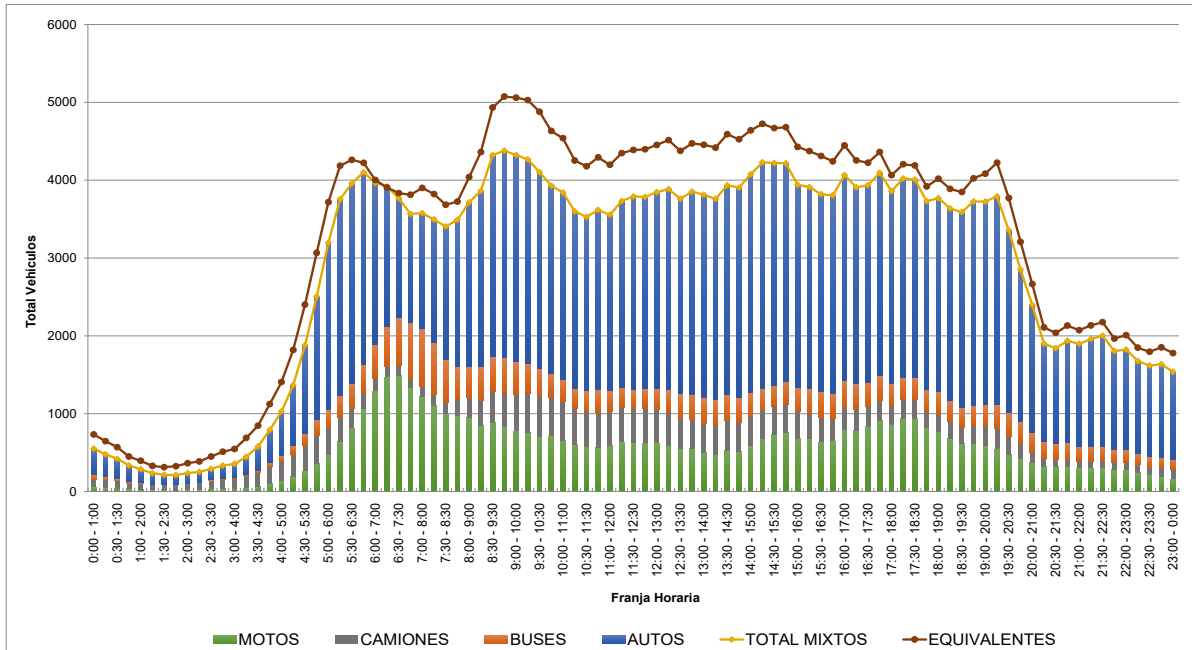
Fuente: Elaboración propia a partir de información del 2022, Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S.

Obteniendo que la HMD registrada en la Autopista Norte con Calle 192 durante un día típico del 2022 en el sentido de circulación sur – norte, se presentó en la mañana entre las 08:45 y las 09:45 horas, con un total de 5.074 vehículos mixtos.

De manera gráfica, el histograma que representa la variación del volumen vehicular horario durante un día típico se presenta a continuación:

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

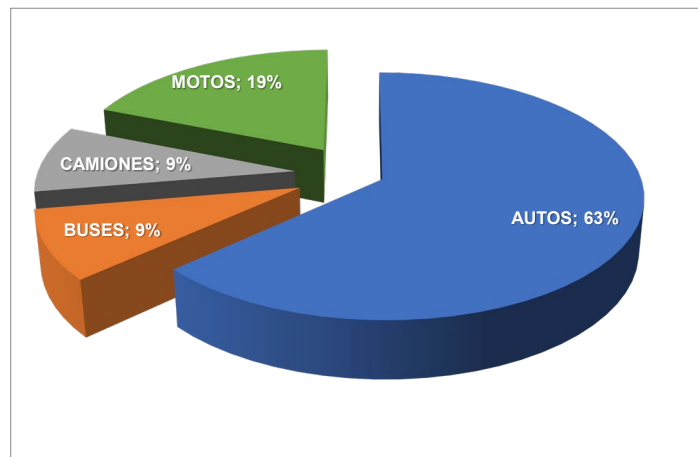
**Ilustración 42. Histograma volúmenes vehiculares horarios sentido S – N.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S.

Por su parte, la composición vehicular presentó el siguiente comportamiento:

**Ilustración 43. Composición Vehicular sentido S – N.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Concesionaria Ruta Bogotá Norte S.A.S.

La composición vehicular demuestra la importancia de la participación de motocicletas para el corredor vial de la Autopista Norte.

Así mismo, la composición de vehículos durante todo un día típico es igual para ambos sentidos de circulación.



### 5.2.4 Análisis de siniestralidad

De acuerdo con la información de Siniestralidad que reposa en el Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana Regional - SIMUR, se realiza un análisis a partir de los datos registrados en los últimos cinco (5) años (2019 – 2023). Los resultados obtenidos se presentan en los siguientes numerales:

#### 5.2.4.1 Comportamiento interanual de los siniestros viales ocurridos según su gravedad.

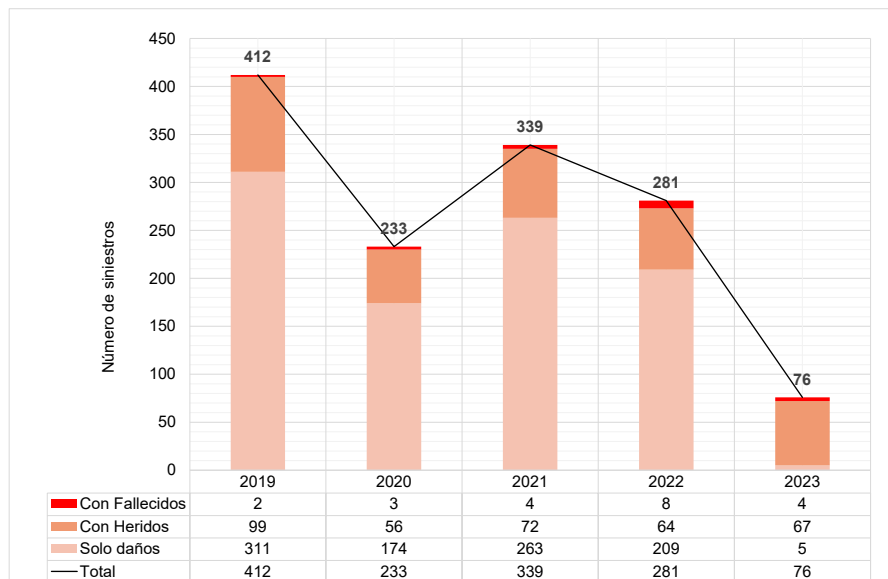
La concentración de siniestros viales ocurridos durante los últimos 5 años en el área de influencia del proyecto, se presenta clasificada según su gravedad a continuación:

**Tabla 26.** Siniestros viales de los últimos cinco (5) años clasificados según la gravedad.

Año	Con Heridos	Con Fallecidos	Solo daños	Total
2019	99	2	311	412
2020	56	3	174	233
2021	72	4	263	339
2022	64	8	209	281
2023	67	4	5	76
<b>Total</b>	<b>358</b>	<b>21</b>	<b>962</b>	<b>1341</b>

Fuente: Elaboración propia

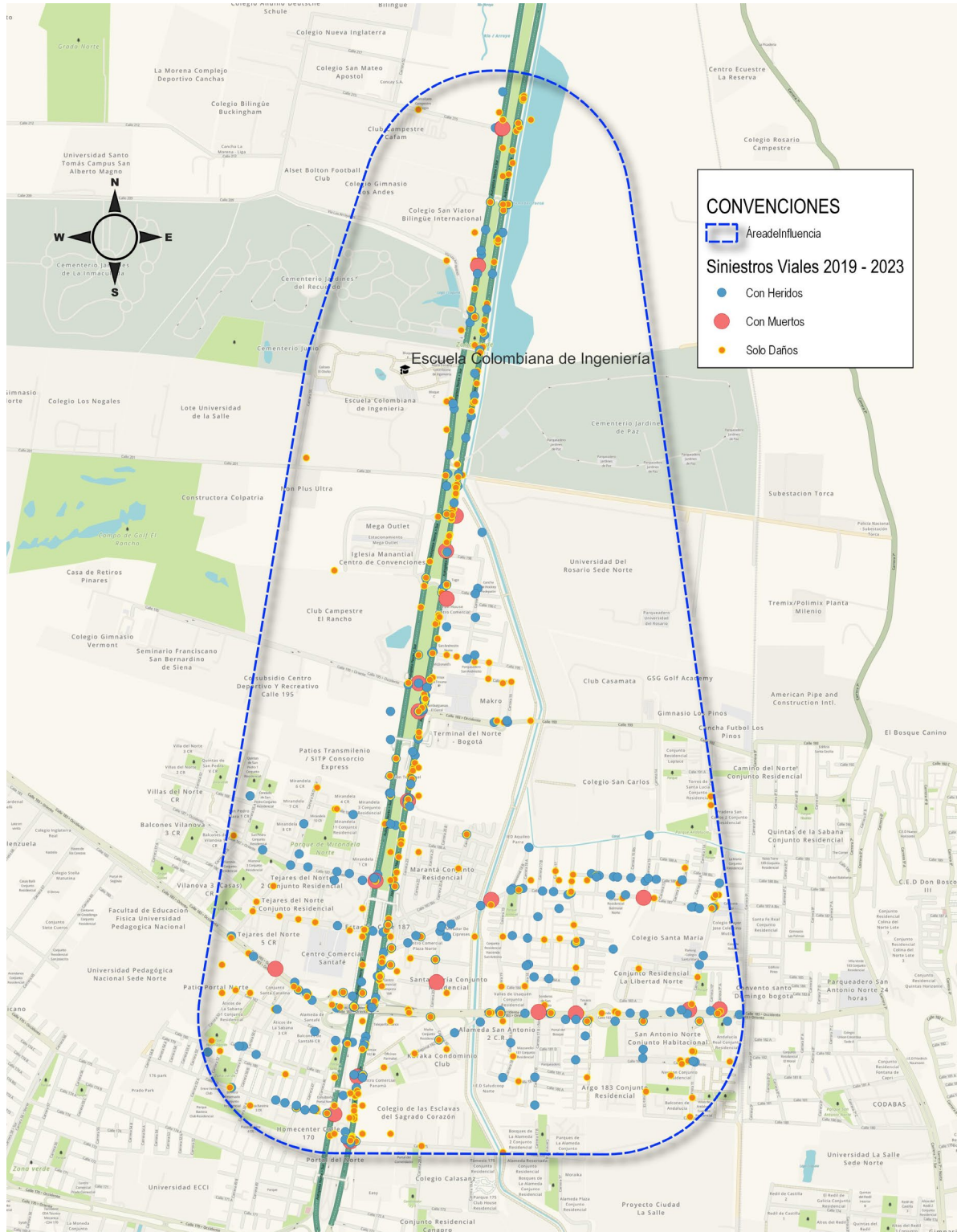
**Ilustración 44.** Comportamiento interanual de siniestralidad para los últimos cinco (5) años.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

## CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

**Ilustración 45. Siniestros viales ocurridos en el área de influencia del proyecto.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

En total, se registra un total de 1341 siniestros viales para los últimos cinco (5) años de registro. Estos valores demuestran que el año de mayor ocurrencia de siniestros viales corresponde al 2019. No obstante, durante el año 2022 se presentaron la mayor cantidad de siniestros viales con víctimas fatales.

**5.2.4.2 Día y hora de mayor ocurrencia de siniestros viales.**

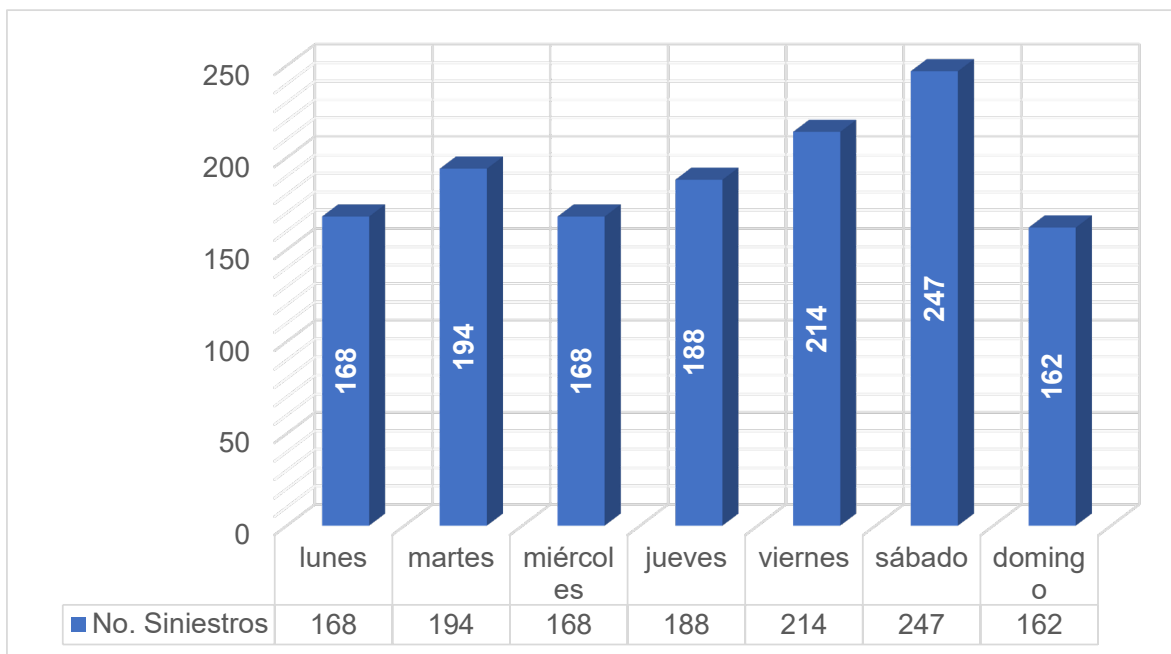
Con el fin de conocer el día en el que más se reportan siniestros viales, de los datos obtenidos para el área de influencia se encontró que:

**Tabla 27.** Número de siniestros viales discriminados por día de la semana.

Día semana	No. Siniestros
lunes	168
martes	194
miércoles	168
jueves	188
viernes	214
sábado	247
domingo	162
<b>Total</b>	<b>1341</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**Ilustración 46.** Número de siniestros viales discriminados por día de la semana.



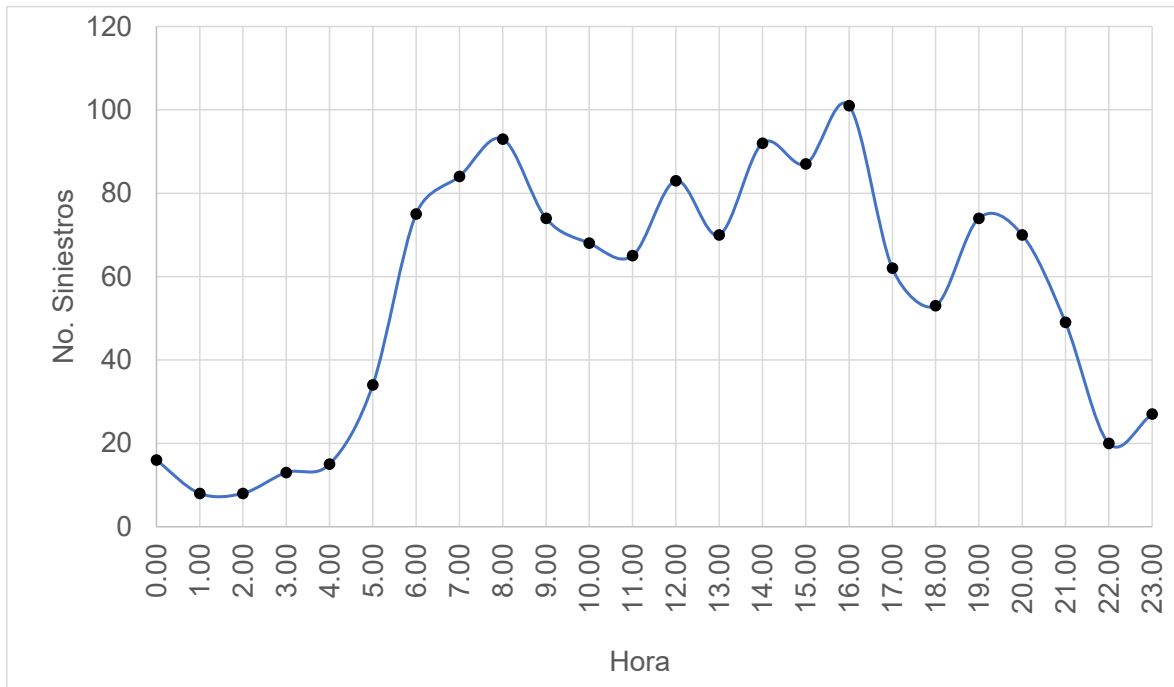
Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

## CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

El día de la semana en el que más ocurren siniestros es el sábado, seguido del viernes.

Respecto a la hora en donde más ocurren los siniestros viales para el área de influencia del proyecto, de la información obtenida, se encuentra que:

**Ilustración 47.** Número de siniestros viales discriminados por hora de ocurrencia.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

En los últimos cinco años se registran siniestros viales durante todas las horas del día, con la mayor cantidad de eventos reportados durante las horas pico de la mañana y de la tarde (08:00 y 16:00, respectivamente).

### **5.2.4.3 Número total de lesionados según la condición de la víctima**

Para conocer el actor vial que más sufrió lesiones a causa de los siniestros viales ocurridos durante los últimos cinco (5) años, a continuación, se discrimina el número total de personas lesionadas cada año según la condición de la víctima:

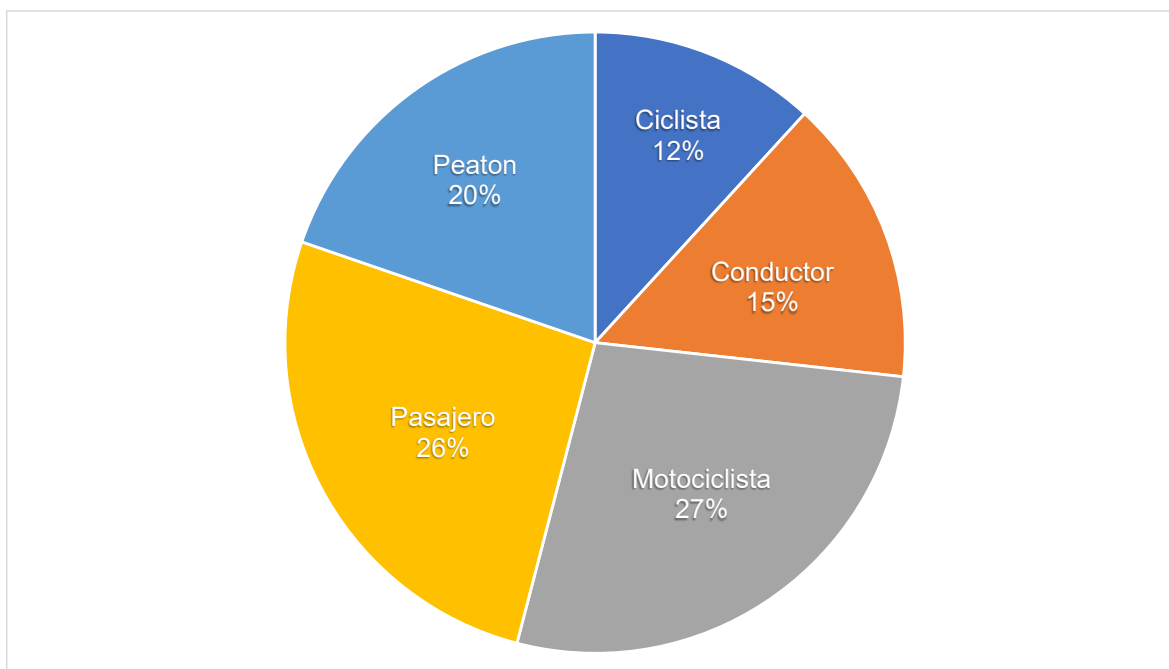
**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

**Tabla 28.** Número de personas lesionadas anualmente según la condición de la víctima.

Condición de la víctima	No. Lesionados en siniestros viales con heridos					Total general
	2019	2020	2021	2022	2023	
Ciclista	14	10	17	10	13	64
Conductor	8	10	14	19	30	81
Motociclista	33	19	29	33	34	148
Pasajero	26	28	17	34	37	142
Peatón	44	14	25	12	12	107
<b>Total general</b>	<b>125</b>	<b>81</b>	<b>102</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>542</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**Ilustración 48.** Distribución de lesionados según la condición de la víctima.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

Con un número similar de lesionados en los últimos cinco años, se determina que el actor vial más vulnerable a sufrir una lesión a causa de los siniestros viales reportados es el motociclista con un 27 % del total de personas que registraron haber sufrido una lesión.

**5.2.4.4 Número total de lesionados según rango etario y condición de la víctima**

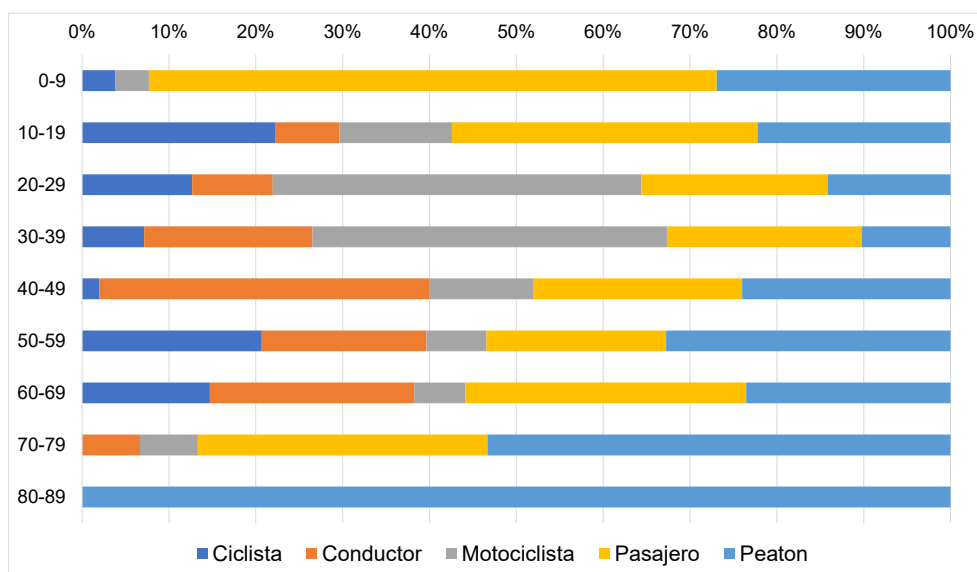
Para conocer la población más propensa a sufrir una lesión a causa de los siniestros viales, es importante caracterizar la relación que hay entre la edad de la víctima y la condición que reportaron las personas que salieron heridas en los últimos cinco años. El resultado de este análisis se presenta a continuación:

**Tabla 29.** Número de personas lesionadas según rango etario y condición de la víctima.

Rango etario	No. Lesionados según rango etario y condición de la víctima					Total
	Ciclista	Conductor	Motociclista	Pasajero	Peatón	
0-9	1	-	1	17	7	26
10-19	12	4	7	19	12	54
20-29	26	19	87	44	29	205
30-39	7	19	40	22	10	98
40-49	1	19	6	12	12	50
50-59	12	11	4	12	19	58
60-69	5	8	2	11	8	34
70-79	-	1	1	5	8	15
80-89	-	-	-	-	2	2
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>81</b>	<b>148</b>	<b>142</b>	<b>107</b>	<b>542</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**Ilustración 49.** Participación de lesionados según rango etario y condición de la víctima.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Este análisis determina que las personas jóvenes en edad media entre los 20 y 29 años son las más propensas a verse involucradas en un siniestro vial.

Así mismo, las niños entre los 0 y 9 años, son los pasajeros que más se lesionan a causa de los siniestros viales.

**5.2.4.1 Número total de lesionados según género y clase de siniestro**

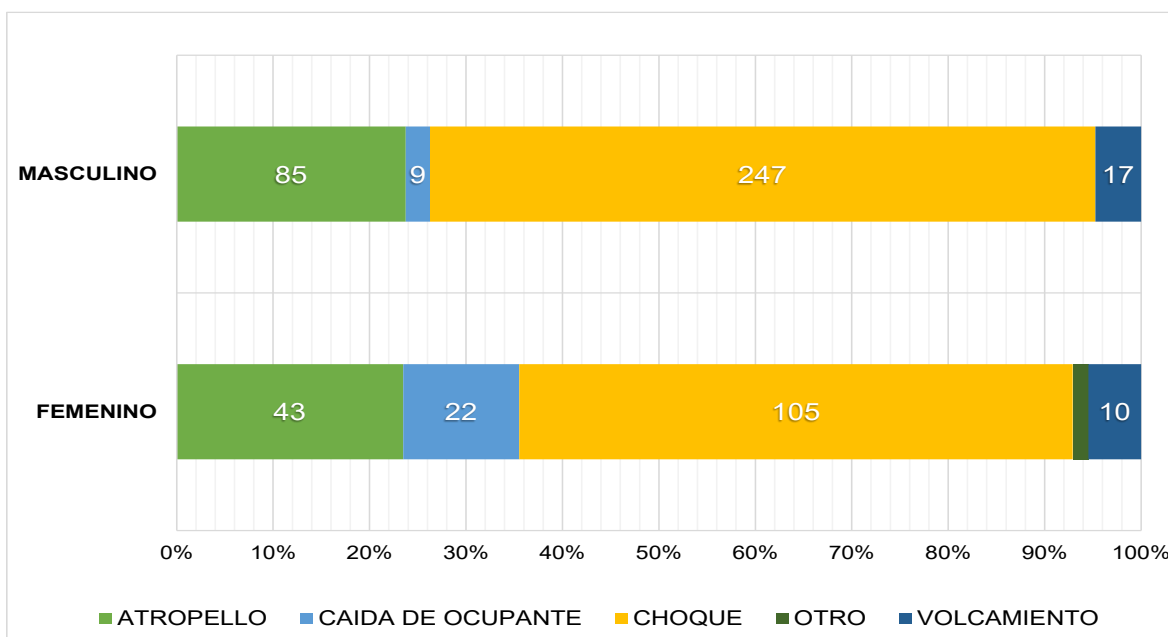
Es importante conocer la relación que pueda existir entre el género de los lesionados y la clase de siniestro reportado. Para ello, se presenta el siguiente análisis:

*Tabla 30. Número de personas lesionadas según género y clase de siniestro.*

Genero	No. Lesionados según género y clase de siniestro					Total
	ATROPELLO	CAIDA DE OCUPANTE	CHOQUE	OTRO	VOLCAMIENTO	
Femenino	43	22	105	3	10	183
Masculino	85	9	247	-	17	358
<b>Total</b>	<b>128</b>	<b>31</b>	<b>352</b>	<b>3</b>	<b>27</b>	<b>541</b>

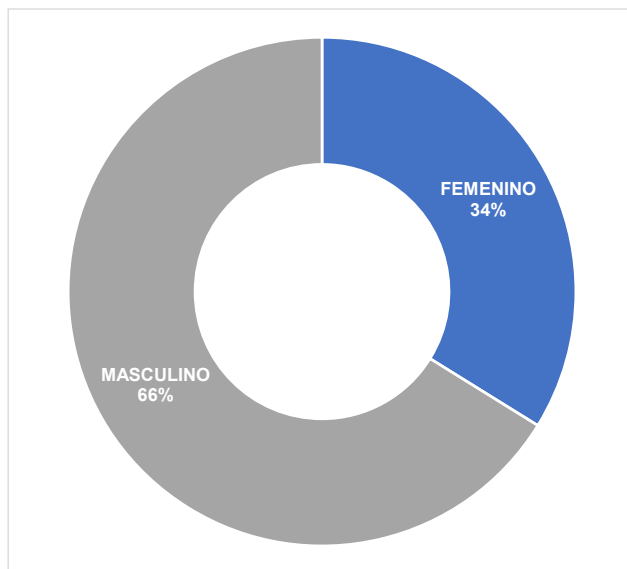
Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

*Ilustración 50. Participación de lesionados según género y clase de siniestro.*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**Ilustración 51.** *Genero de las personas lesionadas a causa de los siniestros viales reportados.*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

Este análisis determina que los hombres representan la mayor cantidad de personas lesionadas a causa de los siniestros viales reportados, con una mayor participación de choques con más del 60 % de los eventos, seguido de los atropellos con valores superiores al 20 % de la participación para ambos géneros.

#### **5.2.4.1 Número total de fallecidos según la condición de la víctima**

Para conocer el actor vial que presenta el mayor número de víctimas fatales a causa de los siniestros viales ocurridos durante los últimos cinco (5) años, a continuación, se discrimina el número total de personas fallecidas cada año según la condición de la víctima:

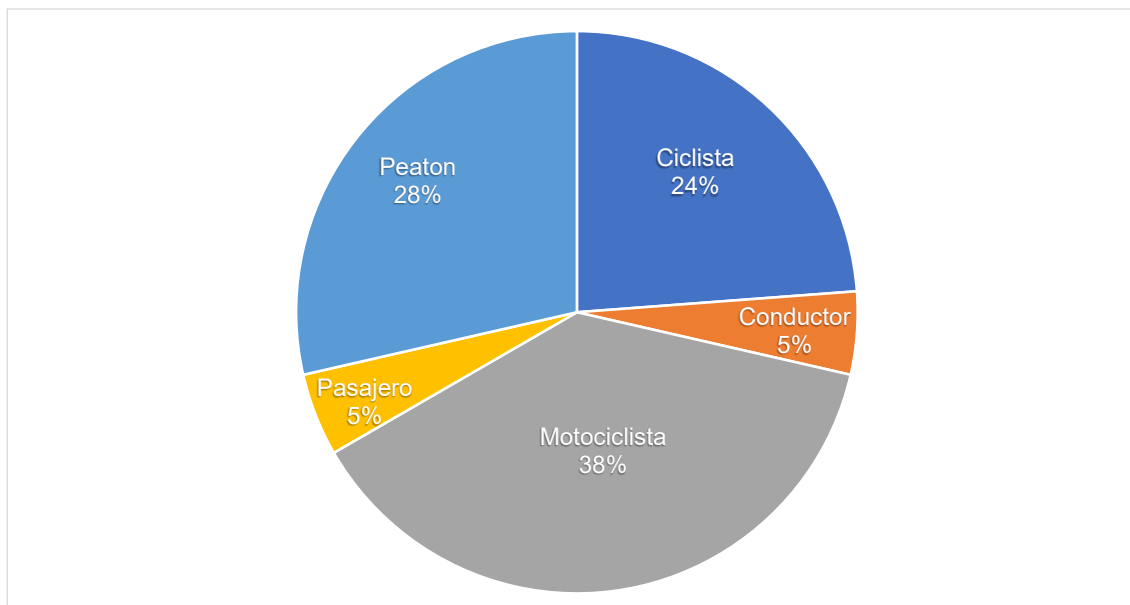
**Tabla 31.** *Número de personas fallecidas anualmente según la condición de la víctima.*

Condición de la víctima	No. Fallecidos en siniestros viales					Total
	2019	2020	2021	2022	2023	
Ciclista	-	-	1	2	2	5
Conductor	-	-	1	-	-	1
Motociclista	2	2	1	2	1	8
Pasajero	-	-	-	-	1	1
Peatón	-	1	1	4	-	6
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>21</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.



**Ilustración 52.** Distribución de lesionados según la condición de la víctima.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

Al igual que con los lesionados, los motociclistas representan el 38 % del total de personas fallecidas por siniestros viales en los últimos cinco (5) años.

Adicionalmente, el déficit de infraestructura vial para peatones y ciclistas evidencia un número importante de víctimas para estos actores durante el periodo de análisis.

#### **5.2.4.1 Número total de fallecidos según rango etario y condición de la víctima**

Para conocer la población más propensa a morir a causa de los siniestros viales, es importante caracterizar la relación que hay entre la edad de la víctima y la condición que reportan las personas que salieron heridas en los últimos cinco (5) años. El resultado de este análisis se presenta a continuación:

**Tabla 32.** Número de personas fallecidas según rango etario y condición de la víctima.

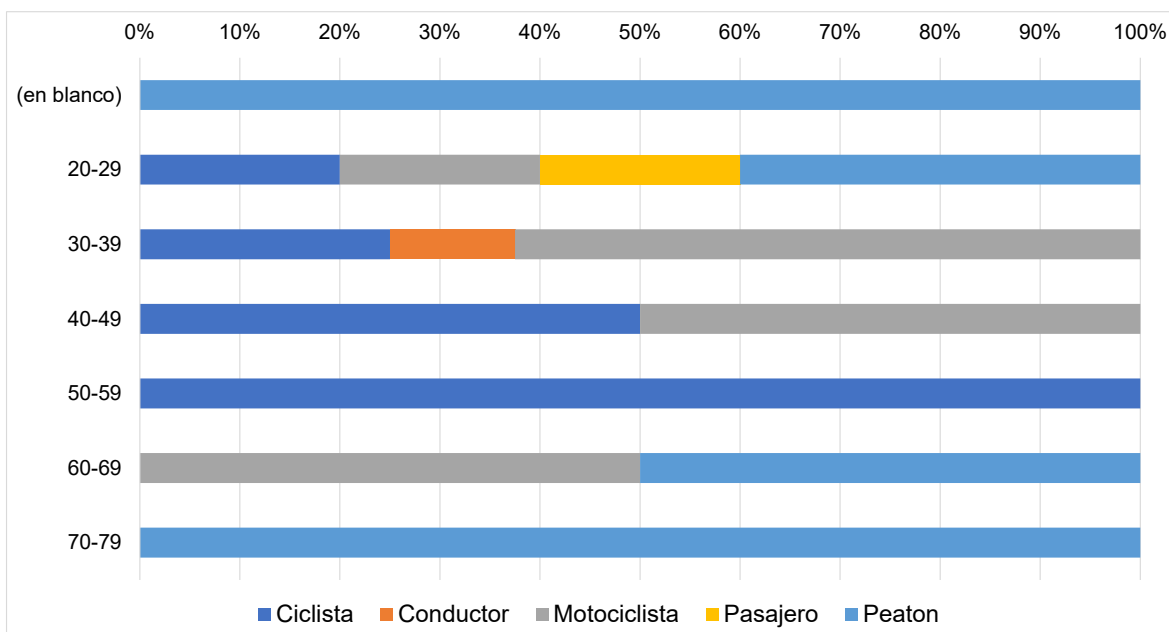
Rango etario	No. Fallecidos según rango etario y condición de la víctima					Total, general
	Ciclista	Conductor	Motociclista	Pasajero	Peatón	
(en blanco)	-	-	-	-	2	2
20-29	1	-	1	1	2	5

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

Rango etario	No. Fallecidos según rango etario y condición de la víctima					Total, general
	Ciclista	Conductor	Motociclista	Pasajero	Peatón	
30-39	2	1	5	-	-	8
40-49	1	-	1	-	-	2
50-59	1	-	-	-	-	1
60-69	-	-	1	-	1	2
70-79	-	-	-	-	1	1
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>21</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**Ilustración 53.** Participación de fallecidos según rango etario y condición de la víctima.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

De manera similar con las personas lesionadas, el rango etario en el que se presenta el mayor número de personas fallecidas a causa de siniestros viales se ubica desde los 20 y hasta los 39 años, siendo la motocicleta el actor con el mayor número de víctimas fatales.

**5.2.4.1 Número total de fallecidos según género y clase de siniestro**

Es importante conocer la relación que pueda existir entre el género de los fallecidos y la clase de siniestro reportado. Para ello, se presenta el siguiente análisis:

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

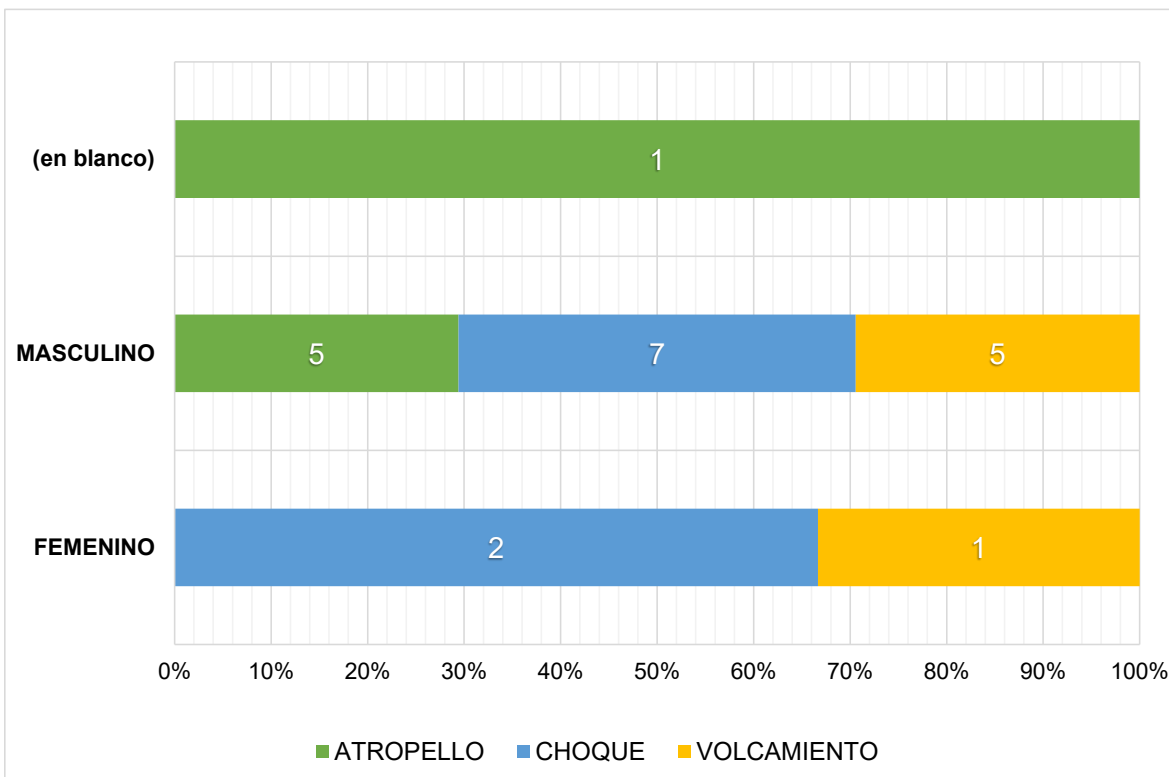
**Tabla 33.** Número de personas fallecidas según género y clase de siniestro.

Genero	No. Fallecidos según género y clase de siniestro			Total
	Atropello	Choque	Volcamiento	
Femenino	-	2	1	3
Masculino	5	7	5	17
(en blanco)	1	-	-	1
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>21</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

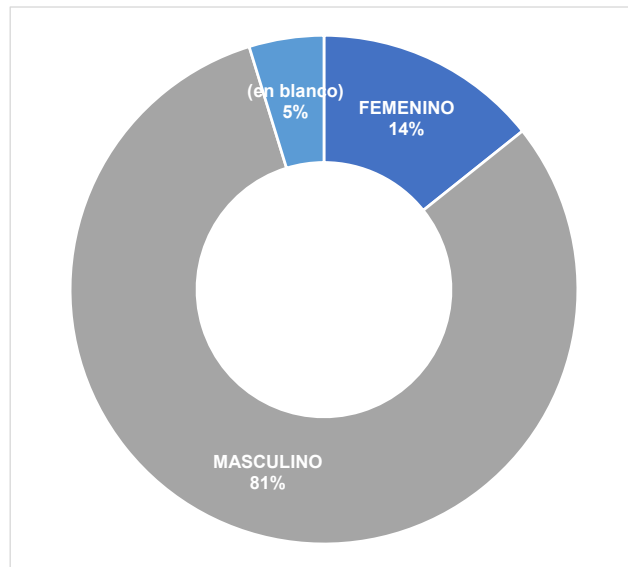
Obtenido gráficamente que:

**Ilustración 54.** Participación de fallecidos según género y clase de siniestro.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

**Ilustración 55.** Género de las personas fallecidas a causa de los siniestros viales reportados.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

Esto demuestra que los hombres son el género más propenso a sufrir siniestros viales con víctimas fatales, y que los eventos con atropellos y volcamientos representan la misma probabilidad de propiciar víctimas fatales para hombres y mujeres.

### **5.2.5 Identificación de puntos críticos**

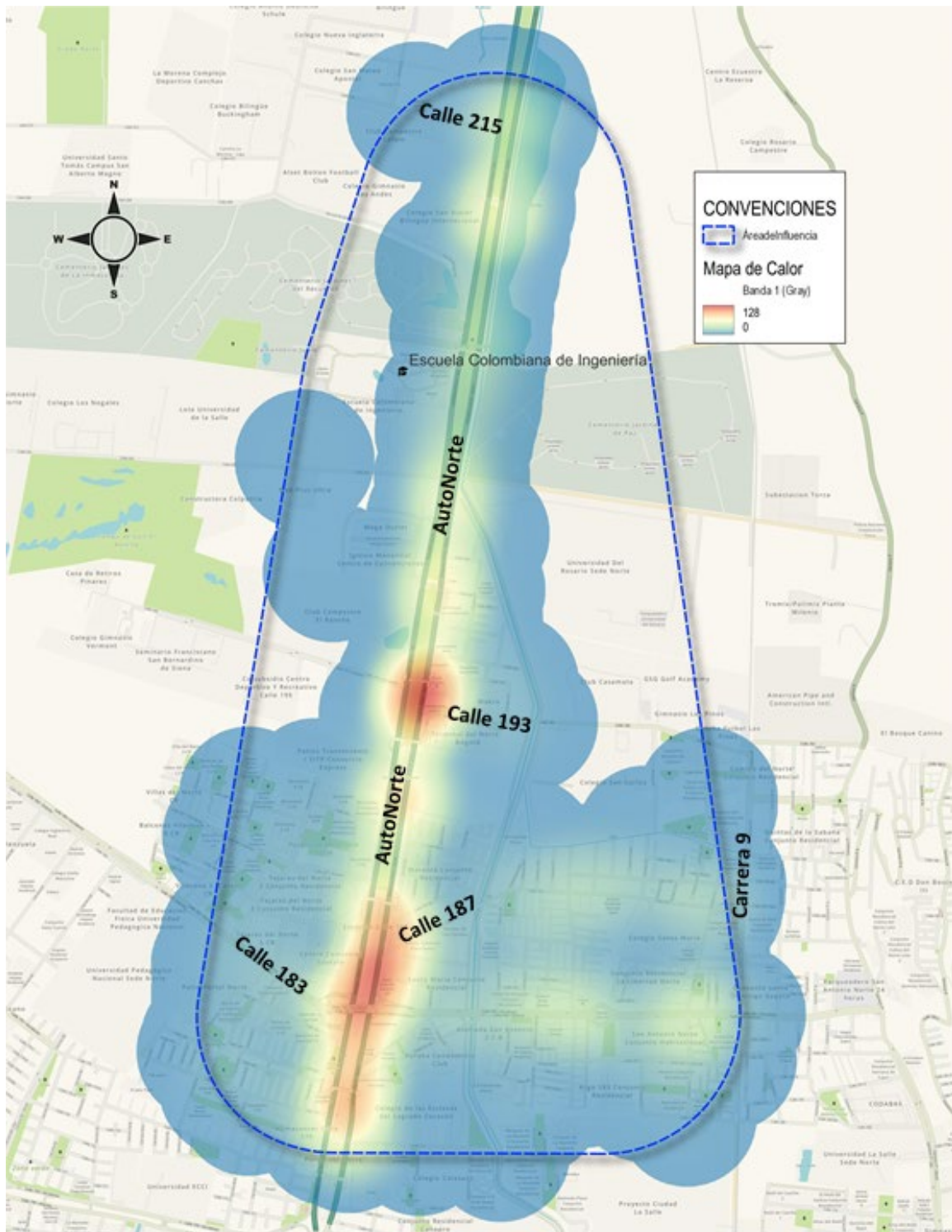
Una vez analizado el comportamiento de los siniestros viales ocurridos para el área de influencia en los últimos años, es importante conocer los puntos o sectores que representan la mayor concentración geográfica de siniestros viales.

Para efectos de este proyecto se realiza un análisis gráfico con la herramienta QGIS con el fin de conocer aquellos sectores que pueden representar un mayor riesgo a sufrir un siniestro vial durante la operación y circulación de la ruta de transporte.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente ilustración, en donde se clasifica la concentración de siniestros según un código de colores, donde el color rojo representa el punto o sector que más eventos reportó en los últimos cinco años.

**CAPÍTULO 2 - IDENTIFICACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE EN LA ÚLTIMA MILLA DE LLEGADA A LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO**

**Ilustración 56.** Mapa de calor de los siniestros viales ocurridos para el área de influencia del proyecto.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMUR 2023.

### **5.3 Análisis de resultados**

- ✓ De acuerdo con la información de la SDM, la velocidad media de circulación de vehículos mixtos es superior en la calzada oriental que en la calzada occidental.  
No obstante, en la calzada oriental de la Autopista Norte es donde hay una mayor variación de la velocidad, con valores mínimos de 14 km/h y máximos de 61,5 km/h.
- ✓ Los datos de TransMilenio S.A. demuestran una participación importante de rutas del SITP en el tramo que comprende la última milla de llegada a la Universidad.
- ✓ El estudio de ocupación visual entregado por TransMilenio S.A. determina que el factor de ocupación medio para la ruta E44 no supera el 25 % de la capacidad del bus, lo que difiere con los resultados obtenidos de la encuesta realizada a la comunidad universitaria de la Escuela.
- ✓ La velocidad media de circulación de las rutas SITP es menor a la registrada para los vehículos mixtos por la plataforma Waze.
- ✓ La información de volúmenes vehiculares determina que la HMD sobre la Autopista Norte en el sentido de circulación sur – norte se presenta durante la mañana con los viajes de partida, mientras que para el sentido de circulación norte – sur se presenta durante la tarde con los viajes de regreso a casa.
- ✓ La reducción de velocidad que ocurre a las 07:00 horas con los viajes de la mañana, limita la capacidad del corredor vial de la Autopista Norte, lo que desplaza la hora de máxima demanda hacia las 08:45 am, donde se registran la mayor cantidad de vehículos circulando en el sentido sur – norte.
- ✓ El análisis de siniestralidad posiciona a los motociclistas como los usuarios más vulnerables en el área de influencia del proyecto, reportando el mayor número de personas lesionadas y fallecidas a causa de los siniestros viales registrados en los últimos cinco años.
- ✓ El análisis de siniestralidad según rango etario y condición de la víctima demuestra que a menor edad hay una mayor probabilidad de sufrir un siniestro vial como pasajero de un medio de transporte, mientras que las personas mayores son el actor vial más propenso a sufrir un siniestro vial durante los trayectos a pie.
- ✓ La intersección de la Autopista Norte por Calle 193 y el sector vial comprendido entre las Calles 183 y 187, corresponden a los tramos con la mayor concentración de siniestros viales en los últimos cinco años de análisis.

## **6 CAPÍTULO 3 - Diseño del esquema operacional de la ruta de transporte alternativo**

En este capítulo se procede a dimensionar la ruta de transporte para la última milla de aquellas personas que viajan desde Bogotá en el SITM TransMilenio y que requieren un servicio alternativo de transporte para garantizar la llegada a tiempo a las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Los cálculos y procedimientos matemáticos se realizan a partir de la metodología propuesta por Molinero y Sánchez (2005) para el dimensionamiento de este tipo de servicios.

### **6.1 Parámetros de entrada para el dimensionamiento del servicio**

Para el dimensionamiento del servicio es importante reconocer la normatividad que establece el territorio colombiano respecto a las exigencias operativas para los servicios de rutas escolares.

En Bogotá, de acuerdo con el Ministerio de Transporte (2022), el seguimiento y control de la policía de tránsito y transporte establece que todos los vehículos que presten el servicio de transporte escolar deben garantizar que sus ocupantes vayan sentados, con un asiento disponible que cuente con cinturón de seguridad para cada pasajero. De la misma manera, en ningún caso estas rutas de transporte podrán exceder los límites de velocidad permitidos.

En el marco de este proyecto, esta directriz de las autoridades de tránsito limita la capacidad que pueden ofrecer los vehículos seleccionados para el diseño de la ruta de transporte, los cuales podrán operar únicamente con pasajeros sentados.

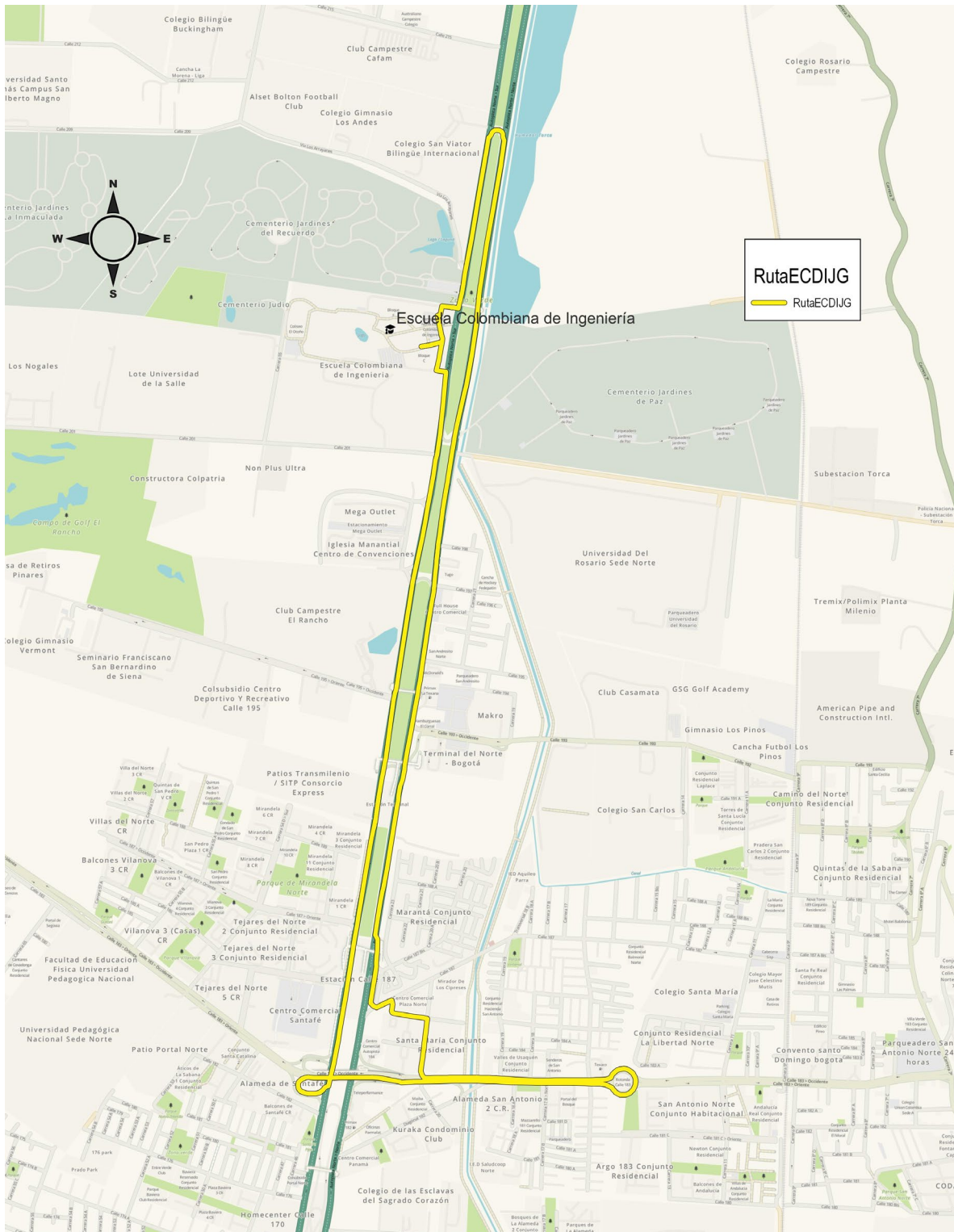
El resumen de datos recopilados y su procesamiento se presenta a continuación:

#### **6.1.1 Ruta y longitud de recorrido de la ruta (L)**

Considerando que la ruta de transporte alternativo se diseña para la última milla que conecta a la operación del SITM de TransMilenio con la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, el recorrido que se propone para la operación del servicio es el siguiente:

### CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO

*Ilustración 57. Ruta propuesta para el servicio de transporte en la última milla.*



Fuente: Elaboración propia



### **CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO**

Este recorrido se ajusta a las recomendaciones de Google Maps para el aprovechamiento de la infraestructura vial existente durante las horas más congestionadas del día. Para considerar su viabilidad dentro del proyecto, se tienen en cuenta los siguientes criterios de selección validados en campo:

- ✓ Estado de la carpeta asfáltica.
- ✓ Radios de giro suficientes para las diferentes tipologías de buses.
- ✓ Puntos de parada para maniobras de ascenso y descenso de pasajeros.
- ✓ El menor costo generalizado estimado en términos de distancia y tiempo de recorrido.

En resumen, la longitud de recorrido (L) de la ruta circular contemplada para la última milla que conecta la operación de la troncal TransMilenio con la Escuela Colombiana de Ingeniería es:

$$L = 9 \text{ Kilómetros}$$

#### **6.1.2 Volumen de diseño (P)**

A partir de los resultados obtenidos en el numeral **4.4 Estimación de la demanda potencial de usuarios de la ruta de transporte alternativo**, se identifica el periodo del día donde existe una máxima demanda de usuarios del servicio de transporte colectivo, así como aquel donde es posible disminuir el número de buses requeridos para la operación al mínimo posible.

Para ello, se debe identificar la cantidad de usuarios que requieren el servicio de transporte durante la hora de máxima demanda (HMD) y durante la hora valle (HV).

Se aclara que para efectos de este proyecto la HMD se contempla con un único valor para el pico de la mañana y el pico de la tarde, con los viajes de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito identificados en la encuesta a la comunidad universitaria.

Adicionalmente, la HMD de la tarde se determina a partir de la información procesada en el numeral **5.2.3 Volúmenes Autopista Norte y Hora de Máxima Demanda (HMD)**.

En resumen, se identifican los siguientes datos:

**Tabla 34.** *Volumen de diseño para el dimensionamiento de la ruta.*

Periodo	Hora	Volumen de diseño (usuarios)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	188
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	6
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	188

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.3 Factor de ocupación ( $\alpha$ )

Teniendo en cuenta los criterios utilizados para la estimación de la demanda potencial de usuarios del servicio de transporte, se determina que para la HMD el factor de ocupación ( $\alpha$ ) será el valor máximo de 0.9 recomendado por Molinero y Sánchez (2005).

Lo anterior en vista de que para la ruta diseñada en este proyecto la sección de máxima demanda es corta, además de que el volumen de pasajeros no varía significativamente de un día a otro durante la semana.

Para la hora valle (HV), el valor de ( $\alpha$ ) se determina con base en los datos obtenidos en el estudio de ocupación visual de TransMilenio para una de las rutas SITP durante la tarde, información que fue procesada en el numeral **5.2.2.2 Rutas del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)**.

En resumen, el factor de ocupación de la ruta de transporte para los diferentes periodos de diseños es el siguiente:

**Tabla 35.** *Factor de ocupación para el dimensionamiento de la ruta.*

Periodo	Hora	Volumen de diseño (usuarios)	Factor de ocupación ( $\alpha$ )
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	188	0.9
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	6	0.19
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	188	0.9

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.4 Tiempo de recorrido ( $t_r$ )

Para estimar el tiempo aproximado que dura el recorrido de la ruta de transporte alternativo, se hace uso de la relación matemática que existe entre la velocidad, el tiempo y la distancia de un servicio de transporte con la **Ecuación ( 4 )** del numeral **2.10 Velocidad de operación**.

Para ello, se utiliza la distancia de recorrido del servicio de 9 km (4,5 km por sentido) y como valor de referencia, los datos de velocidad procesados en el numeral **5.2.2.3 Velocidad media de Rutas SITP**, los cuales incluyen un tiempo adicional para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros, con valores de referencia para los picos de la mañana y tarde.

Adicionalmente, asumiendo que la ruta puede operar como un servicio especial de transporte escolar, se considera el incremento de velocidad de 7,1 km/h que ofrece el carril preferencial de rutas escolares en la calzada oriental de la Autopista Norte.

El resumen del análisis desarrollado para estimar el tiempo total de recorrido en los periodos de diseño de la ruta se presenta a continuación:

**Tabla 36.** Estimación del tiempo de recorrido ( $t_r$ ) de la ruta.

Periodo	Hora	Sentido	$d_r$ (km)	Velocidad inicial (km/h)	Aumento velocidad carril preferencial (km/h)	$v_r$ (km/h)	Tiempo por sentido (min)	$t_r$ (min)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	N - S	4.5	27.03	-	27.03	10.0	29.4
		S - N	4.5	6.78	+7.10	13.88	19.4	
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	N - S	4.5	29.38	-	29.38	9.2	18.6
		S - N	4.5	28.65	-	28.65	9.4	
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	N - S	4.5	27.66	-	27.66	9.8	31.6
		S - N	4.5	12.37	-	12.37	21.8	

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.5 Tiempo de terminal inicial ( $t_t^\circ$ )

Acogiendo las recomendaciones de Molinero y Sánchez (2005), el tiempo óptimo en la terminal para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros, se calcula a partir del coeficiente “ $\gamma$ ”, el cual relaciona el tiempo en la terminal y el tiempo en el recorrido de la ruta. Por tanto, la expresión que determina el tiempo óptimo en la terminal es:

$$t_t^\circ = \gamma \cdot t_r \quad (9)$$

Siendo el valor del coeficiente “ $\gamma$ ” recomendado de 0.18. Por lo anterior, el tiempo inicial en la terminal para los diferentes periodos de diseño es:

**Tabla 37.** Estimación del tiempo de terminal inicial ( $t_t$ ) de la ruta.

Periodo	$t_r$ (min)	$\gamma$	$t_t^\circ$ (min)
<b>HMD mañana</b>	29.4	0.18	5.30
<b>HV</b>	18.6	0.18	3.35
<b>HMD tarde</b>	31.6	0.18	5.69

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.6 Tipología y capacidad del vehículo ( $C_v$ )

Atendiendo las recomendaciones de Molinero y Sánchez (2005) se considera que la ruta que pueda prestar un mejor servicio para las necesidades de transporte en la última milla de llegada a Universidad es una tipología de bus pequeña, la cual posibilita:

- ✓ Mayor frecuencia de buses.
- ✓ Mayor atracción de pasajeros.
- ✓ Maniobrabilidad del vehículo en tramos congestionados.

Por lo anterior, el vehículo de diseño que puede complementar el servicio de transporte público y atender la demanda insatisfecha del SITM TransMilenio y el alimentador es un Microbus cerrado con capacidad ( $C_v$ ) es de:

$$C_v = 19 \text{ pasajeros sentados}$$

*Ilustración 58. Tipología de microbus NKR de 19 pasajeros sentados.*



Fuente: Recorte de página web buses y camiones Chevrolet.

## 6.2 Dimensionamiento de la ruta

Con los datos obtenidos del numeral anterior, se procede a dimensionar el servicio de transporte colectivo que puede atender las necesidades de transporte de la comunidad universitaria en la última milla que conecta TransMilenio con la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

### 6.2.1 Intervalo de la ruta (i)

Con los valores de volumen de diseño (P), factor de ocupación ( $\alpha$ ) y capacidad vehicular ( $C_v$ ), y utilizando la **Ecuación (1)**, se calcula el valor del intervalo de la ruta acogiendo las recomendaciones del autor para la aproximación de (i) en un número entero divisible por 60:

**Tabla 38.** Cálculo del intervalo inicial ( $i^0$ ) de la ruta en los periodos de diseño.

Periodo	Hora	Volumen de diseño (usuarios)	Factor de ocupación ( $\alpha$ )	Capacidad Vehicular ( $C_v$ ) (Pasajeros)	$i^0$ (minutos)	i (minutos)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	188	0.9	19	5.46	6
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	6	0.19	19	36.10	40
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	188	0.9	19	5.46	6

Fuente: Elaboración propia

**CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO**

No obstante, por recomendaciones de Molinero y Sánchez (2005) se considera que la ruta de transporte debe mantenerse operativa con un intervalo mínimo ( $i_{mín}$ ) de 15 minutos, por lo que el intervalo para la hora valle (HV) queda entonces como:

**Tabla 39.** Valor del intervalo ( $i$ ) de la ruta en los periodos de diseño.

Periodo	Hora	Volumen de diseño (usuarios)	Factor de ocupación ( $\alpha$ )	Capacidad Vehicular ( $C_v$ ) (Pasajeros)	$i^\circ$ (minutos)	$i$ (minutos)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	188	0.9	19	5.46	6
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	6	0.19	19	36.10	15*
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	188	0.9	19	5.46	6

Fuente: Elaboración propia

\* Se debe contar con un intervalo mínimo para garantizar la operación del servicio en HV.

### 6.2.2 Frecuencia del servicio

Con el valor del intervalo, se procede a calcular la frecuencia del servicio para los diferentes periodos de diseño:

**Tabla 40.** Cálculo de la frecuencia ( $f$ ) de la ruta en los periodos de diseño.

Periodo	Hora	$i$ (min)	$f$ (vehículos/hora)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	6	10
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	15	4
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	6	10

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1 Tiempo de ciclo inicial ( $t_c^\circ$ )

Considerando que el tiempo de ciclo inicial es la suma entre el tiempo de recorrido y el tiempo de terminal inicial, se tienen entonces los siguientes valores para los periodos de diseño de la ruta:

**Tabla 41.** Cálculo del tiempo de ciclo inicial ( $t_c^\circ$ ) de la ruta.

Periodo	$t_r$ (min)	$t_t^\circ$ (min)	$t_c^\circ$ (min)
<b>HMD mañana</b>	29.4	5.30	35
<b>HV</b>	18.6	3.35	22
<b>HMD tarde</b>	31.6	5.69	37

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1 Tamaño del parque vehicular (N)

Con los valores de tiempo de ciclo inicial ( $t_c^\circ$ ) y de intervalo (i), se hace uso de la **Ecuación ( 5 )** para calcular el tamaño del parque vehicular (N) para garantizar la operación del servicio de transporte.

Es importante mencionar que los valores obtenidos se discriminan en función de la HMD y la HV, con el fin de conocer la flota requerida para un día completo. En este caso, los cálculos desarrollados solo tienen en cuenta el número de vehículos operativos que se requieren en funcionamiento permanente. Por lo anterior, los valores obtenidos para (N) son

**Tabla 42.** Cálculo del tamaño del parque vehicular (N) de la ruta.

Periodo	Hora	i (min)	$t_c^\circ$ (min)	N (vehículos)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	6	35	6
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	15	22	2
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	6	37	7

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.2 Tiempo de ciclo ajustado ( $t_c$ )

Teniendo en cuenta que el tiempo del ciclo debe estar diseñado en función del parque vehicular (N), se procede a recalculer el tiempo del ciclo ajustado ( $t_c$ ) para la operación del servicio, despejando el valor de ( $t_c$ ) de la **Ecuación ( 5 )**:

**Tabla 43.** Cálculo del tiempo de ciclo ajustado ( $t_c$ ) de la ruta.

Periodo	Hora	i (min)	N (vehículos)	$t_c$ (min)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	6	6	36
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	15	2	30
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	6	7	42

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.3 Tiempo de terminal ajustado ( $t_t$ )

Análogamente, se procede a recalcular el tiempo ajustado en la terminal ( $t_t$ ), para conocer el tiempo que tendría la ruta para desarrollar las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros. Lo anterior, utilizando la siguiente ecuación que relaciona el tiempo de ciclo ajustado ( $t_c$ ) y el tiempo de recorrido ( $t_r$ ) para los diferentes periodos de diseño:

$$t_t = t_c - t_r \quad (10)$$

Obteniendo que:

**Tabla 44.** Cálculo del tiempo de terminal ajustado ( $t_t$ ) de la ruta.

Periodo	Hora	$t_c$ (min)	$t_r$ (min)	$t_t$ (min)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	36	29.4	6.6
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	30	18.6	11.4
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	42	31.6	10.4

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.4 Capacidad de línea ofrecida ( $C$ )

Finalmente, la capacidad que puede ofrecer la ruta de transporte diseñada para complementar el SITM TransMilenio en la última milla de llegada a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se calcula utilizando la **Ecuación ( 3 )**, lo que da como resultado:



**CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO**

**Tabla 45.** Cálculo de la capacidad de línea ofrecida (C) de la ruta.

Periodo	Hora	Volumen de diseño (usuarios)	Capacidad Vehicular (C <sub>v</sub> ) (Pasajeros)	f (vehículos/hora)	C (Pasajeros/hora)
<b>HMD mañana</b>	6:30 - 07:30	188	19	10	190
<b>HV</b>	11:30 - 12:30	6	19	4	76
<b>HMD tarde</b>	16:45 - 17:45	188	19	10	190

Fuente: Elaboración propia

Lo que garantiza que el servicio cubra el volumen de usuarios que fueron tenidos en cuenta para el diseño de la ruta.

### 6.3 Resumen de resultados

Los datos que resumen la ruta diseñada en este proyecto se presentan a continuación:

**Tabla 46.** Resumen de resultados del dimensionamiento de la ruta.

Variable	HMD mañana	HV	HMD tarde
<b>Intervalo</b>	6 min	15 min	6 min
<b>Tiempo de ciclo</b>	36 min	30 min	42 minutos
<b>Tiempo de terminal (para ascenso y descenso de pax)</b>	6,6 min	11,4 min	10,4 min
<b>Frecuencia</b>	10 veh/h	4 veh/h	10 veh/h
<b>Tamaño de la Flota</b>	6 veh	2 veh	7 veh
<b>Capacidad de la ruta</b>	190 pax/h	76 pax/h	190 pax/h

Fuente: Elaboración propia

### 6.4 Normatividad aplicable

Para la operación de la ruta es importante cumplir con la normatividad vigente para la circulación del transporte escolar público y privado en Colombia. Por lo anterior, se relaciona la normatividad aplicable de acuerdo con las disposiciones de la guía para la prestación del servicio de transporte escolar de la Superintendencia de Transporte (2022):

- ✓ Constitución Política de Colombia
- ✓ Ley 105 de 1993
- ✓ Ley 115 de 1994

### **CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO**

- ✓ Ley 336 de 1996
- ✓ Ley 769 de 2002
- ✓ Ley 1383 de 2010
- ✓ Decreto 1079 de 2015, Ministerio de Transporte
- ✓ Decreto 431 de 2017, Ministerio de Transporte
- ✓ Decreto 478 de 2021, Ministerio de Transporte

Adicionalmente, se debe validar el cumplimiento de los requisitos y procedimientos dispuestos por la SDM en su página web, para clasificar la operación de la ruta de transporte como un servicio de transporte escolar que atienda a las necesidades de la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

La aplicación y registro de la ruta de transporte como servicio escolar puede llevarse a cabo en los medios presenciales dispuestos por la SDM, o mediante el siguiente enlace web: <https://bogota.gov.co/servicios/guia-de-tramites-y-servicios/registro-de-ruta-de-transporte-escolar-sdm>.

#### **6.5 Puntos de parada para el ascenso y descenso de pasajeros**

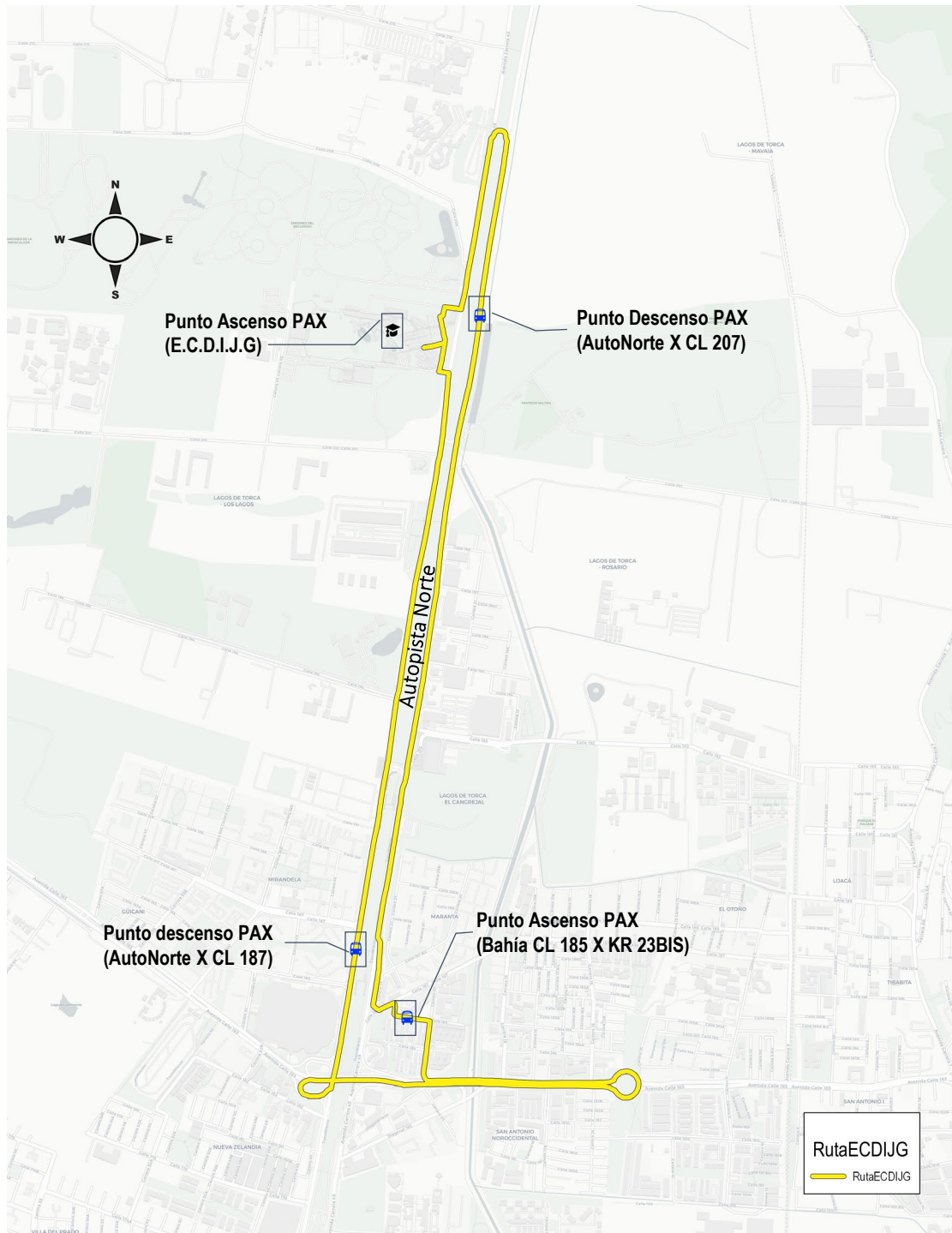
Con el fin de aportar una solución para la determinación de los puntos de parada para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros durante la operación de la ruta, se tienen en cuenta los siguientes criterios de selección:

- ✓ Que las distancias de caminata con la conexión a la red troncal de Transmilenio no superen los 10 minutos.
- ✓ Que esté legalmente permitido realizar maniobras de estacionamiento temporal con el fin de poder adelantar las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros.
- ✓ Que exista una infraestructura segura y señalizada para adelantar las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros.

En consecuencia, la ubicación de los puntos seleccionados para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros se presentan a continuación:

### CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO

**Ilustración 59.** Ubicación de puntos para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros.



Fuente: Elaboración propia.

Los factores que se consideran determinantes para la elección de los puntos para el desarrollo de estas maniobras se presentan a continuación:

### **6.5.1 Punto de ascenso en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

El funcionamiento de la ruta debe contar con la infraestructura de la Universidad para garantizar el desarrollo seguro de las maniobras de descenso de pasajeros durante la hora pico de la mañana y ascenso de pasajeros durante la hora pico de la tarde. Para ello, se deben incorporar las siguientes medidas dentro del campus universitario:

- ✓ Zona debidamente señalizada para el estacionamiento temporal de los vehículos que operen la ruta.
- ✓ Instalación de un mobiliario urbano que brinde condiciones de accesibilidad a los pasajeros durante las maniobras de ascenso y descenso.
- ✓ Personal operativo que guíe a la comunidad universitaria a un correcto uso del servicio
- ✓ Habilitar la entrada directa a la universidad ubicado sobre la Autopista Norte de los vehículos que operen la ruta de transporte.
- ✓ Se deberán incorporar reductores de velocidad para minimizar el conflicto con la ciclorruta implementada.

*Ilustración 60. Acceso vehicular directo por la Autopista Norte a la E.C.D.I.J.G.*



Fuente: Elaboración propia.

### **6.5.2 Punto de descenso en la Autopista Norte por Calle 187.**

Con el fin de aprovechar la infraestructura vial que tiene la ciudad para el desarrollo de este tipo de maniobras, sin tener que entorpecer la operación de los paraderos de las rutas del SITP de TransMilenio, se escogió este sector de la Autopista Norte en sentido norte – sur ya que se encuentra habilitado actualmente para desarrollar maniobras de descenso de pasajeros para buses intermunicipales sabaneros, además de que se encuentra directamente conectado con el puente peatonal de la estación de TransMilenio Calle 187.

*Ilustración 61. Punto de descenso en la Autopista Norte por Calle 187 sentido norte – sur..*



Fuente: Elaboración propia.

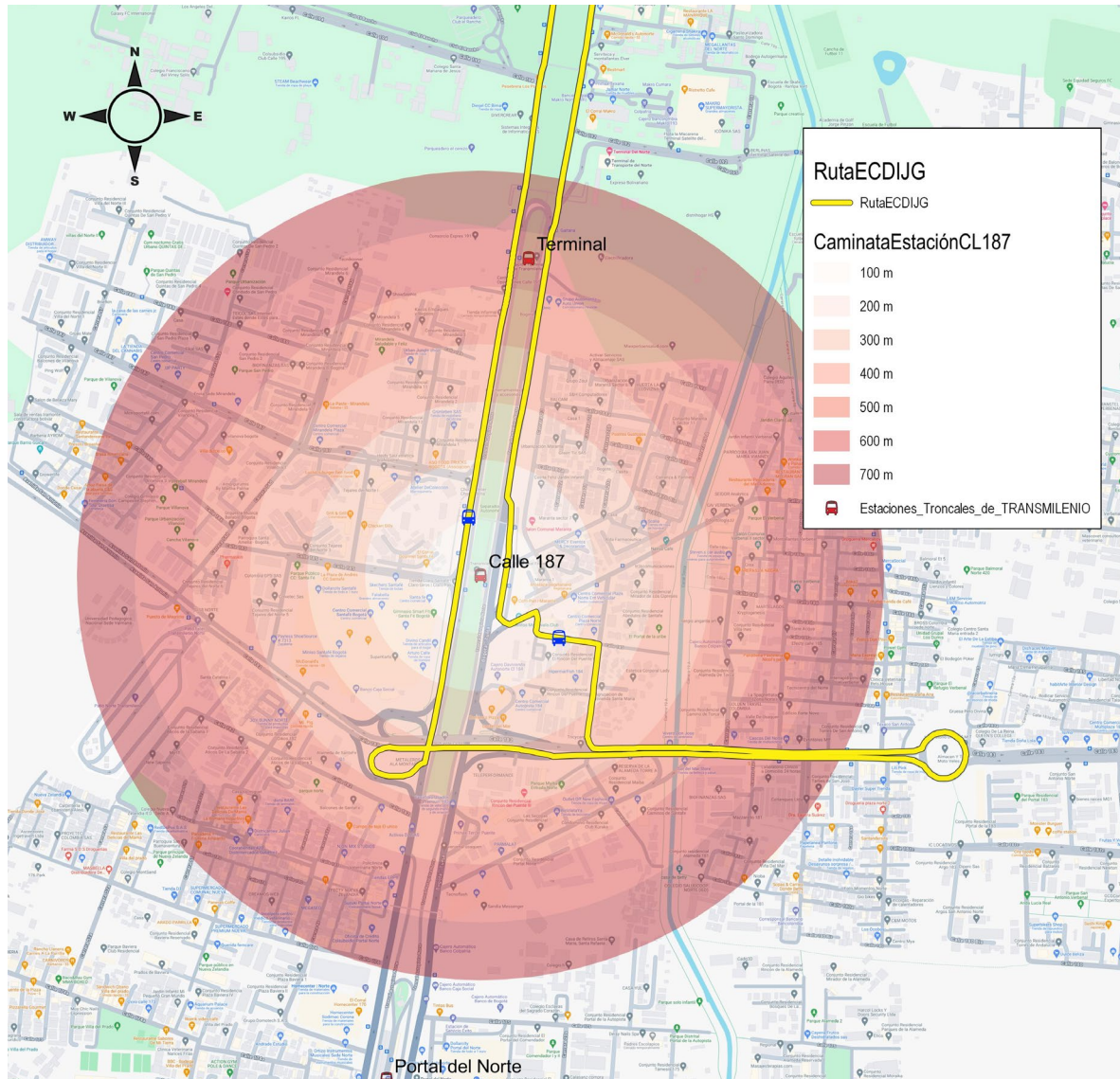
### **6.5.1 Punto de ascenso en la bahía frente al centro comercial Plaza Norte.**

Teniendo en cuenta que el propósito principal de la ruta diseñada en este proyecto es conectar a los usuarios del SITM TransMilenio, se selecciona esta bahía para desarrollar el ascenso de pasajeros durante las horas pico de la mañana, ya que posibilita desarrollar esta maniobra en un lugar habilitado por la autoridad de tránsito, bajo maniobras seguras y en distancias que no superaran los 10 minutos de caminata equivalentes a 720 m.

### CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO

El resultado del análisis espacial desarrollado para garantizar que los usuarios no deban caminar más de 700 m se presenta a continuación:

**Ilustración 62.** Análisis espacial para validar distancias de caminata en puntos de parada de la ruta.



Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se determina que en un primer acercamiento espacial, los puntos seleccionados para las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros no supera los 300 m de distancia radial, y los 8 minutos de caminata entre la salida de la estación de la calle 187 y la bahía ubicada sobre la calle 185 entre carreras 23Bis y 22.

### CAPÍTULO 3 - DISEÑO DEL ESQUEMA OPERACIONAL DE LA RUTA DE TRANSPORTE ALTERNATIVO

Adicionalmente, de acuerdo con la información del portal Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana y Regional (SIMUR) de la Subdirección de Señalización de la SDM, esta bahía se encuentra habilitada para el estacionamiento de todo tipo de vehículos públicos o privados, como se evidencia en la siguiente ilustración:

**Ilustración 63.** Bahía habilitada para el estacionamiento temporal de vehículos.



Fuente: Elaboración propia a partir de portal SIMUR SDM.

Finalmente, fue posible validar en campo que las condiciones geométricas y de ocupación de dicha bahía facilitan el desarrollo de las maniobras para el ascenso y descenso de pasajeros de la comunidad universitaria que requieran utilizar el servicio de transporte en horas pico de la mañana para llegar a tiempo a la Universidad.

**Ilustración 64.** Bahía de ascenso frente al centro comercial Plaza Norte.



Fuente: Elaboración propia.

### **6.5.1 Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 207.**

Se escoge este sector de la Autopista Norte ya que se encuentra habilitado actualmente para desarrollar maniobras de descenso de pasajeros para buses intermunicipales sabaneros, además de que permite a los usuarios del servicio bajarse durante las horas de congestión sobre la Autopista Norte, para que crucen por el puente peatonal que conecta a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y no deban realizar el recorrido vehicular hasta el retorno de la Calle 215.

*Ilustración 65. Foto 1 - Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 207.*



Fuente: Elaboración propia.

*Ilustración 66. Foto 2 - Punto de descenso en la Autopsita Norte por Calle 207.*



Fuente: Elaboración propia.



### **6.6 Recomendaciones tecnológicas para la implementación del servicio**

Algunos de los aspectos tecnológicos más importantes para la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito se mencionan a continuación:

- ✓ Que se conozca en tiempo real la ubicación de los buses.
- ✓ Que tanto el itinerario como la operación del servicio sea de fácil acceso para consulta de la comunidad universitaria.
- ✓ Que se informen claramente los puntos de parada para el ascenso y descenso de pasajeros.
- ✓ Validación digital de pago de tarifa o cobertura del servicio de transporte.

Estos aspectos pueden ser tenidos en cuenta dentro del análisis de costos que requiere el servicio para su implementación y puesta en marcha.

Por lo anterior, se considera que el uso de una aplicación digital podrá permitir la visualización de este tipo de información, facilitando el acceso a la información de los posibles usuarios del servicio.

## 7 Conclusiones y recomendaciones

- ✓ La participación de la comunidad universitaria en el diligenciamiento de la encuesta diseñada logró disminuir el error muestral en la recopilación de información primaria en más de tres puntos porcentuales, pasando del 7 % diseñado al 3.12 % calculado.
- ✓ La colaboración de la Dirección de Posgrados y el Programa de Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad fue fundamental para la obtención de un número importante de personas encuestadas, logrando cubrir un mayor rango de respuestas posibles.
- ✓ A partir del número total de participantes que diligenciaron la encuesta es posible brindar valores para los parámetros estadísticos “P” y “Q” para futuros diseños muestrales, de los cuales la probabilidad de que sí respondan la encuesta “P” es del 16,4 % aproximadamente y de que no la respondan “Q” del 83,6 % restante. Esto permitirá tener mayor precisión respecto al tamaño muestral “n” requerido si se trata de un estudio que implique a la comunidad universitaria de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- ✓ Entre los resultados obtenidos en la Encuesta de Movilidad de Bogotá en 2019 y la encuesta aplicada en este trabajo de grado, se encontró que el automóvil y la motocicleta han aumentado entre 3 y 5 veces su participación entre los modos de transporte utilizados por la comunidad universitaria, lo que coincide con el aumento del parque automotor en Bogotá.
- ✓ Los resultados de la encuesta permiten identificar que el uso de los transportes informales ofrecidos mediante plataformas tecnológicas va en aumento. Aplicaciones como Pícap y Wheels representan el modo de transporte más llamativo para los estudiantes de pregrado, por el fácil acceso al servicio y el bajo costo económico.
- ✓ El análisis de información primaria determina que los viernes y sábados corresponden a los días de la semana donde hay una mayor congestión vial, con la menor velocidad de circulación para todos los vehículos y la mayor cantidad de siniestros viales reportados en los últimos cinco años.
- ✓ El análisis de información primaria permite determinar que, para el área de influencia del proyecto, los motociclistas son el actor vial con mayor crecimiento en los últimos

cinco años y concentran la mayor cantidad de personas lesionadas y fallecidas a causa de los siniestros viales.

- ✓ Las cifras obtenidas demuestran que la población que más utiliza la motocicleta es aquella que más ha sufrido siniestros viales en los últimos años. El rango de edad entre los 20 y 30 años es aquel que representa el mayor riesgo para los usuarios de este modo de transporte.
- ✓ El dimensionamiento del servicio incluyó a la comunidad universitaria que utiliza el sistema Transmilenio y que lo calificaron como un servicio de transportar público entre malo y muy malo. Lo anterior, considerando que sus malas experiencias con el uso de este servicio masivo de transporte se deben a la falta de capacidad que tiene TransMilenio para prestar un buen servicio a las personas que requieren llegar a tiempo a las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- ✓ El dimensionamiento de la ruta demuestra que se requieren un total de 7 microbuses con capacidad de transportar a 19 pasajeros sentados.

No obstante, se recomienda contar con un vehículo adicional ante la posibilidad de presentarse una falla técnica o cualquier otro imprevisto que imposibilite la operación de alguno de los vehículos, lo que requeriría un total de 8 microbuses para garantizar la implementación del servicio en una primera etapa.

- ✓ La propuesta de paraderos diseñada en este proyecto puede ser complementada y optimizada posteriormente con el apoyo de convenios y acuerdos interadministrativos que amplíen la operación del servicio de transporte alternativo.
- ✓ El dimensionamiento del servicio plantea una solución en el corto plazo que atienda a las necesidades actuales de la comunidad universitaria en la última milla.
- ✓ Para la operación de la ruta se debe diseñar un plan de contingencia ante la probabilidad de verse involucrada en un siniestro vial, el cual deberá estar articulado con el Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV) que tiene actualmente la Universidad.
- ✓ Los resultados alcanzados en este proyecto podrán ser consultados posteriormente para la realización de un modelo económico que posibilite la estimación de la tarifa y la financiación del servicio.
- ✓ Teniendo en cuenta que el dimensionamiento de la ruta fue el resultado de un cálculo manual, los datos obtenidos en este proyecto podrán ser optimizados

mediante la aplicación de un software especializado para el diseño de rutas de transporte.

- ✓ La operación y uso del servicio podrá ser complementado con herramientas tecnológicas que sean de fácil acceso para la comunidad universitaria, lo cual podrá desarrollarse de manera complementaria a los resultados obtenidos en este proyecto.
- ✓ La relación entre la capacidad del vehículo y la demanda de pasajeros podrá ser optimizada involucrando costos estimados de operación mediante una teoría de colas o algún otro método de investigación de operaciones aplicadas al transporte.
- ✓ Con la operación de la nueva ciclorruta que fue construida y habilitada por la Concesión Accesos Norte II de manera posterior a la aplicación de la encuesta, se ha presentado una creciente demanda de usuarios que eligen la caminata como su modo de transporte en la última milla, lo que prevé un cambio en la movilidad que deberá ser contemplado en futuras etapas del proyecto.

## 8 Resultados y contribución

- ✓ Se considera que los resultados obtenidos en este trabajo son importantes para seguir trabajando desde la academia para idear soluciones innovadoras en el sector de la movilidad que atiendan a las necesidades de la comunidad universitaria.
- ✓ La operación de la ruta estima una disminución en el tiempo promedio de espera que asumen algunos usuarios de la comunidad universitaria en el sistema de transporte público en Bogotá.
- ✓ Los análisis desarrollados identificaron una preferencia por modos de transporte informal, lo que representa un riesgo significativo para la seguridad vial de la comunidad universitaria de la Escuela.

Se considera que dicho riesgo puede ser disminuido con la implementación de un servicio de transporte alternativo que sea seguro y competitivo para los miembros de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- ✓ El análisis de información primaria evidencia un incremento significativo de usuarios que utilizan la motocicleta como su principal medio de transporte, es el que más registra personas que fallecieron o sufrieron una lesión a causa de los siniestros viales ocurridos en los últimos cinco años.

Se estima que la implementación de la ruta de transporte alternativo para la última milla desestimularía la popularidad de la motocicleta entre la comunidad universitaria de la Escuela, logrando reducir el riesgo al que están expuestos los usuarios de este modo “atractivo” de transporte.

- ✓ La operación del servicio abre las puertas a futuras investigaciones que involucran diferentes disciplinas que hacen parte de los programas académicos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Para ello se resaltan algunas ideas de la posible participación de estudiantes de diferentes programas en proyectos derivados de esta investigación:
  - La inclusión de la ruta dentro del PESV de la Universidad involucra profesionales que se especialicen en Seguridad Vial.
  - La optimización en la operación del servicio para el programa de Ingeniería Industrial.
  - La estimación de la tarifa y la financiación del servicio para el programa de Economía.

- El diseño de una aplicación tecnológica para el uso y operación de la ruta con el programa de Ingeniería de Sistemas.
- ✓ El dimensionamiento de la ruta plantea una solución inmediata a las problemáticas de movilidad en la última milla, por lo que para lograr que la ruta represente un modo de transporte más sostenible y amigable con el medio ambiente, es importante considerar una segunda etapa de implementación, con un escenario futuro que atienda aquellas personas que estarían dispuestas a cambiar su modo privado de transporte y utilicen el SITM Transmilenio como su principal modo.

## Bibliografía

- Bogotá cómo vamos. (n.d.). *Preocupa crecimiento de parque automotor en Bogotá*. Retrieved April 20, 2023, from <https://bogotacomovamos.org/preocupa-crecimiento-de-parque-automotor/>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Resultados encuesta de percepción a los usuarios sobre las condiciones, calidad y servicio del TransMilenio, SITP y TPC - 2015*. <http://hdl.handle.net/11520/18745>
- CONCESIONARIA RUTA BOGOTÁ NORTE S.A.S., & AFA CONSULTORES Y CONSTRUCTORES S.A. (2023). *ACCESOS NORTE II*. <https://accesosnorte2.afa.com.co/>
- Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Ministerio de Transporte. (2020a). *Consejo Nacional de Política Económica y Social [Conpes]. Documento CONPES 3991 de 2020: Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional*.
- Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Ministerio de Transporte. (2020b). *Consejo Nacional de Política Económica y Social [Conpes]. Documento CONPES 3991 de 2020: Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional*.
- DNP. (n.d.). *Ciudades y comunidades sostenibles*. Retrieved April 5, 2023, from <https://ods.dnp.gov.co/es/objetivos/ciudades-y-comunidades-sostenibles>
- Franco Cordero, L. (2014). La movilidad sostenible en campus universitarios: una comparación de las mejores prácticas en Estados Unidos y Europa. Aplicabilidad en universidades venezolanas. *Revista de La Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 29(2), 23–40. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652014000200003&lng=es&nrm=iso&tIng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000200003&lng=es&nrm=iso&tIng=es)

- Ginna R. Sánchez. (2023, January 25). *Carril exclusivo para rutas escolares vuelve a funcionar en la Autopista Norte*. Alcaldía de Bogotá. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/movilidad-carril-exclusivo-para-rutas-escolares-en-la-autopista-norte>
- Lucas-García, F., Racero-Moreno, J., Torrecillas, C., & García-Sánchez, J. M. (2016). Analysis of integrated mobility in college campus in urban areas | Análisis de la movilidad en campus universitarios integrados en zonas urbanas. *Dyna (Spain)*, 91(3), 336–345. <https://doi.org/10.6036/7660>
- Martinez Bencardino, C. (2018). Estadística y muestreo (13a. ed.). In *Estadística y muestreo (13a. ed.): Vol. 13a. ed.*
- Millan Casas, O. D. (2022). *Análisis del comportamiento de la demanda de transporte de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito considerando el nuevo esquema del pico y placa, ¿beneficio o perjuicio?* [Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2180>
- Ministerio de Transporte. (2011). *Manual para estudios de origen y destino de transporte de pasajeros y mixto en áreas municipales distritales y metropolitanas*. <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/12/manuales/genPagDocs=2>
- Ministerio de Transporte. (2020, November 24). *Supertransporte ordena a autoridades, organismos de tránsito y entidades del Sistema Nacional de Transporte actualizar plan de control de transporte informal e ilegal para 2021*. Supertransporte. <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/9197/supertransporte-ordena-a-autoridades-organismos-de-transito-y-entidades-del-sistema-nacional-de-transporte-actualizar-plan-de-control-de-transporte-informal-e-ilegal-para-2021/>
- Ministerio de Transporte. (2022, January 22). *Inician rigurosos controles a vehículos de servicio de transporte especial escolar en el país*. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10599/inician-rigurosos-controles-a-vehiculos-de-servicio-de-transporte-especial-escolar-en-el-pais/#:~:text=Asimismo%2C%20en%20las%20rutas%20escolares,de%2060%20kil%C3%B3metros%20por%20hora>



- Molinero, Á., & Sánchez, L. (2005). *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración*. (1ª reimpresión). UAEM.
- Orro, A., Varela, E., & Otros. (2013). *Último km en las ciudades del Eixo Atlántico* (X. Vázquez, Ed.).
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2023, March 21). *La Encuesta de Movilidad 2023 fortalecerá la integración y conectividad con la Región Metropolitana*. Oficina Asesora de Comunicaciones y Cultura Para La Movilidad. [https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/la\\_encuesta\\_de\\_movilidad\\_2023\\_fortalecera\\_la\\_integracion\\_y\\_conectividad\\_con\\_la\\_region](https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/la_encuesta_de_movilidad_2023_fortalecera_la_integracion_y_conectividad_con_la_region)
- Stopher, P. (2012). Collecting, managing, and assessing data using sample surveys. In *Collecting, Managing, and Assessing Data Using Sample Surveys*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511977893>
- Superintendencia de Transporte. (2022). *Guía para la Prestación del Servicio de Transporte Escolar*.
- Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD). (2022, September 13). *Destino Económico predominante*. Datos Abiertos Bogotá. <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/destino-economico-predominante>
- Unión Temporal Steer, & Centro Nacional de Consultoría (CNC). (2019). *Anexo H - Cartilla digital, Resultados de la Encuesta de Movilidad de Bogotá y municipios vecinos 2019*.