



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS OPERACIONAL DEL INTERCAMBIADOR DE “EL  
LABRADOR” DEBIDO A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL METRO DE  
QUITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniera Civil

AUTORA: María Alejandra Peralta Báez

TUTOR: Byron Iván Altamirano León

Quito - Ecuador

2024

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, María Alejandra Peralta Báez con documento de identificación N° 1717826851 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 5 de febrero del 2024

Atentamente,



---

María Alejandra Peralta Báez

1717826851

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, María Alejandra Peralta Báez con documento de identificación N° 1717826851, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto Técnico: “Análisis operacional del intercambiador de “El Labrador” debido a la zona de influencia del metro de Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 5 de febrero del 2024

Atentamente,



---

María Alejandra Peralta Báez

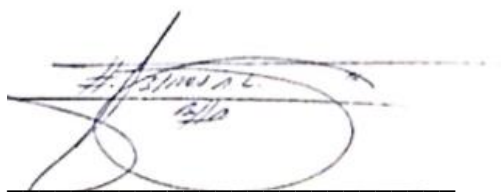
1717826851

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Byron Iván Altamirano León con documento de identificación N° 1709301590, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS OPERACIONAL DEL INTERCAMBIADOR DE “EL LABRADOR” DEBIDO A LA ZONA DE INFLUENCIA DEL METRO DE QUITO, realizado por María Alejandra Peralta Báez con documento de identificación N° 1717826851, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 5 de febrero del 2024

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'B. I. Altamirano León', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Ing. Byron Iván Altamirano León, MSc.

1709301590

## **DEDICATORIA**

Toda la gloria a Dios siempre.

Quiero dedicar este trabajo a mis padres por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. A mis hermanos, que, aunque al principio no creyeron en esta travesía; eso preciso fue lo que me motivó a superar obstáculos y demostrar que la determinación y el esfuerzo pueden superar cualquier escepticismo y ser un ejemplo para ellos.

A mi mejor amiga Anita, que a pesar de la distancia me mostro su apoyo incondicional.

Este logro también es un tributo a la capacidad de cambio y adaptación que reside en todos nosotros, entendiendo que los límites son solo oportunidades para crecer.

A través de este trabajo, quiero mostrar que las adversidades pueden convertirse en impulsores de éxito, y que las dudas iniciales pueden transformarse en motivación para alcanzar metas que nunca parecieron posibles.

*MARÍA ALEJANDRA*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi padre, Marco, mi mejor ejemplo y mayor fuente de inspiración, sus sacrificios y consejos han sido el cimiento sobre el cual he construido este proyecto. Gracias por ser mi motivación constante.

A mi madre, Jacqueline, cuyo amor inquebrantable y apoyo constante han sido mi mejor refugio.

A mis profesores, cuya dedicación a la enseñanza y el conocimiento ha dejado una huella indeleble en mi formación. Sus valiosas orientaciones, y conocimientos compartidos han enriquecido enormemente este trabajo. Siempre estaré agradecida por su tiempo y compromiso en guiarme hacia la excelencia académica y formación personal.

A Carlos Alejandro quien me enseñó que cada esfuerzo por mínimo que sea vale la pena.

La culminación de esta tesis marca un capítulo importante en mi vida, este logro que hoy celebro con humildad y alegría también es el comienzo de nuevas metas y desafíos.

¡Gracias!

*MARÍA ALEJANDRA*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Problema de estudio .....	3
1.2.1 Antecedentes .....	3
1.2.2 Importancia y alcance.....	3
1.2.3 Delimitación .....	4
1.3 Justificación .....	8
1.4 Grupo Objetivo .....	9
1.5 Objetivos .....	9
1.5.1 General .....	9
1.5.2 Específicos .....	9
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>11</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1 Intercambiador .....	11
2.2 Plan de Movilidad .....	11
2.3 Capacidad vehicular .....	11
2.4 Niveles de Servicio .....	12
2.5 Tráfico Promedio Diario Anual [TPDA] .....	13
2.6 Horario de máxima demanda [Factor] .....	14
2.7 Volumen Vehicular .....	16
2.8 Aforos .....	17
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>18</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
3.1 Tipo de Investigación .....	18
3.2 Método de Investigación .....	18
3.3 Técnica de recolección de información .....	19
3.3.1 Inspección visual .....	19
3.3.2 Conteo de vehículos .....	19
3.4 Proceso técnico de Ingeniería Civil .....	20
3.4.1 Características Geométricas de los Ramales .....	20
3.4.2 Diagnóstico de la Condición del Pavimento en el Intercambiador .....	20
3.4.3 Tipo de Tráfico.....	20

3.4.4 Velocidades de Circulación.....	21
3.4.5 Tiempos de demoras promedio .....	21
3.4.6 Evaluación de los Niveles de Servicio .....	21
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>22</b>
<b>LEVANTAMIENTO DISEÑO GEOMÉTRICO.....</b>	<b>22</b>
4.1 Topografía del Intercambiador .....	22
4.2 Ramales .....	26
4.2.1 Entradas .....	27
4.2.2 Salidas .....	28
4.3 Anchos de los ramales y rampas .....	28
4.4 Curvatura de los carriles .....	30
4.4.1 Radio de Curvatura.....	31
4.4.2 Radios de Giro.....	31
4.5 Pendientes de los ramales .....	40
4.6 Longitud del Arco Circular de las curvas .....	42
4.7 Perfil longitudinal .....	43
4.8 Drenaje Vial .....	52
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>55</b>
<b>ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR.....</b>	<b>55</b>
5.1 Clasificación de los vehículos .....	55
5.2 Conteo .....	57
5.3 TPDA .....	58
5.3.1 Tráfico Promedio Diario .....	59
5.3.2 Trafico Promedio Diario Semanal.....	59
5.3.3 Tráfico Promedio Diario Anual Actual .....	60
5.3.4 Tráfico Promedio Diario Anual futuro.....	69
5.4 Variación del Volumen de Tránsito .....	71
5.5 Velocidad del flujo vehicular .....	76
5.6 Velocidad de diseño .....	76
5.7 Velocidad de circulación .....	77
5.8 Velocidad de desplazamiento .....	78
5.9 Demoras (Horas pico) .....	79
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>82</b>
<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>82</b>



6.1 Capacidad vial	82
6.2 Nivel de servicio del intercambiador	83
6.3 Análisis operacional	86
6.4 Alternativas de Solución	86
6.4.1 Señalización .....	88
6.4.1.2 Señalización horizontal	90
6.4.1.3 Estado Actual de la señalética en el Intercambiador “El Labrador”.	92
6.4.2 SemafORIZACIÓN.....	94
6.4.2.1 Semáforos inteligentes.	95
6.4.3 Nuevos Trazados de Rutas .....	96
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>104</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>105</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Delimitación del proyecto .....	<b>5</b>
<b>Tabla 2.</b> Niveles de Servicio.....	<b>13</b>
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de conteo .....	<b>14</b>
<b>Tabla 4.</b> Volumen horario de máxima demanda .....	<b>16</b>
<b>Tabla 5.</b> Ramales del intercambiador .....	<b>30</b>
<b>Tabla 6.</b> Primer ramal.....	<b>31</b>
<b>Tabla 7.</b> Segundo ramal.....	<b>33</b>
<b>Tabla 8.</b> Tercer ramal .....	<b>34</b>
<b>Tabla 9.</b> Cuarto ramal.....	<b>35</b>
<b>Tabla 10.</b> Quinto ramal.....	<b>36</b>
<b>Tabla 11.</b> Sexto ramal.....	<b>37</b>
<b>Tabla 12.</b> Séptimo ramal .....	<b>38</b>
<b>Tabla 13.</b> Peraltes para curvas en ramales y rampas .....	<b>39</b>
<b>Tabla 14.</b> Anchos de los pavimentos según su radio.....	<b>40</b>
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de pendiente en cada rampa.....	<b>42</b>
<b>Tabla 16.</b> Longitud de los ramales .....	<b>43</b>
<b>Tabla 17.</b> Tabla Estaciones de Conteo .....	<b>57</b>
<b>Tabla 18.</b> Tráfico Promedio Diario Semanal.....	<b>60</b>
<b>Tabla 19.</b> TPDA Actual Livianos.....	<b>62</b>
<b>Tabla 20.</b> TPDA Actual Buses .....	<b>63</b>
<b>Tabla 21.</b> TPDA Actual Camiones.....	<b>64</b>
<b>Tabla 22.</b> TPDA Actual Pesados .....	<b>65</b>
<b>Tabla 23.</b> Número de días del año .....	<b>66</b>
<b>Tabla 24.</b> Tráfico Promedio Diario Anual Actual .....	<b>67</b>
<b>Tabla 25.</b> Porcentaje de TPDA Actual .....	<b>68</b>
<b>Tabla 26.</b> Tasa de crecimiento de tráfico .....	<b>70</b>
<b>Tabla 27.</b> Tasas de Crecimiento utilizadas .....	<b>71</b>
<b>Tabla 28.</b> Tráfico Futuro .....	<b>71</b>
<b>Tabla 29.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Norte-Sur .....	<b>72</b>
<b>Tabla 30.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. Galo Plaza Sentido Sur-Norte .....	<b>73</b>
<b>Tabla 31.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. 10 de agosto Sentido Sur-Norte.....	<b>74</b>
<b>Tabla 32.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Sur-Norte .....	<b>75</b>
<b>Tabla 33.</b> Velocidad en los ramales.....	<b>77</b>

**Tabla 34.** Velocidades de desplazamiento ..... 78  
**Tabla 35.** Capacidad Vial ..... 83  
**Tabla 36.** Niveles de Servicio en función de la velocidad de flujo libre..... 84  
**Tabla 37.** Niveles de servicio ..... 85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del proyecto .....	5
<b>Figura 2.</b> Intercambiador “El Labrador” .....	6
<b>Figura 3.</b> Ubicación en el DMQ .....	6
<b>Figura 4.</b> Vista desde Av. Galo Plaza dirección Sur-Norte.....	7
<b>Figura 5.</b> Vista desde Av. Amazonas dirección Noroeste-Suroeste.....	7
<b>Figura 6.</b> Vista desde Av. Galo Plaza dirección Norte-Sur.....	7
<b>Figura 7.</b> Equipo Topográfico .....	22
<b>Figura 7.</b> Levantamiento topográfico 1 .....	23
<b>Figura 8.</b> Levantamiento topográfico 2 .....	24
<b>Figura 9.</b> Levantamiento topográfico 3 .....	24
<b>Figura 10.</b> Levantamiento topográfico 4.....	25
<b>Figura 11.</b> Levantamiento topográfico 5 .....	25
<b>Figura 12.</b> Planta del Intercambiador de El Labrador. ....	29
<b>Figura 13.</b> Primer ramal ubicado en la Av. 10 de Agosto.....	32
<b>Figura 14.</b> Segundo ramal ubicado en la Av. Río Amazonas .....	33
<b>Figura 15.</b> Tercer ramal ubicado en la Av. 10 de Agosto .....	34
<b>Figura 16.</b> Cuarto ramal ubicado en la Av. Río Amazonas .....	35
<b>Figura 17.</b> Quinto ramal ubicado en la Av. Galo Plaza Laso.....	36
<b>Figura 18.</b> Sexto ramal ubicado en la Av. 10 de Agosto.....	37
<b>Figura 19.</b> Séptimo ramal ubicado en la Av. Río Amazonas .....	38
<b>Figura 20.</b> Perfil vertical del ramal 1 .....	45
<b>Figura 21.</b> Perfil vertical del ramal 2 .....	46
<b>Figura 22.</b> Perfil vertical del ramal 3 .....	47
<b>Figura 23.</b> Perfil vertical del ramal 4 .....	48
<b>Figura 24.</b> Perfil vertical del ramal 5 .....	49
<b>Figura 25.</b> Perfil vertical del ramal 6 .....	50
<b>Figura 26.</b> Perfil vertical del ramal 7 .....	51
<b>Figura 27.</b> Sumideros .....	52
<b>Figura 28.</b> Calzada del intercambiador inundada en granizo .....	53
<b>Figura 29.</b> Limpieza en sumideros .....	53
<b>Figura 30.</b> Agua estancada .....	54
<b>Figura 31.</b> Vehículos Livianos .....	55
<b>Figura 32.</b> Buses.....	56

<b>Figura 33.</b> Camiones .....	<b>56</b>
<b>Figura 34.</b> Vehículos Pesados .....	<b>57</b>
<b>Figura 35.</b> Ubicación de las Estaciones de Conteo .....	<b>58</b>
<b>Figura 36.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Norte-Sur .....	<b>72</b>
<b>Figura 37.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. Galo Plaza Sentido Sur-Norte.....	<b>73</b>
<b>Figura 38.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. 10 de Agosto Sentido Sur-Norte.....	<b>74</b>
<b>Figura 39.</b> Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Sur-Norte .....	<b>75</b>
<b>Figura 40.</b> Horas Pico Av. Amazonas (Norte-Sur) .....	<b>80</b>
<b>Figura 41.</b> Horas Pico Av. Galo Plaza (Sur-Norte).....	<b>80</b>
<b>Figura 42.</b> Horas Pico Av. 10 de agosto (Sur-Norte).....	<b>81</b>
<b>Figura 43.</b> Horas Pico Av. Amazonas (Sur-Norte) .....	<b>81</b>
<b>Figura 44.</b> Diagrama de representación de los Niveles de Servicio.....	<b>84</b>
<b>Figura 45.</b> Señalización preventiva .....	<b>88</b>
<b>Figura 46.</b> Señalización reglamentaria .....	<b>89</b>
<b>Figura 47.</b> Señalización informativa .....	<b>90</b>
<b>Figura 48.</b> Cruces peatonales .....	<b>90</b>
<b>Figura 49.</b> Flechas pavimentos.....	<b>91</b>
<b>Figura 50.</b> Líneas de división carriles .....	<b>91</b>
<b>Figura 51.</b> Velocidad máxima de circulación .....	<b>92</b>
<b>Figura 52.</b> Falta de letreros en la entrada de los carriles. ....	<b>93</b>
<b>Figura 53.</b> Falta de señalética horizontal.....	<b>93</b>
<b>Figura 54.</b> Carente de iluminación en los pasos deprimidos.....	<b>94</b>
<b>Figura 55.</b> Falta de líneas direccionales .....	<b>94</b>

## RESUMEN

El diseño de esta investigación busca una alternativa a la problemática de ¿Cómo contribuir a una mejor dinámica de la circulación de vehículos en el intercambiador de “El Labrador”? ubicado en el sector norte de la ciudad de Quito y ¿De qué manera este intercambiador se convierte en una zona de influencia del metro de Quito? La hipótesis buscará determinar una relación entre el volumen de vehículos y el desempeño operacional del intercambiador. El alcance de la investigación vendrá dado de forma correlacional ya que pretende conocer el grado de relación que existe entre el análisis operacional vial de un intercambiador y la aplicación de sistemas de transporte urbano. La metodología utilizada permite dar un enfoque mixto a la investigación basado en una lógica deductiva y datos medibles como lo son los conteos y aforos de los vehículos. Se hará uso de conceptos generales de diseño vial basados en la normativa ecuatoriana, así como de movilidad y transporte. Se pretende utilizar la teoría de los niveles de servicio para de esta manera conocer en qué nivel se encuentra el intercambiador y así se pueda facilitar el análisis operacional del intercambiador antes mencionado para poder evaluar y concluir sobre los resultados de la investigación.

Actualmente, esta estructura ya cuenta con un tráfico concurrido y genera dificultades en la circulación produciendo trancones y dificultades en la movilidad, con el mejoramiento operacional de este intercambiador se pretende asegurar un mejor nivel de servicio para el tránsito vehicular que a su vez forma parte tres arterias principales de la ciudad de Quito.

Finalmente, la idea sería proponer alternativas de bajo costo que ayuden a un mejor desempeño, señalando sus falencias a nivel operacional. Igualmente, será importante tomar en cuenta la gran influencia que ha traído la construcción del Metro de Quito, además de una estación multimodal en sus cercanías.

**Palabras Clave:** Intercambiador, zona de influencia, movilidad, volumen vehicular.

## ABSTRACT

The design of this research seeks an alternative to the problem of how to contribute to a better traffic flow in the "El Labrador" ramp located in the northern sector of the city of Quito and how this ramp becomes an area of influence for the Quito subway. The hypothesis will aim to determine a relationship between the vehicles volume and the ramp's operational performance. The scope of the research will be correlational as it seeks to understand the degree of relationship between the traffic operational analysis of a ramp and the application of urban transportation systems. The methodology used allows for a mixed approach to the research based on deductive logic and measurable data such as vehicle counts and surveys. General concepts of road design based on Ecuadorian regulations, as well as mobility and transportation, will be used. The intention is to use the theory of service levels to determine the level at which the ramp operates, facilitating the operational analysis of the aforementioned ramp to evaluate and draw conclusions about the research results.

Currently, this structure already experiences heavy traffic and causes difficulties in circulation, leading to traffic jams and mobility challenges. With the operational improvement of this ramp, the goal is to ensure a better level of service for vehicular traffic, which is part of three main arteries in the city of Quito.

Finally, the idea is to propose low-cost alternatives that contribute to better performance, highlighting operational deficiencies. It will also be important to consider the significant influence brought about by the construction of the Quito Subway, in addition to a multimodal station in its nearness.

**Keywords:** Ramp, zone of influence, mobility, vehicle volume.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

En la urbe de Quito, la movilidad se ve fuertemente restringida y se desarrolla en condiciones desfavorables que impactan tanto en la eficiencia económica como en la seguridad ciudadana, generando un impacto negativo en la calidad de vida de sus habitantes. Identificar las causas exactas de la congestión vehicular en la ciudad es un desafío complejo, aunque se presume que la topografía urbana, el crecimiento demográfico, la distribución desigual de funciones urbanas, el aumento en la cantidad de vehículos, la falta de infraestructura vial, la insuficiente educación vial y, especialmente, la preferencia por el uso del automóvil, son factores que inciden directamente en este problema.

Los usuarios buscan soluciones a nivel individual para satisfacer sus necesidades de movilidad, pero estas decisiones individuales a menudo contribuyen a consecuencias negativas, como el aumento desmesurado del parque automotor y, por ende, de la congestión vehicular. La saturación del tráfico en áreas centrales de la ciudad y en sus vías de acceso llevó a que, en el año 2008, el 17% de la red vial principal del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) estuviera en condiciones de saturación; si esta tendencia persiste, se proyecta que para el año 2025, el 54% de la red vial principal se encuentre en estado de saturación<sup>1</sup>.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo proponer posibles soluciones que puedan elevar el estándar de servicio y análisis operacional del intercambiador de "El Labrador".

Las repercusiones de la congestión vehicular están vinculadas a la disminución de la velocidad de

---

<sup>1</sup> Plan Maestro de Movilidad del DMQ (Municipio del DMQ, 2009 - 2025)



desplazamiento de los vehículos, la demora en los tiempos de viaje, desgaste de la infraestructura vial y una mayor contaminación ambiental, afectando negativamente la calidad de vida y la salud de los usuarios. Por ende, se hizo imperativo analizar la operatividad del flujo de tráfico o el nivel de servicio vehicular para identificar soluciones que modifiquen la percepción de los usuarios, abordando aspectos como la velocidad, la condición de flujo, el volumen de servicio, el tiempo de viaje y las posibilidades de maniobra.

La presencia de una estación de metro ejerce influencia en el flujo vehicular, así como el crecimiento poblacional y el aumento del nivel socioeconómico en Ecuador, factores que inciden en el número de vehículos matriculados. El Instituto Nacional de Estadística del Ecuador (INEC) registró entre los años 2014 y 2015 un crecimiento en la matriculación vehicular anual de 9,8%. Comparativamente se presenta un indicador para países latinoamericanos de 124 vehículos matriculados por cada 1000 habitantes, y registra un incremento vehicular de 8,8% entre 2016 y 2017 (INEC, 2016).

Según el Magister en Diseño Urbano y Territorial Daniel Maldonado, se debe prever que el mayor impacto urbano se produzca entorno a las 15 estaciones de acceso al servicio. Considerando que, una vez en funcionamiento el MQ, las estaciones se consolidarán como puntos de atracción de usuarios. El incremento en el flujo peatonal influenciado por las estaciones del MQ, potencialmente, podrían modificar el uso y ocupación del suelo de su entorno inmediato (Maldonado, 2018).

Por lo tanto, los 22 kilómetros de recorrido del MQ abren una brecha de posibilidades para los sectores circundantes a las 15 estaciones planificadas. No obstante, es importante destacar que no todos los sectores de Quito afectados por las estaciones del MQ exhiben características urbanas similares. Por consiguiente, el grado de influencia que cada estación ejercerá en su entorno variará en cada uno de los 15 casos.

Así pues, en el caso específico del sector de “El Labrador”, se observa esta influencia del MQ como parada intermodal, que a su vez hará conexión con la estación multimodal de alimentadores, debido a que se trata de una terminal de conexión con SITM<sup>2</sup>, que sin duda alguna influenciará directamente en el intercambiador al atraer alto flujo de usuarios y comercio.

Por tanto, es de suma importancia el estudio y análisis de la congestión vehicular en sector.

## **1.2 Problema de estudio**

### ***1.2.1 Antecedentes***

En 1990 se dio paso a la construcción del intercambiador de “El Labrador” del tipo estructural de losa con hormigón armado; con el fin de evitar la saturación de vehículos en esta interconexión. Sin embargo, el sector en donde hoy se asienta la estación multimodal El Labrador y donde también funcionará la primera parada del Metro (norte-sur), experimentó un cambio radical en los últimos cinco años; lo cual ha desembocado en un crecimiento importante de vehículos, ocasionando un problema de movilidad en distintas horas durante el día. Según la AMT<sup>3</sup> se ha registrado un incremento de 6.98% de vehículos matriculados durante el primer cuatrimestre de 2023. (Agencia Nacional de Tránsito, 2023).

### ***1.2.2 Importancia y alcance***

La existencia de los factores antes mencionados evidencia la afectación que está teniendo esta estructura para operar de manera óptima. Tomando en cuenta que los problemas de saturación vehicular en las calles de la ciudad generan no únicamente

---

<sup>2</sup> Sistema Integral de Transporte Masivo

<sup>3</sup> Agencia Metropolitana de Tránsito.

molestias en los usuarios, sino también pérdidas económicas y además provocan varios efectos en la población. Ciertamente, se observa el limitado manejo del sistema de movilidad urbano en Quito y de manera especial en zonas vulnerables como interconexiones de transporte público y privado.

Esta situación problemática requiere realizar una investigación y evaluación más técnica y profunda en el área vial, específicamente en estructuras viales como sucede con el intercambiador de “El Labrador”; pues de no hacerse esta evaluación la incidencia de este problema iría en aumento y serían varios los usuarios afectados por la inoperatividad de esta estructura.

Con la elaboración del presente proyecto se pretende contribuir a la población en general proporcionando un análisis técnico de modo que se puedan tomar decisiones con la intención de reforzar o remodelar la obra vial si las entidades pertinentes lo consideran necesario.

### ***1.2.3 Delimitación***

El sitio en donde se desarrollará el proyecto está ubicado en la ciudad de Quito, en el sector de “El Labrador” al Norte de la ciudad, las avenidas que esta obra interseca se encuentran detalladas en la tabla 1, además, se puede verificar con más detalle en la figura 1 que se presenta a continuación, cuyas coordenadas geográficas se encuentran en la Zona UTM: 17M

X:775495.16544253

Y: 9974570.7854669

**Tabla 1.**

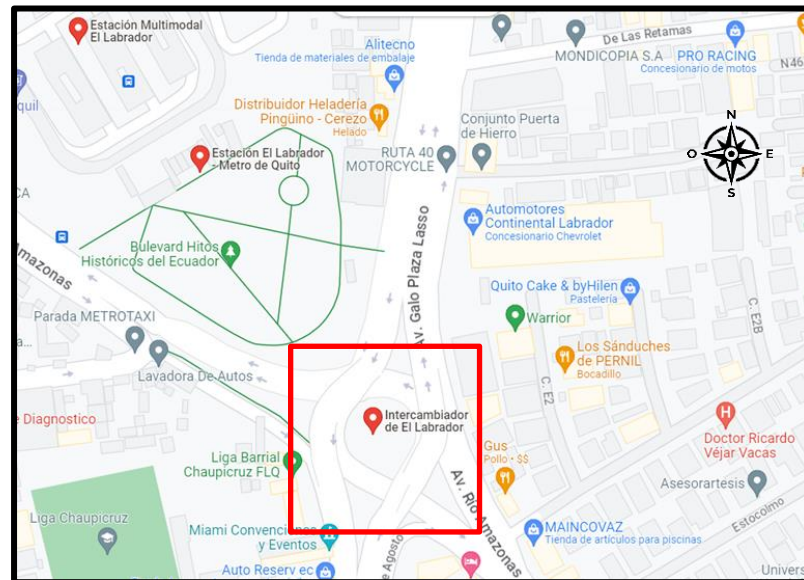
*Delimitación del proyecto*

<i>Puntos cardinales</i>	<i>Avenidas colindantes</i>
Noreste	Av. Galo Plaza Lasso
Sureste	Av. Río Amazonas
Noroeste	Av. Río Amazonas
Suroeste	Av. 10 de Agosto

*Nota.* Ubicación geo referenciada por el Sistema de Coordenadas UTM-WGS 1984.

**Figura 1.**

*Ubicación del proyecto*



*Nota.* En la imagen se puede observar el intercambiador que será objeto de estudio (“El Labrador”) delimitado con líneas rojas. Elaborado por: La Autora, a través de Google Maps.

**Figura 2.**

*Intercambiador “El Labrador”*



*Nota.* Vista aérea del intercambiador. Fuente: Listado de intercambiadores, pasos elevados y pasos deprimidos de Quito; EPMMOP.

**Figura 3.**

*Ubicación en el DMQ.*



*Nota.* En la imagen se puede observar la ubicación del intercambiador en la urbe. Fuente: Listado de intercambiadores, pasos elevados y pasos deprimidos de Quito; EPMMOP.

**Figura 4.**

*Vista desde Av. Galo Plaza dirección Sur-Norte*



*Nota.* Vista del intercambiador sentido Sur-Norte Av. Galo Plaza. Fuente: Listado de intercambiadores, pasos elevados y pasos deprimidos de Quito; EPMMOP.

**Figura 5.**

*Vista desde Av. Amazonas dirección Noroeste-Suroeste*



*Nota.* Vista del intercambiador sentido Noreste-Suroeste Av. Amazonas. Fuente: Listado de intercambiadores, pasos elevados y pasos deprimidos de Quito; EPMMOP.

**Figura 6.**

*Vista desde Av. Galo Plaza dirección Norte-Sur*



*Nota.* Vista del intercambiador sentido Norte-Sur Av. Galo Plaza. Fuente: Listado de intercambiadores, pasos elevados y pasos deprimidos de Quito; EPMMOP.

### **1.3 Justificación**

La causa principal para realizar este proyecto surge del malestar general que se está viviendo actualmente en la capital por la gran afectación de varias avenidas a causa del mal estado de las vías producido por el gran afluente de vehículos. Debido a esto, se manifiesta el interés por verificar si uno de los puntos claves de interconexión de la ciudad, como es el caso del intercambiador de “El Labrador”, se encuentra en óptimas condiciones para desempeñar correctamente su función operacional.

El presente proyecto beneficiará de manera general a los usuarios que constantemente necesitan hacer uso del intercambiador para trasladarse de un punto a otro. Más concretamente, a conductores de transporte público y privado. Todos estos usuarios se benefician al poder desplazarse de manera más rápida y eficiente por las vías interconectadas.

El desarrollo del proyecto es viable porque se puede realizar los conteos y estudios que sean necesarios sin mayor complicación, que servirán para la recolección de datos, de modo que se pueda llevar a cabo los análisis respectivos. De igual forma, existen registros e información sobre el intercambiador que se podría proporcionar por parte de entidades afines como la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, con el fin de obtener conclusiones relevantes para el desarrollo de este proyecto técnico.

El proyecto contribuirá con un estudio minucioso que permitirá tomar decisiones con el fin de procurar la seguridad y eficiencia de esta obra pública. Tomando en cuenta esta información se busca aportar a la promoción de nuevas investigaciones, y estudios sobre el tráfico que permitan mejorar la calidad de vida de los usuarios que transitan por este intercambiador.

## **1.4 Grupo Objetivo**

El grupo objetivo de un intercambiador vial está compuesto por los usuarios de la red de vías que se benefician directamente de su existencia.

Una vez realizada esta investigación, se tendrá una idea más concreta de la magnitud que conlleva la capacidad vial de un intercambiador y de qué manera se estaría beneficiando a los usuarios de esta obra vial.

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 General***

Realizar un análisis operacional de diversos parámetros y características del flujo de tráfico que pasa a través del intercambiador “El Labrador”, mediante las metodologías de conteo vehicular como el TPDA, para poder establecer un fundamento técnico de las condiciones actuales en las que se encuentra dicha estructura.

### ***1.5.2 Específicos***

Establecer los tiempos de circulación vehicular en los horarios de demoras promedio, a través del método de observación en campo, específicamente en el sitio del caso de estudio, de forma que se proporcione información sobre la eficiencia de la infraestructura y la capacidad para manejar el flujo de vehículos de manera fluida.

Determinar las características geométricas del intercambiador, haciendo uso de la topográfica existente del terreno, a fin de conocer el tipo de terreno y su sección transversal.

Identificar el tipo de tráfico que circula por el intercambiador en un período de tiempo determinado, por medio de plantillas y tablas proporcionadas por el ministerio de



transporte, con el propósito de clasificar los vehículos.

Analizar los flujos de entrada y salida del intercambiador, valorando y promediando su relación volumen vs. capacidad para clasificarlos en los distintos niveles de servicio, por medio del grado de congestión y el rendimiento operativo, que indiquen una capacidad adecuada y las condiciones más congestionadas cuando hay una menor capacidad.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Intercambiador**

De acuerdo al manual NEVI-12 (2013), de la normativa ecuatoriana, se establece que un Intercambiador es un dispositivo vial, el cual está constituido por estructuras en diferentes niveles y también cuenta con ramales de interconexión, los cuales permiten el intercambio de vehículos entre dos o más vías. Por otro lado, es importante señalar que en este tipo de estructuras viales están previstos ciertos conflictos que pueden generarse por el cruce de flujos entre una y otra vía por el ingreso y salida de los distintos ramales.

#### **2.2 Plan de Movilidad**

Conforme el plan maestro de movilidad del DMQ<sup>4</sup> para el periodo de 2009 a 2025, el mejoramiento de la circulación vehicular debe darse a través de la gestión del tráfico, para de esta manera busca disminuir los altos niveles de congestión (demoras y tiempos de viaje) en intersecciones, (intercambiadores) y tramos viales. Este plan maestro también busca implementar medidas para el uso más eficiente de la red vial disponible para la circulación de los vehículos evitando zonas saturadas.

#### **2.3 Capacidad vehicular**

Evidentemente, se observa que ciertas zonas de la ciudad se encuentran saturadas, limitando así su capacidad vial. Un informe realizado por (Romero, 2017), indica que de lunes a viernes se presentan 10 contraflujos en el centro norte de la ciudad de Quito.

---

<sup>4</sup> Distrito Metropolitano de Quito.

La capacidad denota la cantidad máxima de flujo vehicular que se puede generar en la vía, de manera aproximada; sin que ésta afecte el nivel de servicio que previamente se estableció para este tipo de construcción vial. Por lo tanto, la capacidad vehicular que se presente en el intercambiador vendrá a ser un factor relevante al momento de distribuir el volumen del tránsito a través de la vía y durante un periodo de tiempo determinado.

Según lo que indica la normativa ecuatoriana vial, NEVI-12, si el volumen de tránsito en una carretera es menor que su capacidad, los conductores tienen cierta libertad de maniobra y los que lo deseen pueden moverse más rápidamente que los más lentos; sin embargo, los conductores más rápidos no pueden escoger con completa libertad la velocidad que deseen, a menos que el volumen de tránsito sea muy bajo. En cambio, si el volumen de tránsito supera el valor de la capacidad de la vía, se presenta lo que se llama congestión de tránsito: todos los vehículos tienen que viajar a igual velocidad, establecida por los vehículos más lentos, y hay poca o ninguna oportunidad de adelantar a otros vehículos (NEVI-12, 2013, p. 59).

## **2.4 Niveles de Servicio**

Dentro del proceso de inspección preliminar, se evaluará el estado general de la estructura. Esta evaluación preliminar puede incluir la revisión del nivel de servicio que el intercambiador está generando en los usuarios.

**Tabla 2.**

*Niveles de Servicio*

<i>Nivel</i>	<i>Descripción</i>
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito, relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

*Nota.* En la tabla 2 se encuentran descritos los niveles de servicio. Fuente: (Cerquera, 2007, p.2).

## **2.5 Tráfico Promedio Diario Anual [TPDA]**

El TPDA es una medida estadística que se utiliza para obtener una representación promedio del volumen de tráfico a lo largo de un año. Esto permite a los ingenieros de tráfico y planificadores de transporte estimar la demanda de tráfico y determinar si una vía o tramo de carretera tiene capacidad suficiente para satisfacer esa demanda.

El TPDA va a depender de la importancia de la vía para colocar estaciones de conteo. Este valor se calcula dividiendo la cantidad de vehículos que se observó durante una semana cuando se realizó el conteo en ciertas horas del día, obteniendo así un promedio de 24 horas.

Según los autores Cal y Mayor, existen varios parámetros para realizar el análisis de volúmenes de vehículos.

**Tabla 3.**

*Parámetros de conteo*

<i>Fórmulas</i>	<i>Descripción</i>
$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}}$	Donde: TPD: Tránsito promedio diario N: Número de unidades o vehículos que van a circular T: Periodo de tiempo.
$TPDA = \frac{TA}{365}$	Donde: TPDA: Tránsito promedio diario anual. TA: Tránsito total que circulará durante un año.
$TPDM = \frac{TM}{30}$	Donde: TPDM: Tránsito promedio diario mensual. TM: Tránsito total que circulará durante un mes.
$TPDS = \frac{TS}{7}$	Donde: TPDS: Tránsito promedio diario semanal. TS: Tránsito total que circulará durante una semana.

*Nota.* En la tabla 3 se encuentran fórmulas generales que permiten determinar los promedios de tránsito de los aforos. Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

## 2.6 Horario de máxima demanda [Factor]

Es necesario determinar el tiempo que duran los flujos máximos, ya que esta información permite realizar la planeación de los controles de tránsito. Además, es

importante saber de qué forma puede variar este volumen. Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que se conserve la misma frecuencia del flujo durante toda la hora (Naranjo y Garces, 2013, p. 41).

Para indicar el flujo y sus características en periodos de máxima demanda será necesario hacer uso de un factor que nos permita realizar este cálculo.

Para Baeza (2012), este factor muestra de qué manera se realiza la distribución de volúmenes máximos durante cada hora, tomando en cuenta el valor de la unidad, para indicar si existen concentración de flujo o si se está dando una distribución uniforme.

Otros autores como Cal y Mayor, (2007), relacionan el volumen horario de máxima demanda VHMD con el volumen máximo  $V_{\max}$  durante un periodo de tiempo dentro de la misma hora  $N$ .

**Tabla 4.***Volumen horario de máxima demanda*

<i>Fórmulas</i>	<i>Descripción</i>
$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{m\acute{a}x})}$	Donde: FHMD: Factor hora de la máxima demanda. VHMD: Volumen horario de la máxima demanda. N: Número de periodos durante la hora de la máxima demanda. Q <sub>máx</sub> : Flujo máximo
$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15m\acute{a}x})}$	Donde: Q <sub>15máx</sub> = Flujo máximo para el periodo de 15 minutos.
$FHMD_5 = \frac{VHMD}{12(Q_{5m\acute{a}x})}$	Donde: Q <sub>5máx</sub> = Flujo máximo para el periodo de 5 minutos.

*Nota.* En la tabla 4 se encuentran formulas generales que permiten determinar los volúmenes de tránsito. Fuente: (Cal y Mayor, 2007)

## 2.7 Volumen Vehicular

La normativa ecuatoriana (NEVI-12, 2013) define el volumen vehicular como el número de vehículos que pasan por una sección específica y durante un periodo de tiempo determinado. En esta parte se hace una diferenciación entre la demanda, volumen y capacidad, pues el primer concepto se refiere a los vehículos que van a ser uso del intercambiador mientras que el volumen son los vehículos que hacen uso del intercambiador y la capacidad son los vehículos que pueden hacer uso del intercambiador.

## **2.8 Aforos**

Con el fin de poder analizar y evaluar la operatividad del intercambiador, es necesario obtener la capacidad vehicular que transita por el mismo; para lo cual se requiere realizar aforos o conteos del número de vehículos. Este conteo se lo puede realizar de manera manual o de forma automática, esto va a depender del factor económico.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

Para abordar los objetivos detallados en este proyecto se empleará la metodología de investigación explorativa y descriptiva ya que la evaluación que se quiere realizar proporcionará resultados de campo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es generar conclusiones y resultados precisos a través de la exploración sistemática y la observación en campo del intercambiador de “El Labrador”.

La población seleccionada está representada por la red vial de usuarios vehiculares que comprende el sector de “El Labrador” al Norte de la capital. Esta población será donde se generarán los resultados de esta investigación. Es importante mencionar que la muestra tomada será considerada de manera geográfica ya que se trata de un elemento específico que se está viendo afectado.

#### **3.2 Método de Investigación**

La base metodológica de la investigación se sustenta en distintos métodos, que servirán para el estudio del caso mediante la identificación de componentes y relaciones que permitan estructurar y medir de forma más acertada las variables del proyecto técnico.

Este trabajo tomará un enfoque sistémico estructural funcional, que, según Ocaña, conforma un sistema de procedimientos e indicaciones que guían un proceso y que, si son aplicados conscientemente por los sujetos de acuerdo a la naturaleza del objeto, a la hipótesis que elabora y a la diversidad de las tareas que se realizan, permiten la construcción

del conocimiento de manera coherente y rigurosa (Ocaña, 2016).

También se hará uso del método histórico, que, según Rivero, está relacionado con el estudio de la verdadera trayectoria de fenómenos y eventos en el transcurso de un período. La lógica implica estudiar las leyes generales de aparición y desarrollo de los fenómenos y estudiar su esencia. Este método nos permitirá evaluar y sintetizar información con el objeto de formular conclusiones y criterios sobre hechos pasados que expliquen vínculos y que conduzcan a hallar y comprender las evidencias que respalden el estado presente (Rivero, 2017).

Por último, se usará el método Inductivo-Deductivo, triangulando y complementando todas las metodologías utilizadas para comparar y complementar revisión documental y de esta manera obtener mayor certeza en los resultados y conclusiones.

### **3.3 Técnica de recolección de información**

“El momento de aplicar los instrumentos de medición y recolectar los datos representa la oportunidad para el investigador de confrontar el trabajo conceptual y de planeación con los hechos” (Sampieri, 2014, p. 196).

#### **3.3.1 Inspección visual**

En primer lugar, se usará el método de la Observación Real que propone Acuña, para caracterizar el tráfico y el funcionamiento superficial del intercambiador “El Labrador”.

#### **3.3.2 Conteo de vehículos**

Así mismo, se empleará el método Estadístico Matemático para sintetizar de manera porcentual la evolución adquisitiva y tendencial de los vehículos que transitan por la zona en estudio.

### **3.4 Proceso técnico de Ingeniería Civil**

En este apartado se detallarán los procesos técnicos que se realizarán para cumplir cada uno de los objetivos.

#### **3.4.1 Características Geométricas de los Ramales**

Mediante la metodología antes mencionada, se procederá a hacer el levantamiento de la información existente sobre los ramales del intercambiador; es decir, el diseño y dimensionamiento de entradas, salidas, anchos de las rampas, curvaturas, pendientes y peraltes, de esta manera obtendrá las secciones y el perfil longitudinal para una mejor comprensión del diseño constructivo que posee el intercambiador.

#### **3.4.2 Diagnóstico de la Condición del Pavimento en el Intercambiador**

Para realizar este diagnóstico superficial se usará la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas.

#### **3.4.3 Tipo de Tráfico**

Por medio de plantillas y ábacos se procederá a clasificar los vehículos. Además, se hará uso de la tabla de pesos y dimensiones proporcionada por el ministerio de transporte que detalla los tipos de vehículos motorizados, remolques y semirremolques con sus posibles combinaciones y sus correspondientes pesos y dimensiones permitidas.

#### ***3.4.4 Velocidades de Circulación***

A partir de la observación del flujo vehicular, se puede determinar las velocidades de circulación tanto en el flujo de entrada, como en el flujo de salida. Las mismas que van a ir variando las tasas de flujo de tráfico a distintas horas durante el día. Para este análisis se hará uso de la metodología propuesta en el Manual de Capacidad de Carreteras 2000.

#### ***3.4.5 Tiempos de demoras promedio***

A través del método de observación en campo, específicamente en el sitio del caso de estudio, de forma que se proporcione información sobre la eficiencia de la infraestructura y la capacidad para manejar el flujo de vehículos de manera fluida.

#### ***3.4.6 Evaluación de los Niveles de Servicio***

Uno de los modelos más utilizados que estudia la percepción de los usuarios de las vías son los Niveles de servicio que han sido definidos a través de la valoración de las condiciones de circulación existentes dentro de la corriente de tráfico (TRB, 2000).

## CAPÍTULO IV

### LEVANTAMIENTO DISEÑO GEOMÉTRICO

#### 4.1 Topografía del Intercambiador

El levantamiento topográfico desempeña un papel fundamental para conocer el aspecto geométrico del intercambiador. Proporciona información detallada sobre la topografía, incluyendo elevaciones, pendientes, curvas de nivel y detalles sobre la forma del terreno. Esta información es crucial para comprender la geometría y evaluar con precisión la viabilidad y el análisis operacional de este proyecto.

Para llevar a cabo este levantamiento, se utilizó un equipo GPS topográfico GNSS de la marca SOUTH, el mismo que fue operado por personal capacitado en el manejo del equipo tecnológico.

**Figura 7.**  
*Equipo Topográfico*



*Nota.* En la imagen se puede observar el equipo utilizado para el levantamiento topográfico del intercambiador. Fuente: Alibaba

Primeramente, se estableció un punto de referencia en un lugar estratégico dentro del intercambiador para iniciar el levantamiento.

El equipo GPS topográfico GNSS SOUTH se utilizó para registrar las coordenadas geoespaciales de los puntos clave en el intercambiador, incluyendo el inicio y el final de cada rampa.

1. **Mediciones de Longitud:** Se midió la distancia con la creación de un eje entre los puntos de inicio y final de cada rampa para determinar su longitud.
2. **Mediciones de Pendiente:** Utilizando los datos de elevación registrados por el GPS, se calculó la pendiente de cada rampa con la ayuda del software Civil3D. La pendiente se expresó en m.s.n.m.
3. **Mediciones de Ancho:** Se midió el ancho de cada rampa en su punto más ancho.

### Figura 7.

#### *Levantamiento topográfico 1*



*Nota.* Imagen captada por el GPS para el levantamiento topográfico del intercambiador.  
Elaborado por: La Autora.

**Figura 8.**

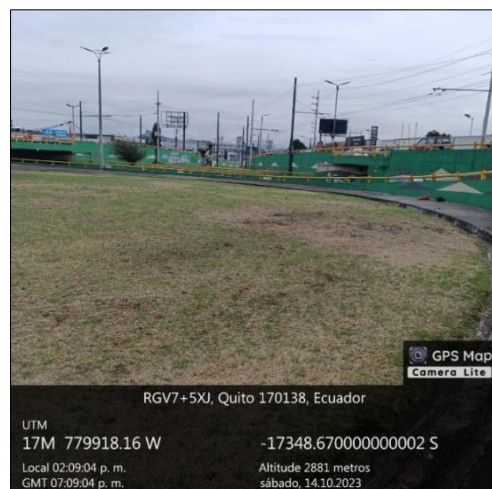
*Levantamiento topográfico 2*



*Nota.* Imagen captada por el GPS para el levantamiento topográfico del intercambiador.  
Elaborado por: La Autora.

**Figura 9.**

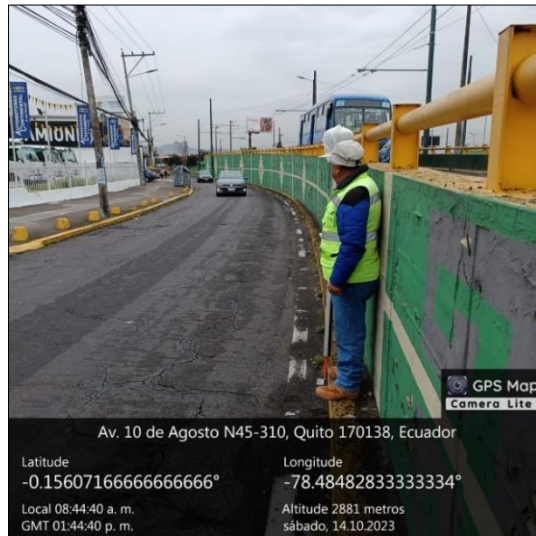
*Levantamiento topográfico 3*



*Nota.* Imagen captada por el GPS para el levantamiento topográfico del intercambiador.  
Elaborado por: La Autora.

**Figura 10.**

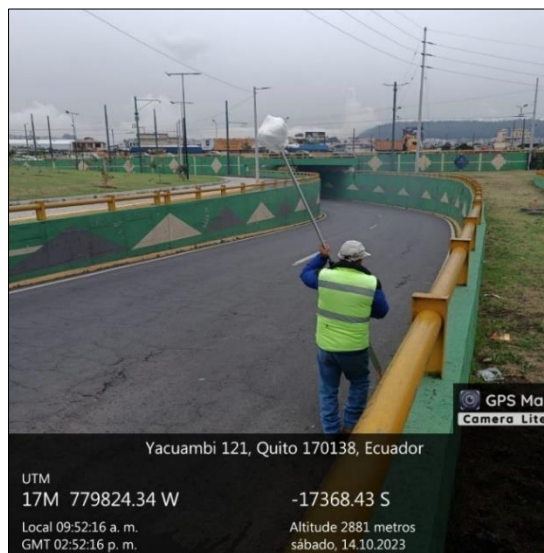
*Levantamiento topográfico 4*



*Nota.* Imagen captada por el GPS para el levantamiento topográfico del intercambiador.  
Elaborado por: La Autora.

**Figura 11.**

*Levantamiento topográfico 5*



*Nota.* Imagen captada por el GPS para el levantamiento topográfico del intercambiador.  
Elaborado por: La Autora.



## 4.2 Ramales

Un ramal en una vía se refiere a una sección de vía que se separa de la ruta principal y generalmente permiten el ingreso o la salida de la avenida principal para acceder a otras vías específicas.

Evidentemente, estos deben estar diseñados para permitir que el tráfico fluya de manera eficiente hacia el intercambiador, donde los conductores puedan cambiar de una vía a otra o tomar una dirección diferente en su viaje.

Para el caso de estudio se ha clasificado al intercambiador, como tipo rotonda, que de acuerdo al Manual de diseño de Carreteras de Ecuador (MOP, 2003), este tipo de intercambiador posee las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas.

- Fácil comprensión.
- Permite todos los movimientos.
- Movimiento continuo.

Desventajas.

- Baja capacidad.
- Baja velocidad.
- Considerable superficie.
- Zonas de entrecruzamiento cortas.

El intercambiador de “El Labrador” cuenta con tres avenidas que convergen en este punto las cuales son la Av.10 de agosto, la Av. Río Amazonas y la Av. Galo Plaza Lasso; de esta manera, se forman siete ramales.

### 4.2.1 Entradas

Las entradas a un intercambiador vial se diseñan de manera que permitan una transición segura y eficiente del tráfico desde las vías principales hacia el intercambiador y viceversa, considerando factores de flujo de tráfico, seguridad y capacidad de la infraestructura vial.

Deben diseñarse carriles de entrada apropiados para permitir que los vehículos que se acercan al intercambiador cambien de carril de manera segura y sin obstáculos.

Según la normativa ecuatoriana MOP, 2003, la forma en que se definen y diseñan estas entradas depende de varios factores, como la ubicación, la capacidad de tráfico y las necesidades de la zona. Algunos de los elementos clave para definir los ramales de un intercambiador vial incluyen:

- **Direcciones principales:** Los ramales deben conectarse a las carreteras principales que convergen en el intercambiador. Estas carreteras suelen ser las arterias principales de la red de transporte.
- **Señalización:** La señalización adecuada es esencial para indicar claramente a los conductores qué carril deben tomar para dirigirse hacia el intercambiador y hacia qué dirección deben dirigirse una vez dentro de él.
- **Evaluación del flujo de tráfico:** Es importante tener en cuenta el volumen de tráfico y la velocidad promedio de los vehículos en las entradas para determinar el diseño adecuado y la capacidad de estas vías de acceso.
- **Seguridad:** Se deben implementar medidas de seguridad, como barreras y señalización adecuada, para reducir el riesgo de accidentes en las entradas y salidas del intercambiador vial.

### **4.2.2 Salidas**

Las salidas de un intercambiador vial son igualmente importantes que las entradas y deben ser diseñadas de manera que permitan a los conductores abandonar el intercambiador de manera segura y eficiente. La coordinación efectiva entre las entradas y salidas es esencial para garantizar el funcionamiento adecuado del intercambiador vial en su conjunto.

### **4.3 Anchos de los ramales y rampas**

Los anchos de los ramales, son en función del radio, tipo de operación y tipo de vehículo. Los ramales o carriles de vinculación, pueden diseñarse para operar en uno o dos sentidos, dependiendo de las características geométricas de la intersección.

Según las normas de diseño geométrico ecuatorianas, los anchos de pavimento se clasifican de acuerdo al tipo de operación que utilizarán en:

Tipo I: Un carril, un sentido de marcha sin rebasamiento de vehículo detenido.

Tipo II: Un carril, un sentido de marcha, con rebasamiento de vehículo detenido.

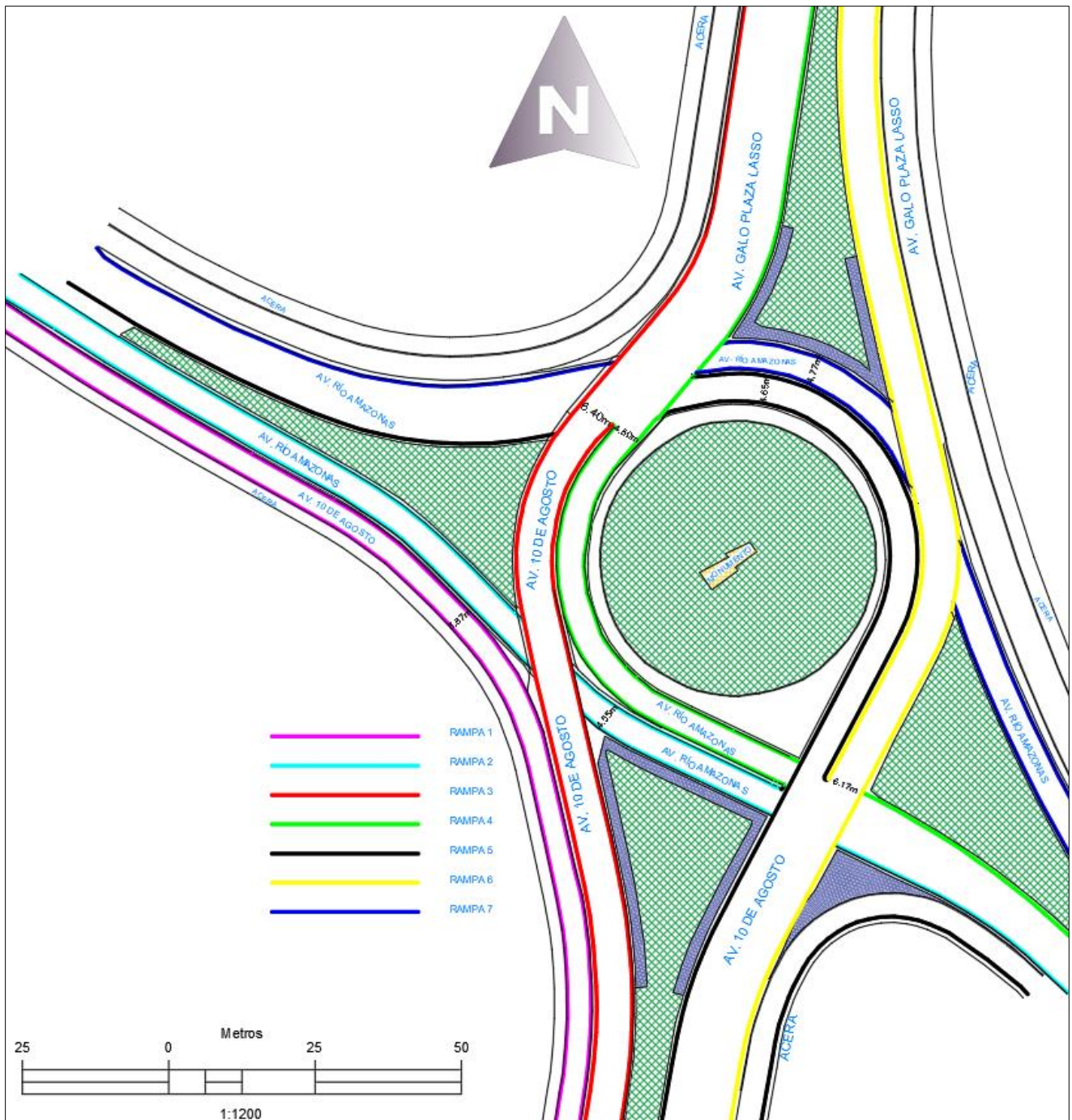
Tipo III: Dos carriles, para operar en uno o dos sentidos de circulación.

(MOP,2003).

Para el caso particular del Intercambiador de “El Labrador”, existen algunos ramales que se conforman de un solo carril y otros se conforman de dos carriles.

**Figura 12.**

*Planta del Intercambiador de El Labrador.*



*Nota.* En la imagen se puede observar la implantación del intercambiador que será objeto de estudio delimitado cada ramal con distintos colores. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 5.***Ramales del intercambiador*

<b>Código</b>	<b>Avenida</b>	<b>Dirección</b>	<b>Nivel</b>	<b>No. Carriles</b>	<b>Ancho</b>
<b>R1</b>	Av. 10 de Agosto	Norte - Sur	A nivel	1	3.87
<b>R2</b>	Av. Amazonas	Norte - Sur	Desnivel	1	4.55
<b>R3</b>	Av. 10 de Agosto	Norte - Sur	A nivel	1	6.40
<b>R4</b>	Av. Amazonas	Norte - Sur	Desnivel	1	4.60
<b>R5</b>	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	A nivel	1	4.65
<b>R6</b>	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	Desnivel	1	6.17
<b>R7</b>	Av. Amazonas	Sur - Norte	Desnivel	1	4.77

*Nota.* En la tabla se puede observar la ramificación de los ramales que integran el intercambiador.  
Elaborado por: La Autora.

#### 4.4 Curvatura de los carriles

La curvatura de los carriles en este intercambiador de tipo circular se refiere a la inclinación o ángulo con el que los carriles están dispuestos en la curva de la vía. Esta curvatura se mide en grados y tiene un impacto significativo en la seguridad y la eficiencia de la circulación de vehículos en la vía. (MOP, 2003)

La curvatura de los carriles en un intercambiador circular generalmente se define mediante dos conceptos clave:

#### 4.4.1 Radio de Curvatura

El radio de curvatura es la distancia desde el centro del intercambiador circular hasta el punto donde los carriles se inclinan o curvan. Un radio de curvatura más grande indica una curvatura más suave, lo que permite que los vehículos giren con menos esfuerzo y a una velocidad más alta sin perder el control. Por el contrario, un radio de curvatura más pequeño indica una curva más cerrada, lo que requiere que los conductores reduzcan la velocidad. (MOP, 2003)

#### 4.4.2 Radios de Giro

Básicamente, el radio de giro es una medida fundamental para determinar la geometría y la seguridad de las curvas en vías y es esencial para garantizar un tránsito seguro y eficiente. (MOP,2003)

**Tabla 6.**

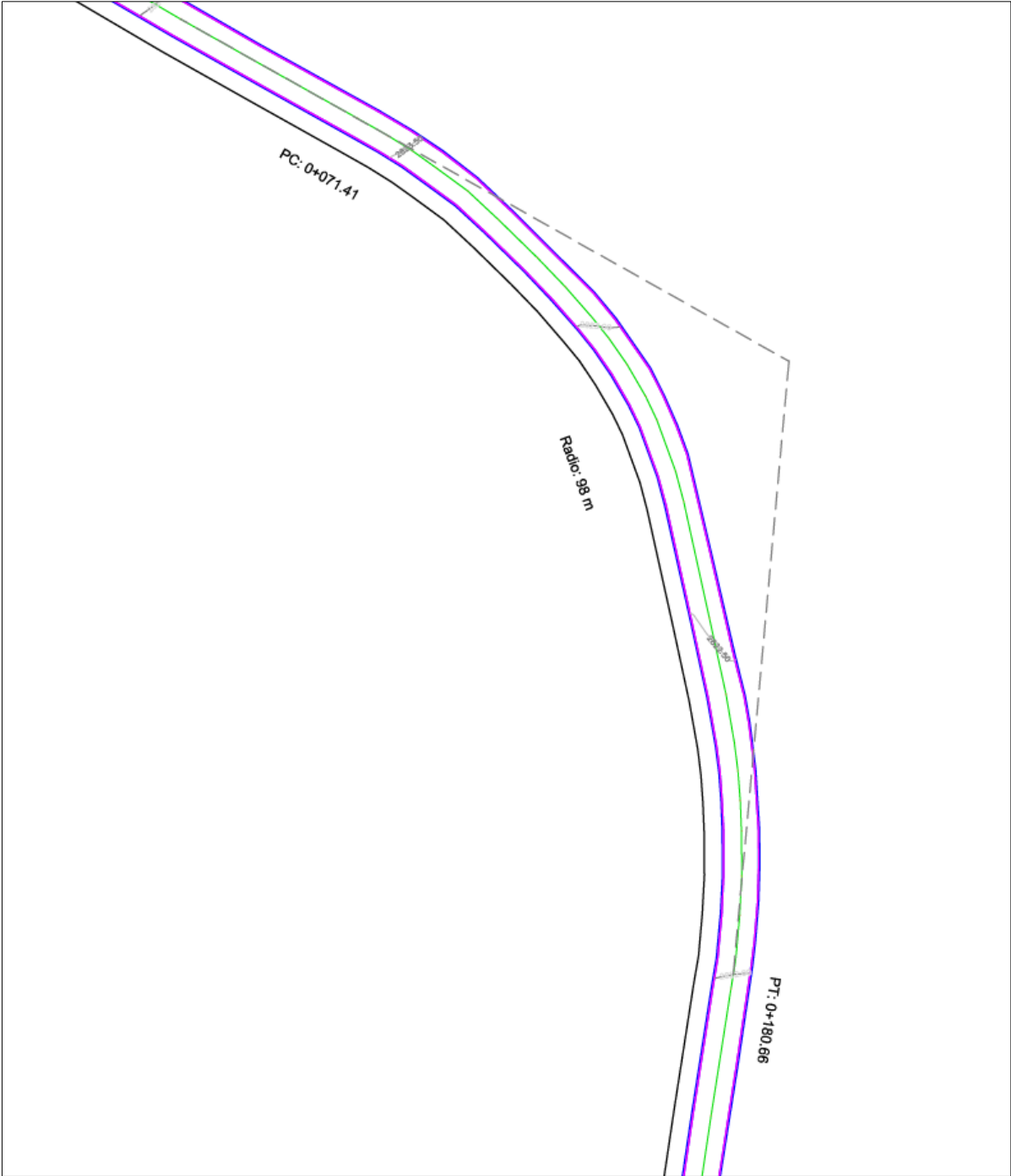
*Primer ramal*

<i>Código</i>	<i>Curva</i>	<i>Radio [m]</i>
R1	1	98

*Nota.* En la tabla se puede observar el radio de curvatura del ramal 1. Elaborado por: La Autora.

**Figura 13.**

*Primer ramal ubicado en la Av. 10 de Agosto*



*Nota.* En la imagen se puede observar los radios de giro del primer ramal. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 7.**

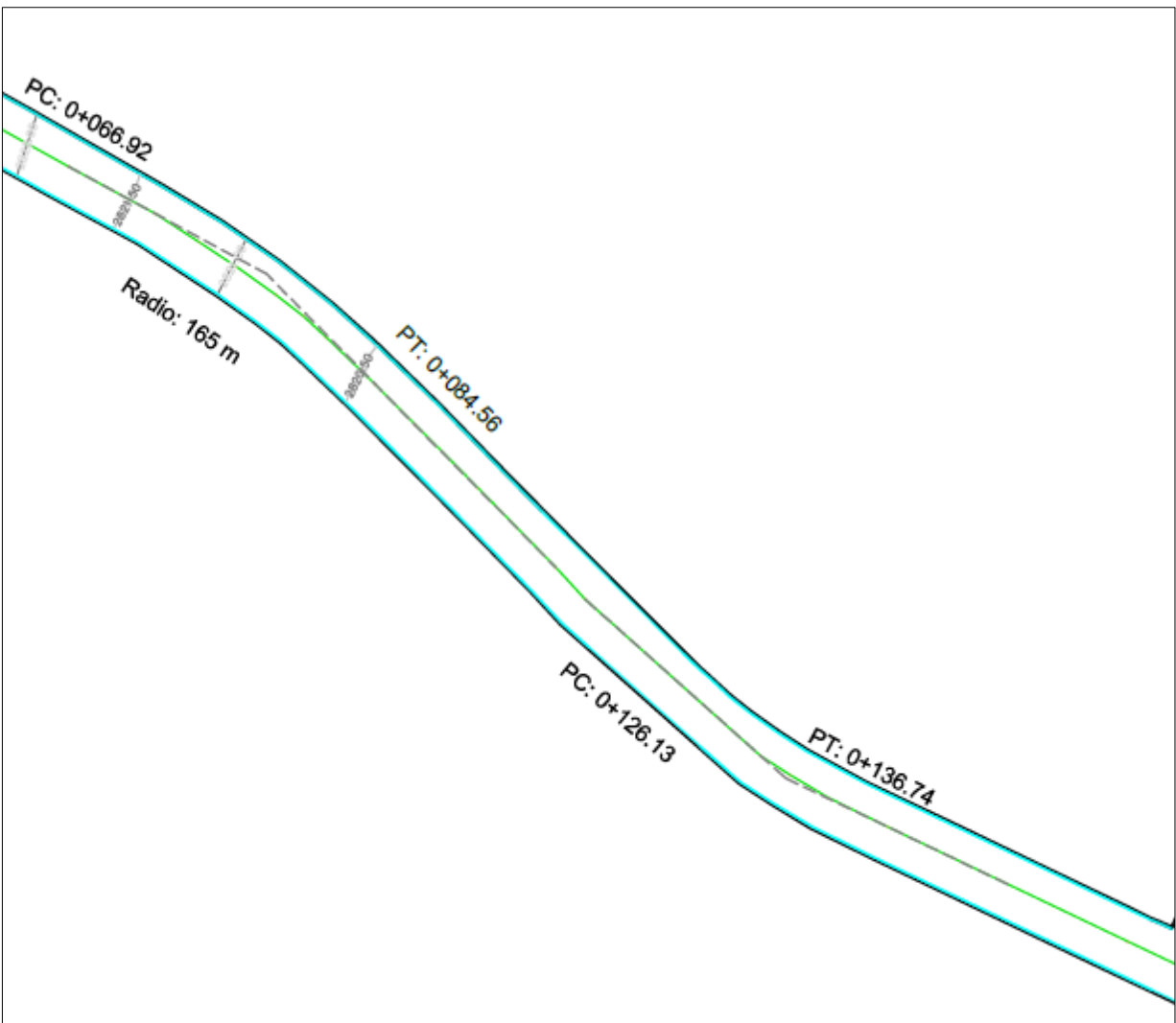
*Segundo ramal*

<i>Código</i>	<i>Curva</i>	<i>Radio [m]</i>
R2	1	165

*Nota.* En la tabla se puede observar el radio de curvatura del ramal 2. Elaborado por: La Autora.

**Figura 14.**

*Segundo ramal ubicado en la Av. Río Amazonas*



*Nota.* En la imagen se puede observar los radios de giro del segundo ramal. Elaborado por: La Autora.



**Tabla 8.**

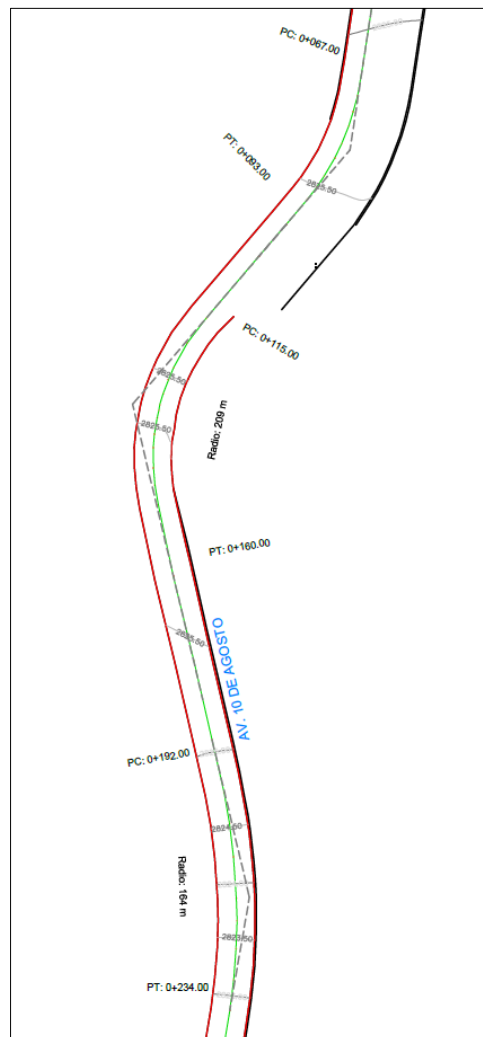
*Tercer ramal*

<i>Código</i>	<i>Curva</i>	<i>Radio [m]</i>
R3	1	209
	2	164

*Nota.* En la tabla se puede observar el radio de curvatura del ramal 3. Elaborado por: La Autora.

**Figura 15.**

*Tercer ramal ubicado en la Av. 10 de Agosto*



*Nota.* En la imagen se puede observar los radios de giro del tercer ramal. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 9.**

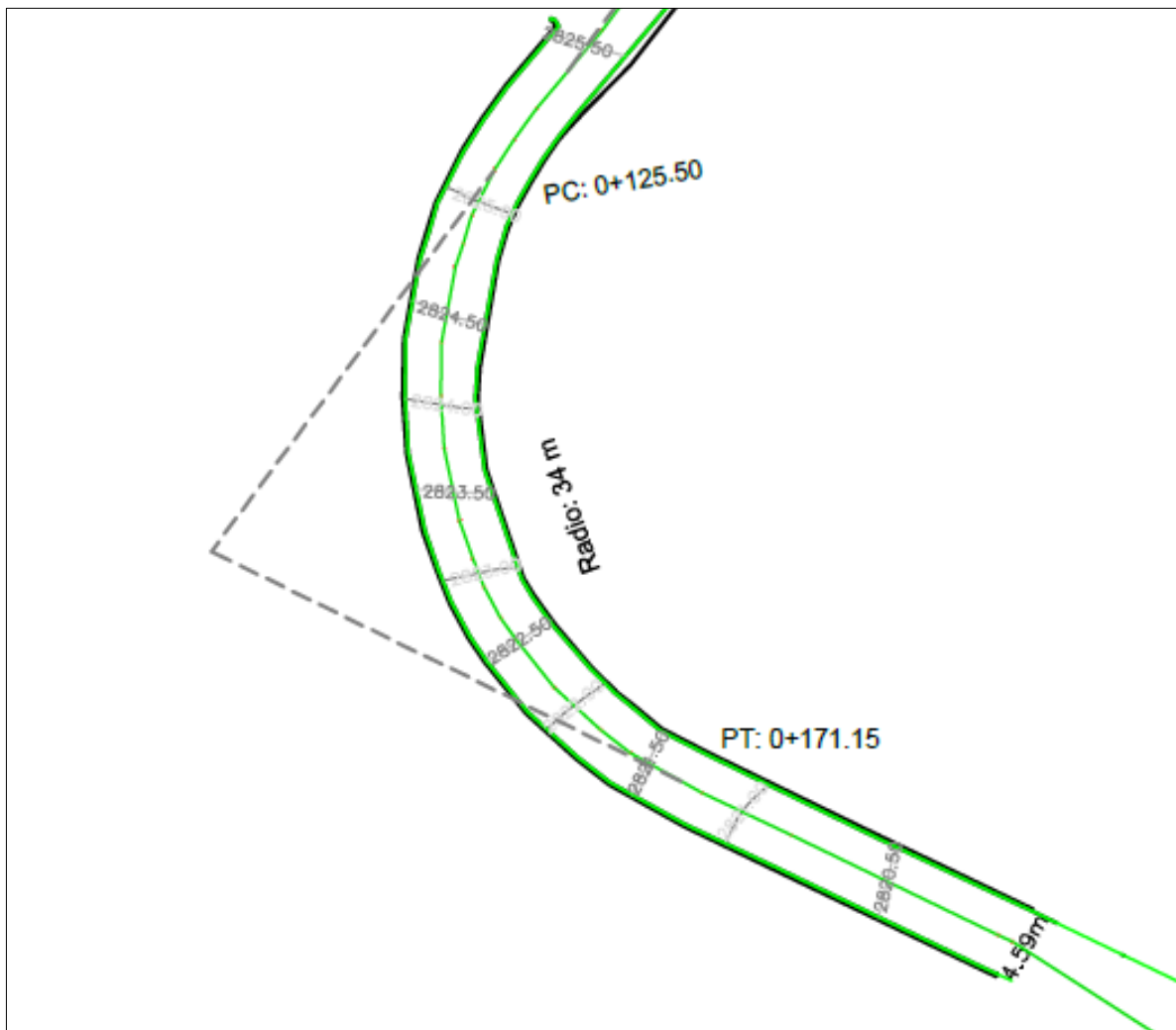
*Cuarto ramal*

<i>Código</i>	<i>Curva</i>	<i>Radio [m]</i>
R4	1	34

*Nota.* En la tabla se puede observar el radio de curvatura del ramal 4. Elaborado por: La Autora.

**Figura 16.**

*Cuarto ramal ubicado en la Av. Río Amazonas*



*Nota.* En la imagen se puede observar los radios de giro del cuarto ramal. Elaborado por: La Autora.

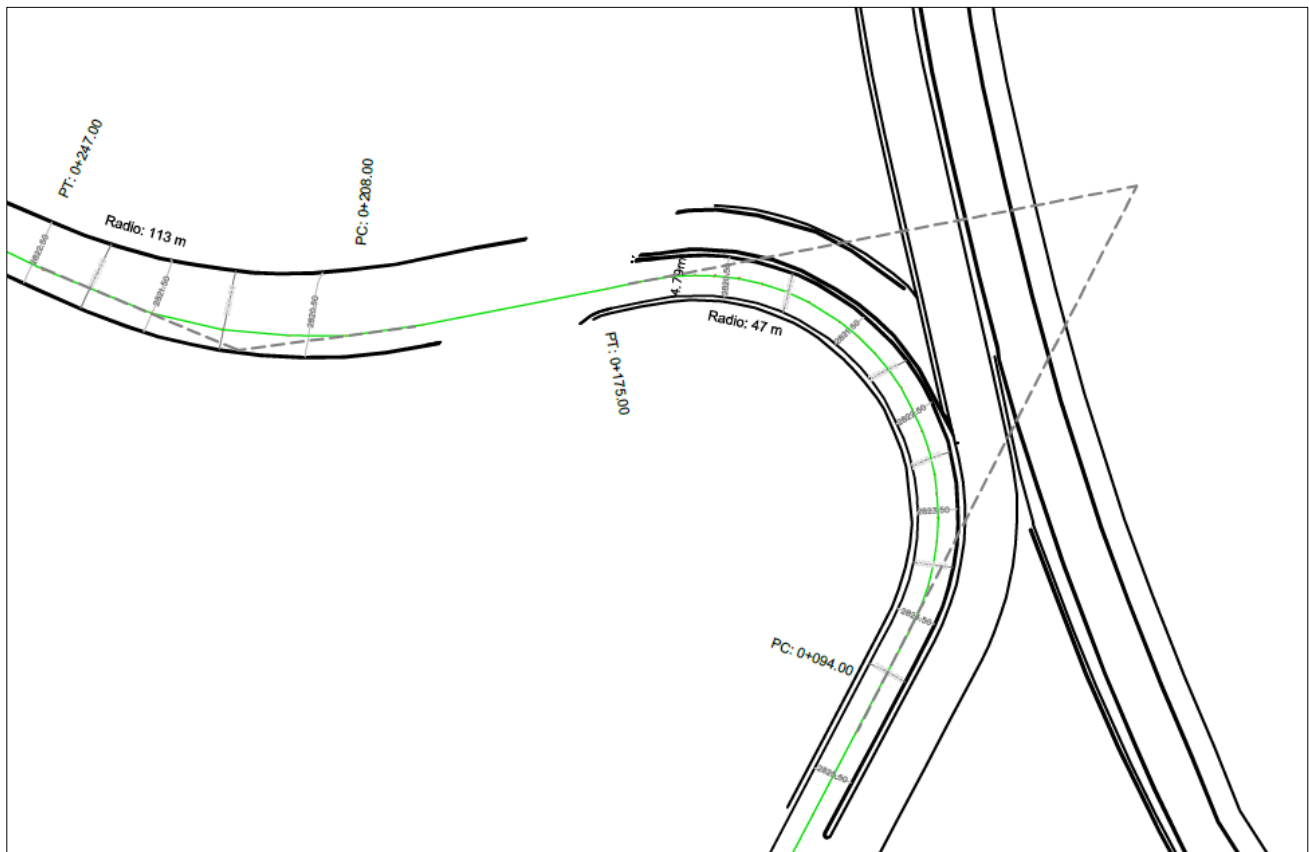
**Tabla 10.**  
*Quinto ramal*

<i>Código</i>	<i>Curva</i>	<i>Radio [m]</i>
R5	1	47

*Nota.* En la tabla se puede observar el radio de curvatura del ramal 5. Elaborado por: La Autora.

**Figura 17.**

*Quinto ramal ubicado en la Av. Galo Plaza Laso*



*Nota.* En la imagen se puede observar los radios de giro del quinto ramal. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 11.**

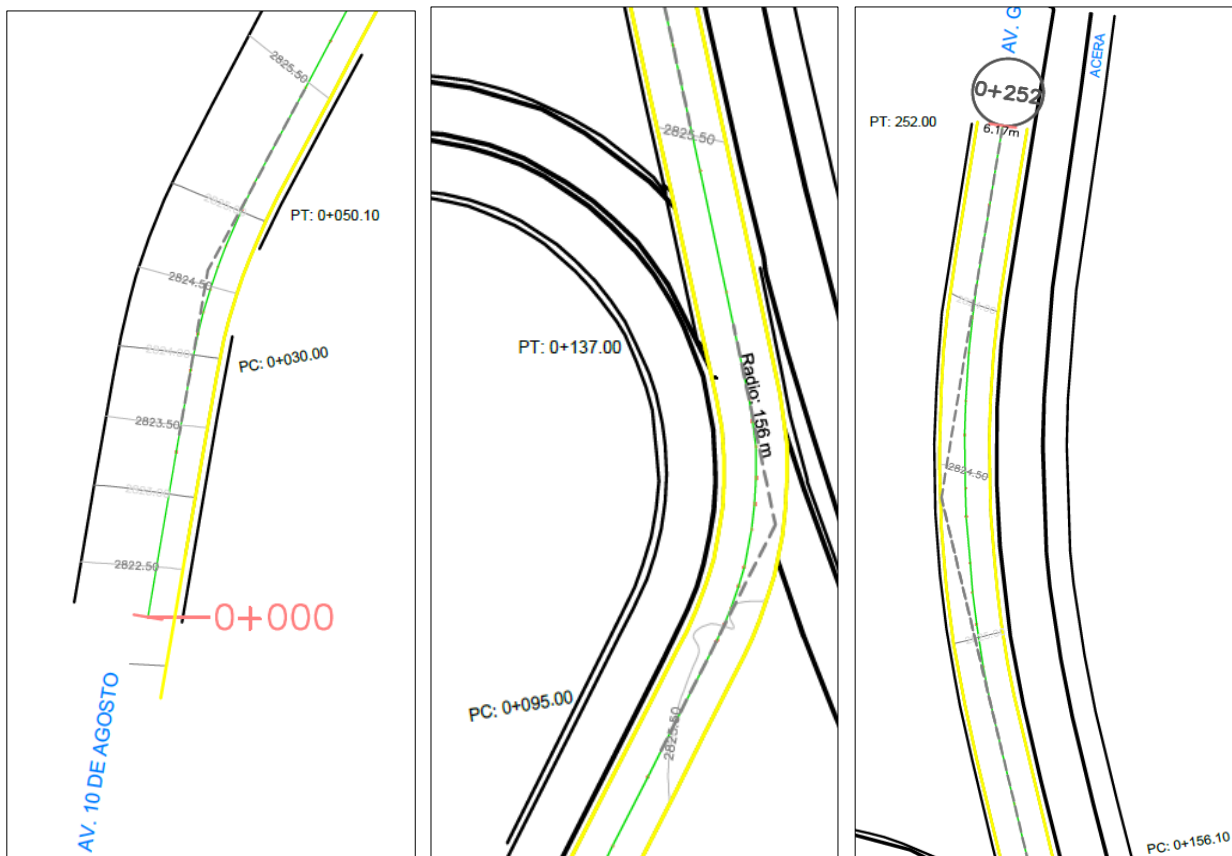
*Sexto ramal*

<i>Código</i>	<i>Curva</i>	<i>Radio [m]</i>
R6	1	156

*Nota.* En la tabla se puede observar el radio de curvatura del ramal 6. Elaborado por: La Autora.

**Figura 18.**

*Sexto ramal ubicado en la Av. 10 de Agosto*



*Nota.* En las imágenes se pueden observar los radios de giro del sexto ramal. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 12.**

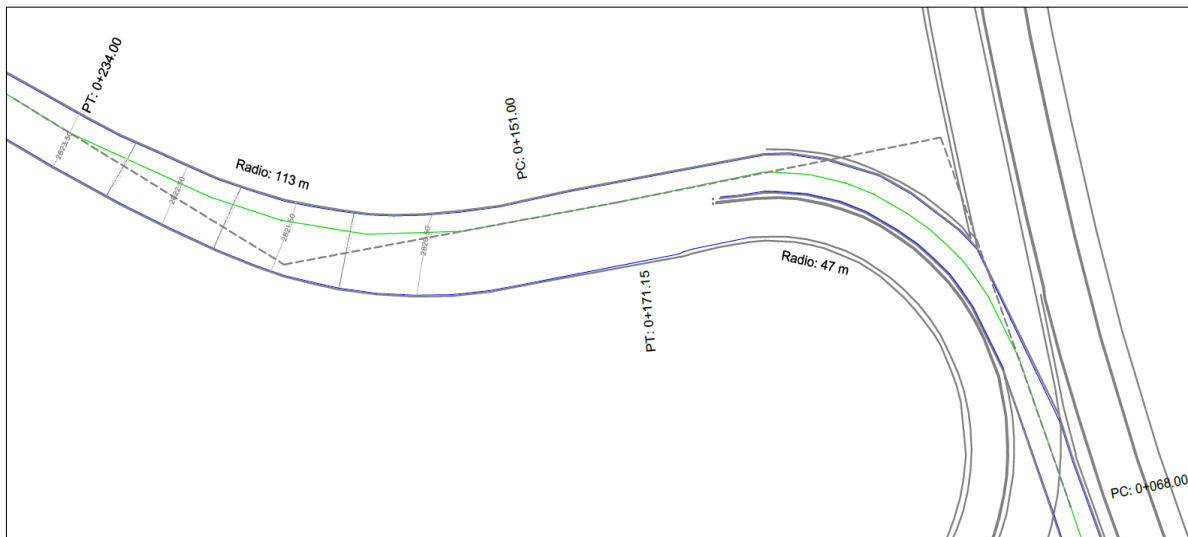
*Séptimo ramal*

<b>Código</b>	<b>Curva</b>	<b>Radio [m]</b>
R7	1	113
	2	47

*Nota.* En la tabla se puede observar el radio de curvatura del ramal 7. Elaborado por: La Autora.

**Figura 19.**

*Séptimo ramal ubicado en la Av. Río Amazonas*



*Nota.* En la imagen se puede observar los radios de giro del sexto ramal. Elaborado por: La Autora.

En la siguiente tabla mostrada en la normativa de MOP 2003, se indica el rango de las pendientes transversales en función del radio y la velocidad de diseño. Teniendo en cuenta que en tramos rectos la pendiente transversal es del 2% descendente.

**Tabla 13.***Peraltes para curvas en ramales y rampas*

RADIO (m)	Valores entre los que debe variar el peralte (%) para ramales en función de la velocidad del diseño, Km/h, de:					
	25	35	40	50	60	65
15	2 - 8					
30	2 - 7	2 - 8				
50	2 - 5	2 - 7	4 - 8			
75	2 - 4	2 - 6	3 - 7	6 - 10		
100	2 - 3	2 - 4	3 - 6	5 - 9	8 - 10	
150	2 - 3	2 - 3	3 - 5	4 - 7	6 - 9	9 - 10
200	2	2 - 3	2 - 4	3 - 5	5 - 7	7 - 9
330		2 - 3	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
500			2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
650			2	2 - 3	2 - 3	3 - 4
1000				2	2	2 - 3

*Nota.* En la tabla 13 se encuentran los rangos de los peraltes según su radio y velocidad de diseño.  
Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras 2003, (Quito – Ecuador)

**Tabla 14.***Anchos de los pavimentos según su radio*

RADIO EN EL INTERIOR DEL PAVIMENTO (m)	ANCHO DEL PAVIMENTO (m)								
	TIPO 1			TIPO 2			TIPO 3		
	Condiciones Tránsito			Condiciones Tránsito			Condiciones Tránsito		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.50	5.50	7.00	7.00	7.75	9.00	9.50	10.75	13.00
25	4.50	5.00	5.50	6.25	6.75	7.75	8.50	9.50	11.50
35	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.50	8.50	9.25	10.50
45	4.25	4.75	5.25	6.00	6.50	7.25	8.25	9.00	10.00
60	4.25	4.75	5.00	5.75	6.50	7.25	8.25	9.00	9.75
80	4.00	4.75	5.00	5.75	6.25	7.00	8.00	8.75	9.50
100	4.00	4.75	5.00	5.50	6.25	6.75	8.00	8.75	9.25
125	4.00	4.50	4.75	5.25	6.00	6.75	8.00	8.50	9.00
150	3.75	4.50	4.75	5.00	6.00	6.50	7.75	8.50	8.75
Tangente	3.75	4.50	4.50	4.75	5.75	6.50	7.50	8.25	8.25

*Nota.* En la tabla 14 se encuentran los anchos de ramales en función de los radios. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras 2003, (Quito – Ecuador)

Estos datos se pueden comprobar con los datos geométricos tomados en el levantamiento, de esta manera se puede observar que el intercambiador en cuestión está entre Tipo 1 y Tipo 2, según la tabla No. 14 de la normativa de la MOP 2003.

De igual manera, los radios y las pendientes tomadas en el levantamiento topográfico van acorde a lo indicado en la normativa de la MOP 2003 según la tabla No 13

#### **4.5 Pendientes de los ramales**

Se refieren a la inclinación o grado de elevación o descenso de las rampas o ramales que conectan diferentes niveles o direcciones en un sistema de intercambio vial, como un puente, una

autopista o una intersección compleja. Estas pendientes se diseñan cuidadosamente y se expresan en términos de porcentaje para garantizar un tráfico seguro y fluido en el intercambiador vial.

El manual de Normas de Diseño Geométrico (MOP, 2003), indica que las pendientes en los ramales, deben ser tan bajas como sea posible, pero más altas que las de las respectivas calzadas principales.

1. Las pendientes en los ramales no deben superar el 6%.

Por los resultados del levantamiento se puede confirmar que este principio se cumple en el intercambiador de este estudio.

2. Cuando el número de camiones pesados es mayor que el 10% del tránsito total, no deberían superar el 4%.

El aforo mostró que el tráfico de vehículos pesados no supera el 10% del tránsito total.

3. En casos excepcionales, la pendiente en un ramal puede alcanzar el 10%. Su uso debe ser limitado a ramales cortos, con volúmenes de tránsito bajos. Una pendiente alta no es objetable si ayuda a la aceleración o deceleración cuando es necesaria.

Este punto no se aplicaría a nuestro estudio, debido a que tenemos pendientes bajas y volúmenes de tránsito medios a altos.

4. Los ramales de alta velocidad deben tener generalmente pendientes más bajas que los ramales de baja velocidad y bajo volumen de tránsito.

Las velocidades que se maneja en los ramales van en el rango de 30 a 50 Km/h.

5. Los ramales descendentes con radios pequeños no deben ser más empinados que aquellos ascendentes, por la dificultad del conductor en transitarlas y el fuerte efecto centrífugo a que se ve sometido el vehículo.

Los radios de los ramales están dentro del rango que indica la normativa de la MOP 2003.



**Tabla 15.***Porcentaje de pendiente en cada rampa*

<i>Código</i>	<i>Avenida</i>	<i>Sentido</i>	<i>Gradiente Longitudinal [%]</i>	<i>Gradiente Transversal [%]</i>
<b>R1</b>	Av. 10 de Agosto	Norte - Sur	-1.37	1.8
<b>R2</b>	Av. Amazonas	Norte - Sur	-1.53	1.8
<b>R3</b>	Av. 10 de Agosto	Norte - Sur	-0.89	1.8
<b>R4</b>	Av. Amazonas	Norte - Sur	0.80	1.8
<b>R5</b>	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	1.12	1.8
<b>R6</b>	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	1.88	1.8
<b>R7</b>	Av. Amazonas	Sur - Norte	0.69	1.8

*Nota.* En la tabla se puede observar las pendientes que tiene cada rampa. Elaborado por: La Autora.

#### **4.6 Longitud del Arco Circular de las curvas**

La longitud de arco circular en los ramales de un intercambiador se refiere a la distancia a lo largo de la curva de un carril que conecta dos vías principales en una intersección. Esta longitud se mide siguiendo la trayectoria curva de la vía, en lugar de medir la distancia en línea recta. La razón detrás de medir la longitud de arco circular es garantizar que los vehículos que cambian de vía puedan hacerlo de manera segura, manteniendo una curvatura gradual y evitando giros bruscos que podrían causar descarrilamientos o accidentes en la carretera; de manera que los cambios de dirección sean suaves y seguros para el tráfico.

**Tabla 16.**

*Longitud de los ramales*

<b>Código</b>	<b>Avenida</b>	<b>Sentido</b>	<b>Longitud [m]</b>
<b>R1</b>	Av. 10 de Agosto	Norte - Sur	214
<b>R2</b>	Av. Amazonas	Norte - Sur	218
<b>R3</b>	Av. 10 de Agosto	Norte - Sur	257
<b>R4</b>	Av. Amazonas	Norte - Sur	255
<b>R5</b>	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	286
<b>R6</b>	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	252
<b>R7</b>	Av. Amazonas	Sur - Norte	245

*Nota.* En la tabla se puede observar la longitud que tiene cada rampa. Elaborado por: La Autora.

#### **4.7 Perfil longitudinal**

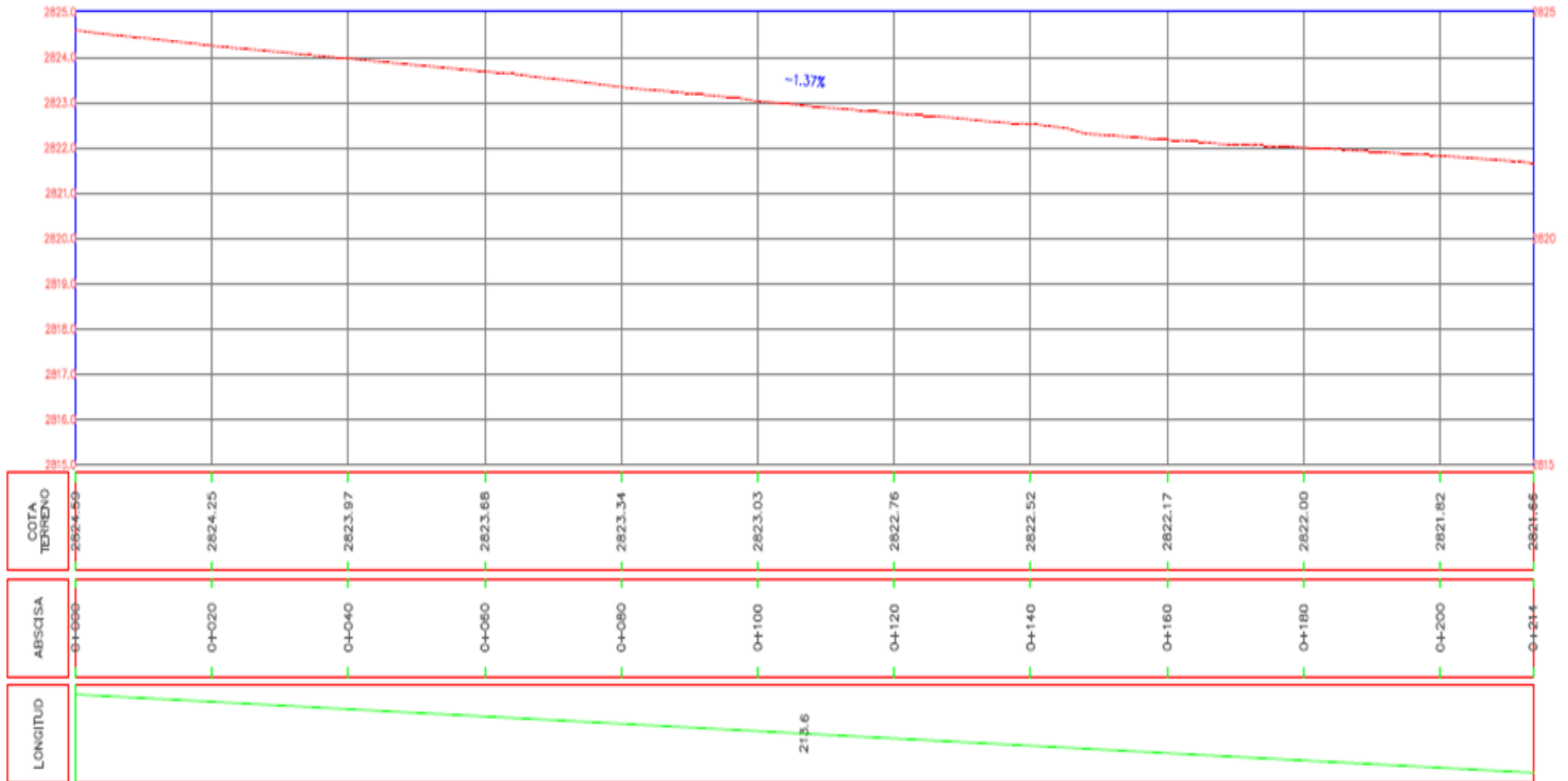
Un perfil longitudinal es la representación gráfica del corte que produce en el terreno el plano vertical que contiene el eje de una obra lineal (Echezuría, 2019).

El perfil longitudinal topográfico a lo largo de un eje en planta se representa como una línea segmentada, siendo el resultado de la intersección entre la superficie topográfica y el plano vertical que contiene el eje de la planta. Su propósito es visualizar las particularidades y modificaciones del terreno a lo largo de dicho eje. La obtención de este perfil implica realizar mediciones de elevación en puntos cercanos entre sí a lo largo de una ruta predefinida. Este método se emplea en el diseño de trazados para carreteras, ferrocarriles, sistemas de alcantarillado, entre otros, ofreciendo detalles sobre la topografía y facilitando la planificación y construcción de infraestructuras (MOP, 2003).

El perfil longitudinal en un intercambiador se refiere a la descripción de la altitud o pendiente a lo largo de la vía en la zona del intercambiador. El objetivo del perfil longitudinal es garantizar que los cambios de altitud sean suaves y seguros para el tráfico, evitando pendientes excesivas que puedan dificultar la operación de vehículos, así como el riesgo de accidentes. El diseño cuidadoso del perfil longitudinal es esencial para mantener la estabilidad y seguridad de las operaciones en los intercambiadores.

**Figura 20.**

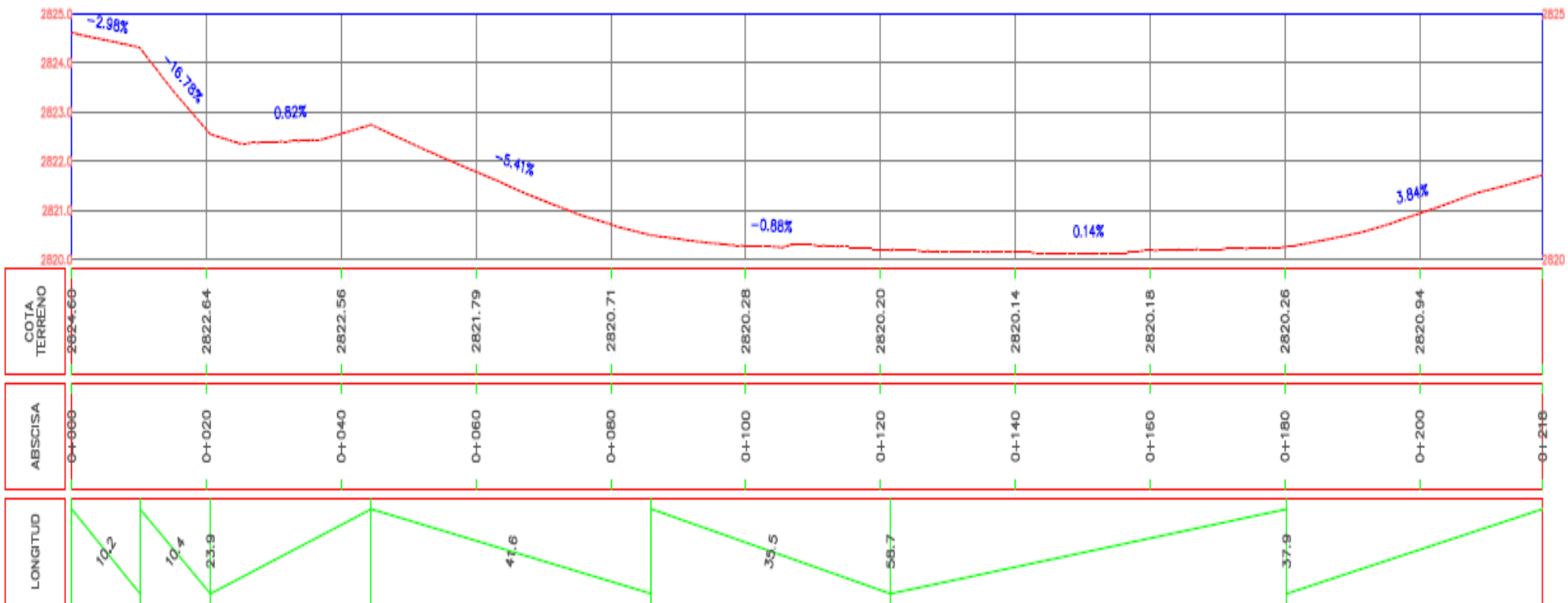
*Perfil vertical del ramal 1*



*Nota.* En la imagen se puede observar el perfil longitudinal del primer ramal. Elaborado por: La Autora.

**Figura 21.**

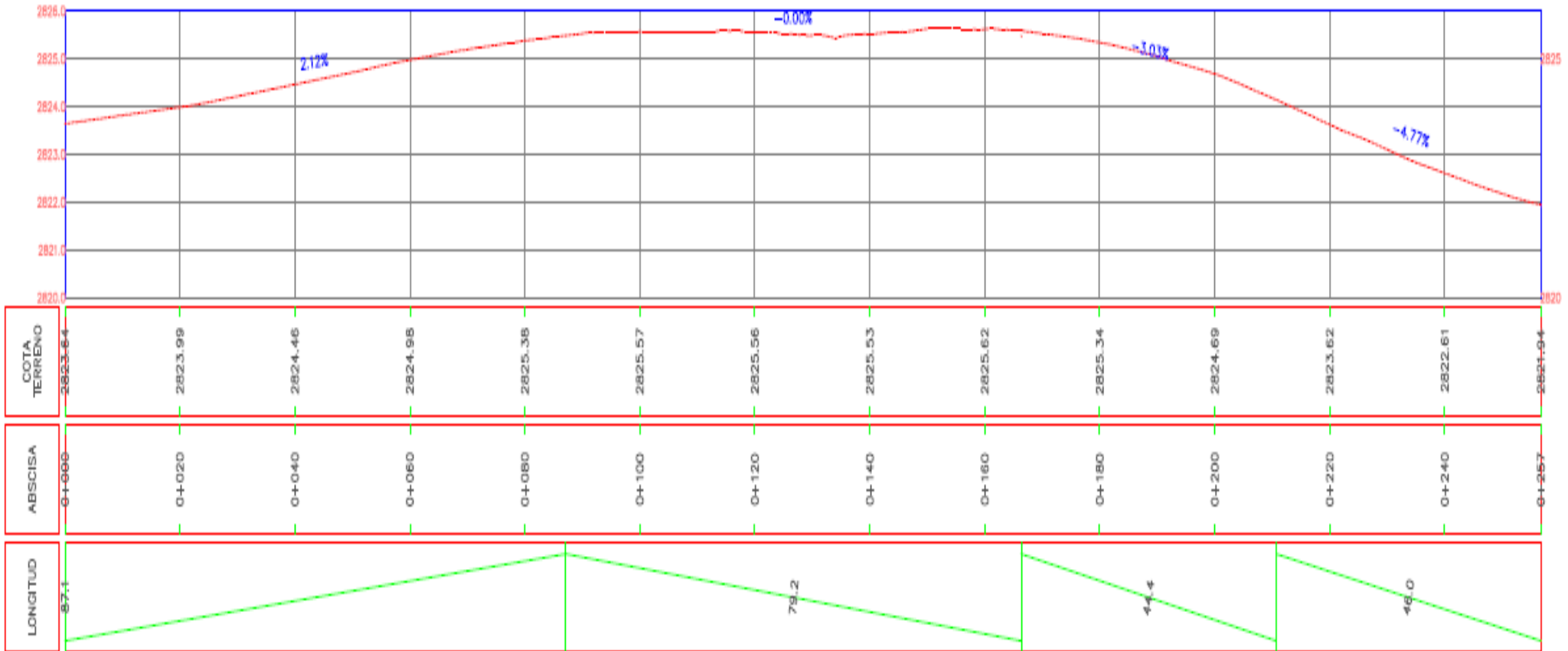
*Perfil vertical del ramal 2*



*Nota.* En la imagen se puede observar el perfil longitudinal del segundo ramal. Elaborado por: La Autora.

**Figura 22.**

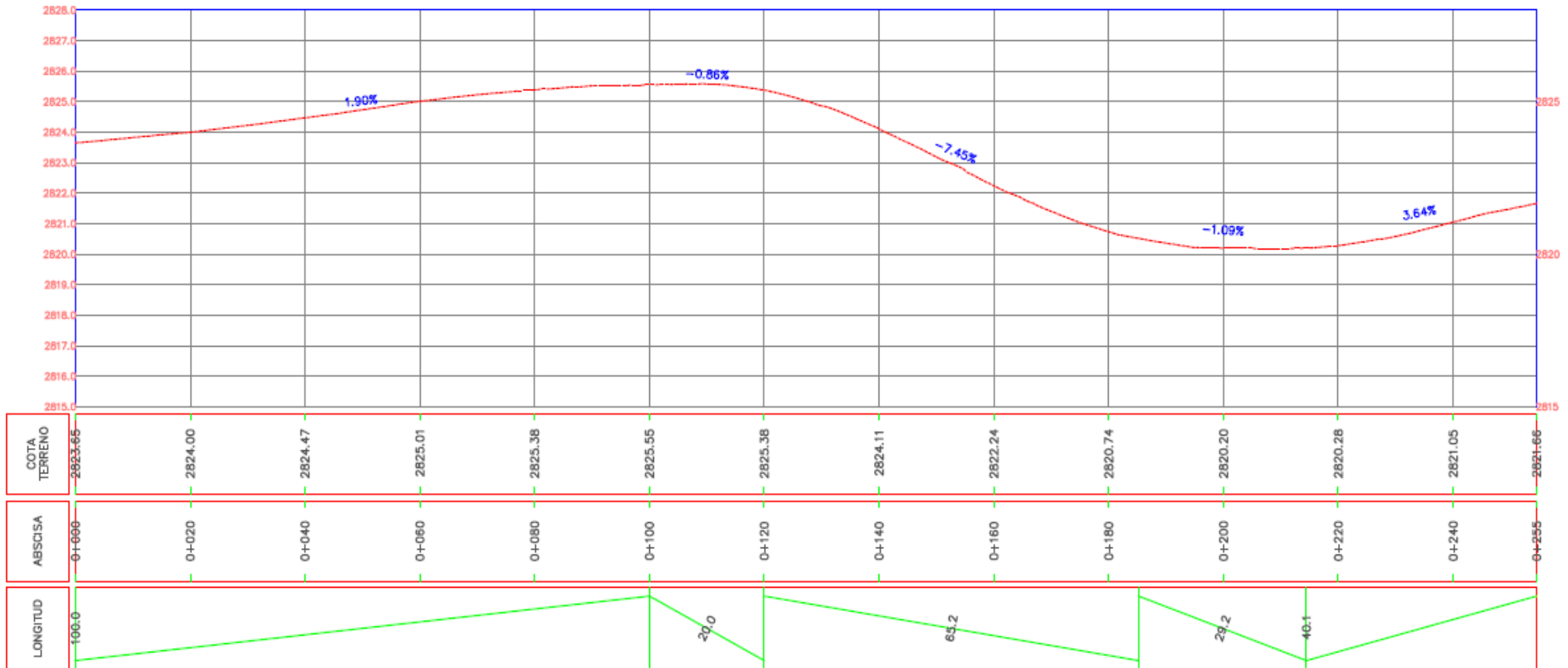
*Perfil vertical del ramal 3*



*Nota.* En la imagen se puede observar el perfil longitudinal del tercer ramal. Elaborado por: La Autora.

**Figura 23.**

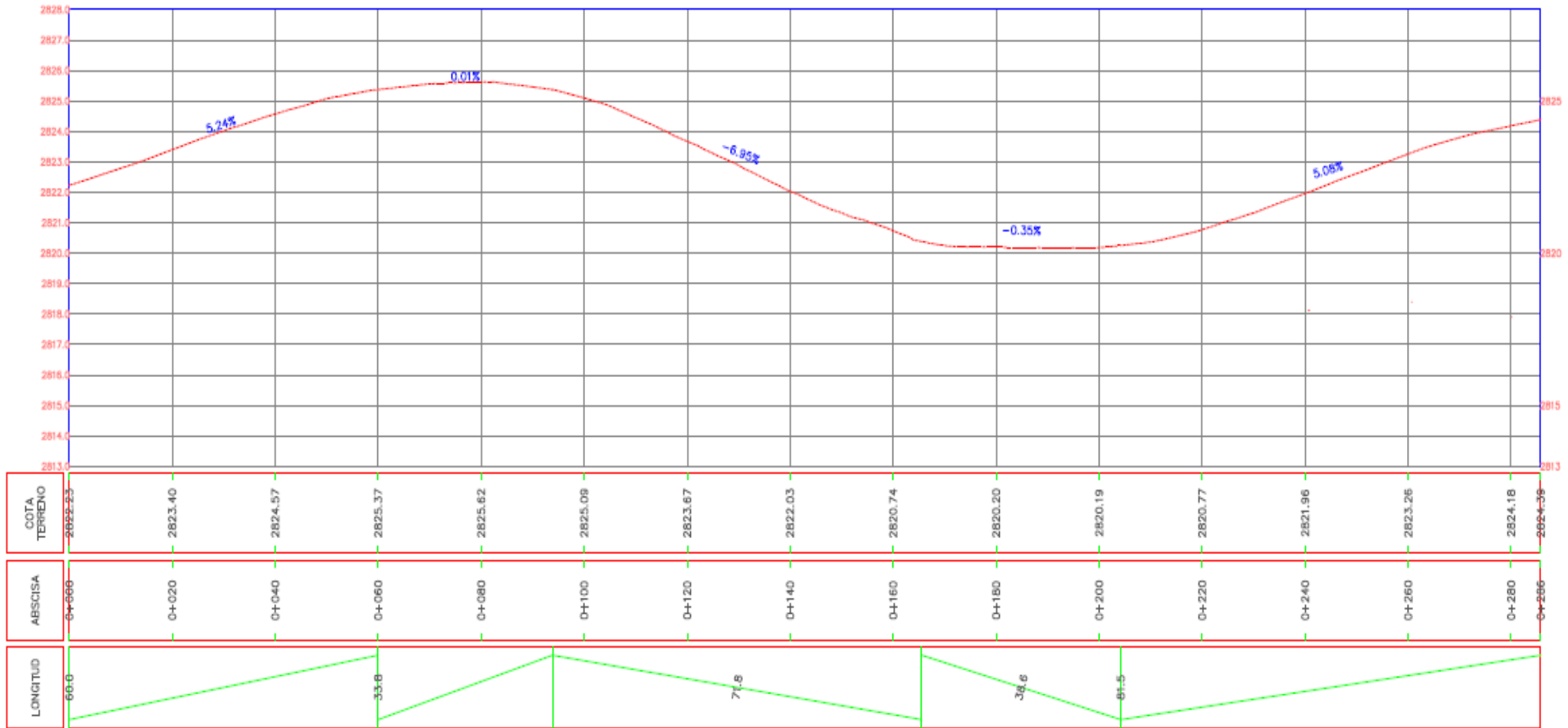
*Perfil vertical del ramal 4*



*Nota.* En la imagen se puede observar el perfil longitudinal del cuarto ramal. Elaborado por: La Autora.

**Figura 24.**

*Perfil vertical del ramal 5*

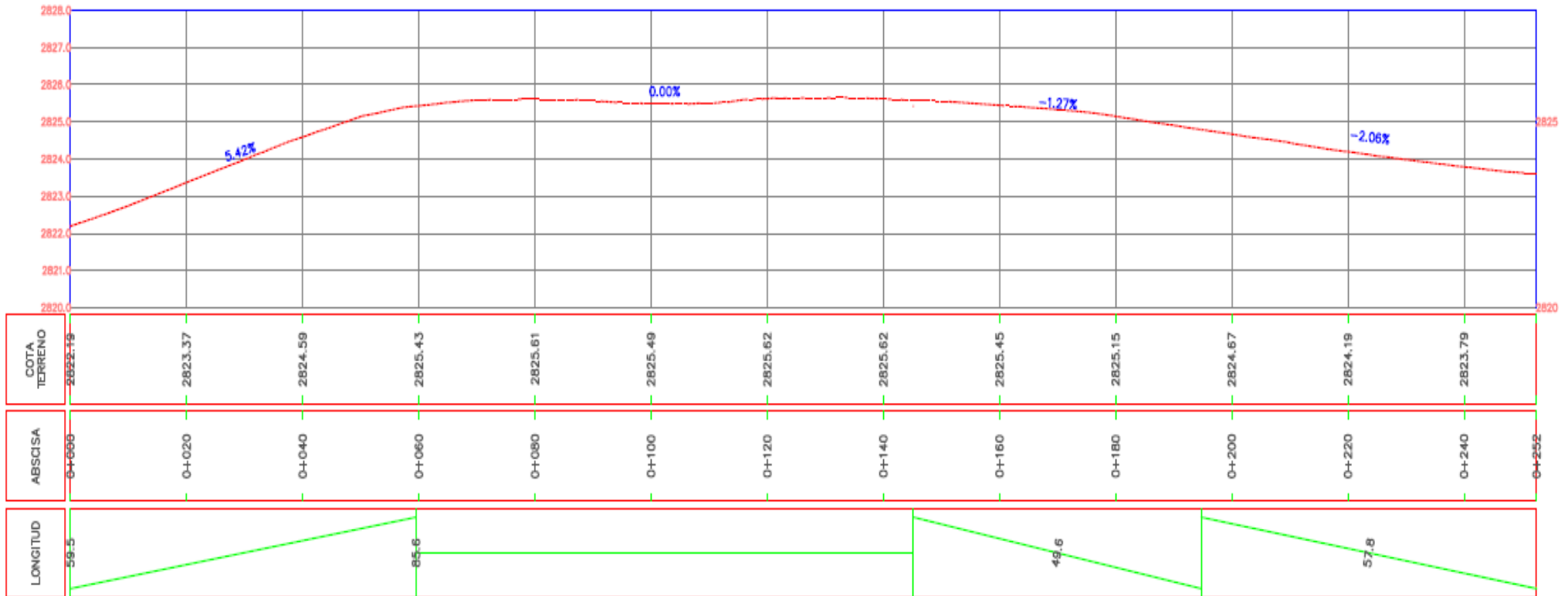


*Nota.* En la imagen se puede observar el perfil longitudinal del quinto ramal. Elaborado por: La Autora.



**Figura 25.**

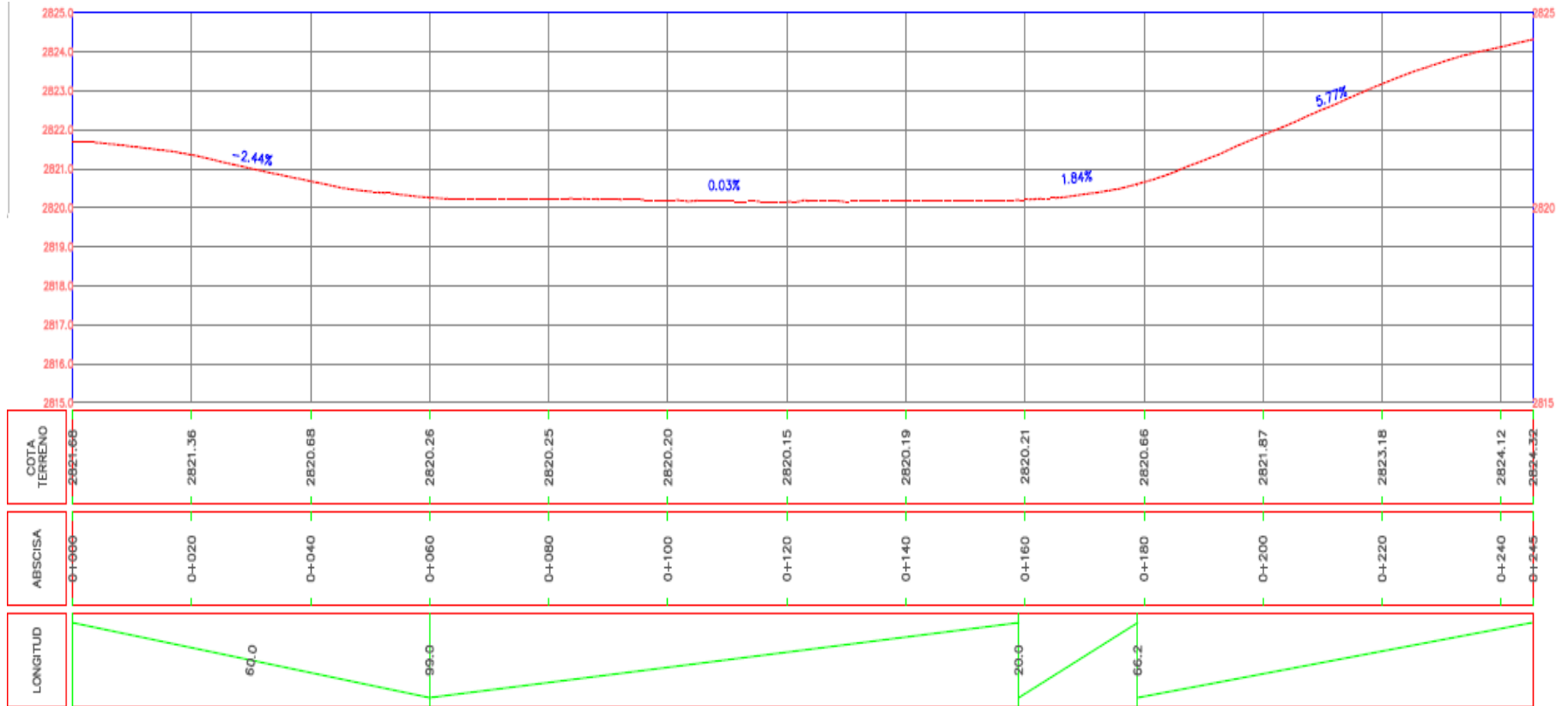
*Perfil vertical del ramal 6*



*Nota.* En la imagen se puede observar el perfil longitudinal del sexto ramal. Elaborado por: La Autora.

**Figura 26.**

*Perfil vertical del ramal 7*



*Nota.* En la imagen se puede observar el perfil longitudinal del séptimo ramal. Elaborado por: La Autora

## 4.8 Drenaje Vial

En el contexto del diseño de intercambiadores viales, el drenaje vial juega un papel relevante, pues los puntos de inflexión indican las ubicaciones específicas en el sistema de drenaje donde hay un cambio en la dirección del flujo de agua. Estos puntos son críticos para garantizar un adecuado manejo de las aguas pluviales y prevenir problemas como inundaciones y erosión. Estos puntos pueden incluir cambios en la pendiente de la carretera, bifurcaciones en el diseño vial, áreas de transición entre diferentes tipos de pavimentos, entre otros.

La correcta gestión del agua pluvial es fundamental para evitar problemas de seguridad vial, por lo tanto, la presencia de sumideros permite garantizar un flujo controlado y seguro del agua de lluvia a lo largo del intercambiador vial para de esta manera evitar inundaciones y taponamientos. En el caso del intercambiador de “El Labrador” los sumideros se encuentran en los puntos más bajos de los pasos deprimidos, sin embargo, en días de lluvias afluentes tienden a taparse como se puede visualizar en las siguientes figuras.

### Figura 27.

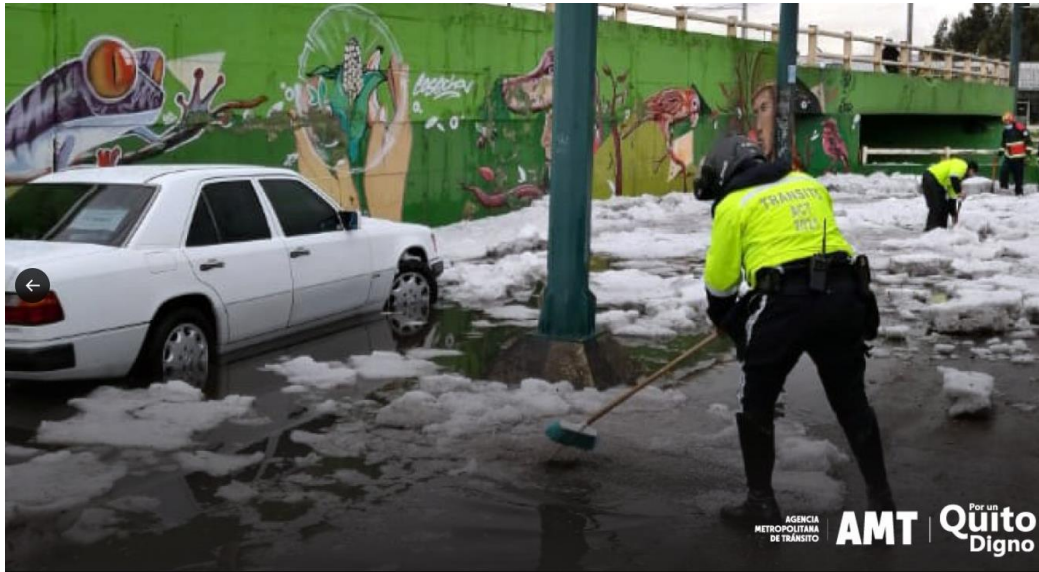
#### *Sumideros*



*Nota.* Sumideros que conforman el paso deprimido de la Av. Amazonas delimitados con círculos rojos. Elaborado por: La Autora, a través de Google Maps.

**Figura 28.**

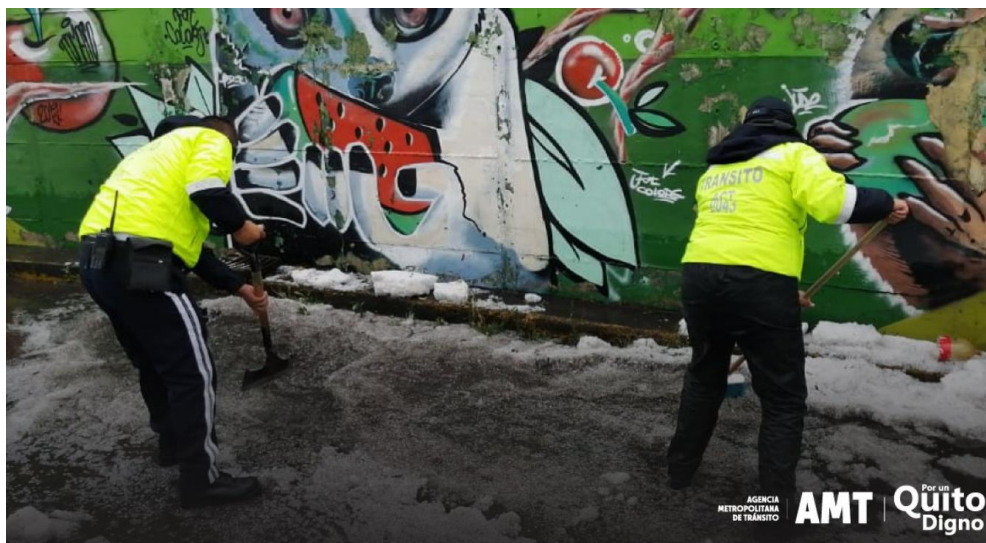
*Calzada del intercambiador inundada en granizo*



*Nota.* En la imagen se puede observar la calzada del intercambiador inundada totalmente y cubierta de granizo. Fuente: Agencia Metropolitana de Tránsito; AMT, Quito.

**Figura 29.**

*Limpieza en sumideros*



*Nota.* En la imagen se puede observar a agentes de tránsito tratando de despejar el taponamiento de granizo en sumideros. Fuente: Agencia Metropolitana de Tránsito; AMT, Quito.

**Figura 30.**

*Agua estancada*



*Nota.* En la imagen se puede observar la acumulación de agua incluso antes de ingresar en el intercambiador. Fuente: Agencia Metropolitana de Tránsito; AMT, Quito.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR

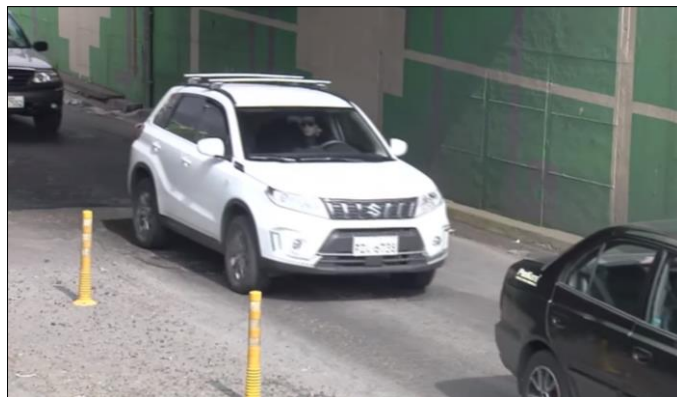
El norte de Quito es el sector que mayor cantidad de viajes concentra. De estos la mayor cantidad de viajes provienen de las periferias, lo que claramente muestra que este es un centro de comercio y de trabajo que genera viajes de tipo “pendular”, es decir que en la mañana atrae una gran cantidad de trabajadores o actividades y por la tarde estas personas regresan a sus lugares de residencia (Secretaria de Movilidad, 2015).

#### 5.1 Clasificación de los vehículos

Con el propósito de clasificar el volumen de tránsito vehicular en Intercambiador se han dividido en cuatro grandes grupos conforme a la clasificación del MTOP: livianos, buses, camiones (hasta 2 ejes) y pesados (más de 2 ejes).

#### Figura 31.

*Vehículos Livianos*



*Nota.* En la imagen se puede observar el tipo de vehículos livianos que transitan por intercambiador. Elaborado por: La Autora.

### **Figura 32.**

*Buses*



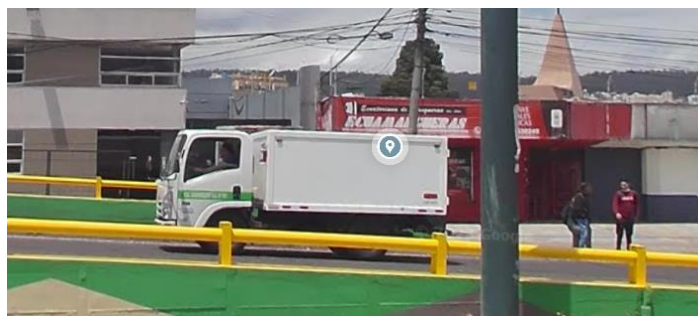
*Nota.* En la imagen se puede observar una de las líneas de buses que transitan por intercambiador. Elaborado por: La Autora.



*Nota.* En la imagen se puede observar la línea del trole que transitan por intercambiador. Elaborado por: La Autora.

### **Figura 33.**

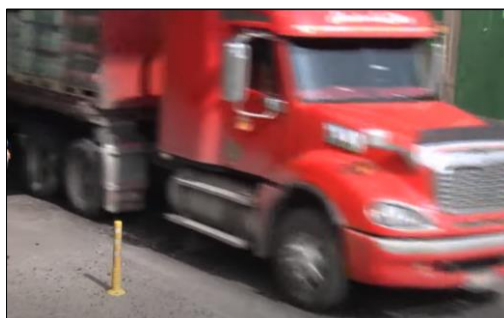
*Camiones*



*Nota.* En la imagen se puede observar los camiones de hasta 2 ejes que transitan por intercambiador. Elaborado por: La Autora.

### Figura 34.

#### *Vehículos Pesados*



*Nota.* En la imagen se puede observar los vehículos pesados de más de 2 ejes que transitan por intercambiador. Elaborado por: La Autora.

## 5.2 Conteo

El conteo de vehículos se realizó utilizando el método de conteo manual en 4 estaciones, localizadas en los puntos de descarga de flujo vehicular. Las estaciones fueron identificadas como E1, E2, E3 y E4. Los aforos se realizaron durante los meses de agosto y septiembre del año 2023.

### Tabla 17.

*Tabla Estaciones de Conteo*

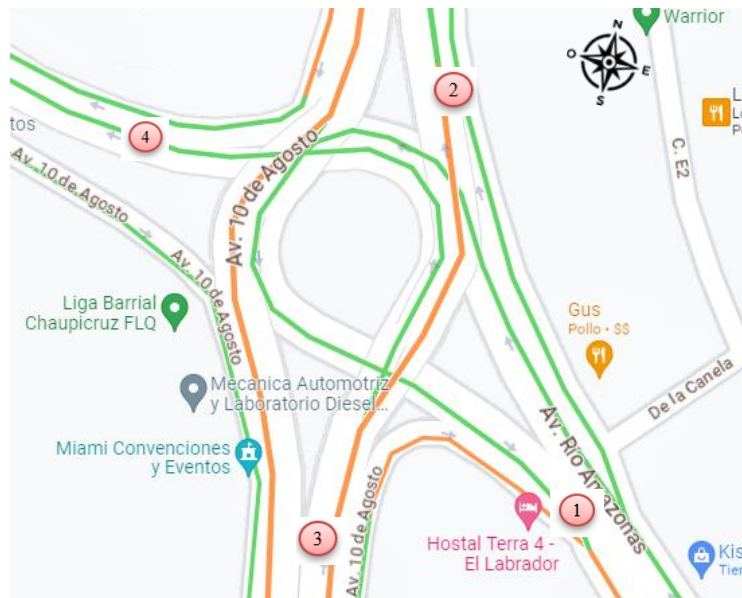
<i>Estación</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Sentido</i>
<b>E1</b>	Av. Amazonas	Norte - Sur
<b>E2</b>	Av. Galo Plaza	Sur - Norte
<b>E3</b>	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte
<b>E4</b>	Av. Amazonas	Sur - Norte

*Nota.* En la tabla se puede observar la ubicación de las estaciones de conteo. Elaborado por: La Autora.



**Figura 35.**

*Ubicación de las Estaciones de Conteo*



*Nota.* En la tabla se puede observar la ubicación de las estaciones de conteo en planta. Elaborado por: La Autora.

Haciendo uso del aforo vehicular, se analizó los flujos de tráfico en los horarios pico, para determinar si se sobrepasa la capacidad vial máxima de diseño, se realizó el aforo con registros cada hora entre las estaciones E1, E2, E3 y E4 durante las 12 horas por 7 días continuos. Así mismo, se determinaron las horas de mayor flujo vehicular entre las 7:00 y 19:00, a partir de lo cual se definen las variaciones de tráfico.<sup>5</sup>

### 5.3 TPDA

La NEVI plantea la clasificación funcional de vías en base al Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) equivalente a: tiempo de duración del estudio (años) + tiempo de duración de los procesos de licitación y construcción (años) + tiempo de operatividad de la vía en años (n, si el

<sup>5</sup> Ver ANEXOS del conteo manual.

proyecto es de rehabilitación y mejoras n=20 años, si el proyecto es especial de nuevas vías n=30 años o si es un mega proyecto nacional n=50 años) (NEVI-12-MTOP, 2013).

La estimación de los volúmenes de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) implica el desplazamiento de vehículos de diversas maneras debido a la variedad de afluentes. Esto incluye la incorporación de nuevos vehículos a la vía, el cambio de modo de transporte de algunos vehículos existentes, el traslado de vehículos que solían utilizar otras rutas y, por último, el aumento del parque automotor debido a mejoras en las condiciones de las vías o áreas cercanas que influyen en este tráfico (Vargas, Rincón y González; 2012).

### **5.3.1 Tráfico Promedio Diario**

Se refiere al número promedio de vehículos que circulan en una sección de carretera durante un período específico, con la condición de que dicho período esté expresado en días completos y abarque un rango de 1 a 365 días.

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ Día} < T \leq 1 \text{ Año}}$$

Donde:

N: número de vehículos que transitan durante T días.

### **5.3.2 Tráfico Promedio Diario Semanal**

Se refiere a la cantidad promedio de vehículos que transitan por una sección de carretera durante una semana determinada. Esta una métrica es útil para analizar patrones de tráfico a lo largo de la semana, al igual que con el TPD, el Tráfico Promedio Semanal es una medida importante en la evaluación y mejora de la capacidad de las carreteras.

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

**Tabla 18.**

*Tráfico Promedio Diario Semanal*

Estación de conteo	Ubicación	Sentido	Días de conteo	Livianos	Buses	Camiones	Pesados	Tráfico Diario (TD)	Tráfico Total Semanal	Tráfico Promedio Diario Semanal
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	LUNES	2400	180	1866	460	4906	32291	4613
			MARTES	2561	175	1877	473	5086		
			MIÉRCOLES	2308	178	1849	441	4776		
			JUEVES	2753	165	1871	431	5220		
			VIERNES	2890	194	1996	492	5572		
			SÁBADO	1615	201	1545	357	3718		
			DOMINGO	1422	190	1171	229	3012		
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	LUNES	2364	213	1844	553	4975	33032	4719
			MARTES	2427	185	1869	561	5041		
			MIÉRCOLES	2379	169	1989	597	5134		
			JUEVES	2644	172	1641	492	4949		
			VIERNES	2907	198	1871	561	5537		
			SÁBADO	1752	205	1864	559	4381		
			DOMINGO	1301	193	1170	351	3015		
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	LUNES	2386	172	1741	522	4822	32298	4614
			MARTES	2442	170	1866	560	5038		
			MIÉRCOLES	2389	165	1737	521	4812		
			JUEVES	2663	157	1567	470	4857		
			VIERNES	2877	184	1691	507	5260		
			SÁBADO	1514	192	1795	538	4039		
			DOMINGO	1472	161	1414	424	3471		
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	LUNES	2531	210	1819	546	5105	34146	4878
			MARTES	2490	199	1818	545	5052		
			MIÉRCOLES	2601	207	1737	521	5066		
			JUEVES	2380	184	1417	425	4406		
			VIERNES	2793	195	1814	544	5346		
			SÁBADO	2820	187	1820	546	5373		
			DOMINGO	2102	177	1169	351	3799		

*Nota.* En la tabla se puede observar el conteo diario semanal de los vehículos. Elaborado por: La Autora.

### 5.3.3 Tráfico Promedio Diario Anual Actual

El Tráfico Promedio Diario Anual Actual (TPDAA) se refiere a la cantidad promedio de vehículos que transitan por una sección específica de carretera durante un año calendario determinado. Esta métrica proporciona una visión integral de la carga de tráfico a lo largo de todo

el año, permitiendo a las autoridades de transporte y planificadores viales entender mejor los patrones de tráfico a largo plazo y tomar decisiones informadas sobre el diseño y mantenimiento de la infraestructura vial.

Medir el Tráfico Promedio Diario Anual Actual implica recopilar datos a lo largo de un año completo, lo que permite tener en cuenta las variaciones estacionales y eventos que pueden afectar significativamente al tráfico. Esta información es valiosa para evaluar la capacidad vial, planificar mejoras y ajustar estrategias de gestión del tráfico para abordar las necesidades cambiantes a lo largo del año.

**Tabla 19.***TPDA Actual Livianos*

Estación de conteo	Ubicación	Sentido	Días de conteo	VEHÍCULOS LIVIANOS	No. Días del año	Tráfico Total Diario [TTD]	Tráfico Anual [TA]	Tráfico Total Anual [TTA]	TPDA ACTUAL LIVIANOS
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	LUNES	2400	52	3120	162240	1080001	2959
			MARTES	2561	52	3329	173124		
			MIÉRCOLES	2308	52	3000	156021		
			JUEVES	2753	52	3579	186103		
			VIERNES	2890	52	3757	195364		
			SÁBADO	1615	52	2100	109174		
			DOMINGO	1422	53	1849	97976		
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	LUNES	2364	52	3073	159806	1068014	2926
			MARTES	2427	52	3155	164065		
			MIÉRCOLES	2379	52	3093	160820		
			JUEVES	2644	52	3437	178734		
			VIERNES	2907	52	3779	196513		
			SÁBADO	1752	52	2278	118435		
			DOMINGO	1301	53	1691	89639		
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	LUNES	2386	52	3102	161294	1066140	2921
			MARTES	2442	52	3175	165079		
			MIÉRCOLES	2389	52	3106	161496		
			JUEVES	2663	52	3462	180019		
			VIERNES	2877	52	3740	194485		
			SÁBADO	1514	52	1968	102346		
			DOMINGO	1472	53	1914	101421		
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	LUNES	2531	52	3290	171096	1200402	3289
			MARTES	2490	52	3237	168324		
			MIÉRCOLES	2601	52	3381	175828		
			JUEVES	2380	52	3094	160888		
			VIERNES	2793	52	3631	188807		
			SÁBADO	2820	52	3666	190632		
			DOMINGO	2102	53	2733	144828		

*Nota.* En la tabla 19 se puede observar el TPDA Actual de los vehículos Livianos. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 20.***TPDA Actual Buses*

Estación de conteo	Ubicación	Sentido	Días de conteo	BUSES	No. Días del año	Tráfico Total Diario [TTD]	Tráfico Anual [TA]	Tráfico Total Anual [TTA]	TPDA ACTUAL BUSES
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	LUNES	180	52	234	12168	86978	238
			MARTES	175	52	228	11830		
			MIERCOLES	178	52	231	12033		
			JUEVES	165	52	215	11154		
			VIERNES	194	52	252	13114		
			SÁBADO	201	52	261	13588		
			DOMINGO	190	53	247	13091		
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	LUNES	213	52	277	14399	90497	248
			MARTES	185	52	241	12506		
			MIERCOLES	169	52	220	11424		
			JUEVES	172	52	224	11627		
			VIERNES	198	52	257	13385		
			SÁBADO	205	52	267	13858		
			DOMINGO	193	53	251	13298		
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	LUNES	172	52	224	11627	81397	223
			MARTES	170	52	221	11492		
			MIERCOLES	165	52	215	11154		
			JUEVES	157	52	204	10613		
			VIERNES	184	52	239	12438		
			SÁBADO	192	52	250	12979		
			DOMINGO	161	53	209	11093		
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	LUNES	210	52	273	14196	92099	252
			MARTES	199	52	259	13452		
			MIERCOLES	207	52	269	13993		
			JUEVES	184	52	239	12438		
			VIERNES	195	52	254	13182		
			SÁBADO	187	52	243	12641		
			DOMINGO	177	53	230	12195		

*Nota.* En la tabla 20 se puede observar el TPDA Actual de los Buses. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 21.***TPDA Actual Camiones*

Estación de conteo	Ubicación	Sentido	Días de conteo	CAMIONES	No. Días del año	Tráfico Total Diario [TTD]	Tráfico Anual [TA]	Tráfico Total Anual [TTA]	TPDA ACTUAL CAMIONES
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	LUNES	1866	52	2426	126155	824604	2259
			MARTES	1877	52	2440	126899		
			MIERCOLES	1849	52	2404	125009		
			JUEVES	1871	52	2432	126486		
			VIERNES	1996	52	2595	134960		
			SÁBADO	1545	52	2009	104442		
			DOMINGO	1171	53	1522	80653		
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	LUNES	1844	52	2398	124675	829512	2273
			MARTES	1869	52	2429	126333		
			MIERCOLES	1989	52	2586	134482		
			JUEVES	1641	52	2133	110921		
			VIERNES	1871	52	2432	126478		
			SÁBADO	1864	52	2424	126035		
			DOMINGO	1170	53	1521	80589		
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	LUNES	1741	52	2264	117712	800236	2192
			MARTES	1866	52	2426	126145		
			MIERCOLES	1737	52	2258	117394		
			JUEVES	1567	52	2037	105900		
			VIERNES	1691	52	2199	114342		
			SÁBADO	1795	52	2333	121328		
			DOMINGO	1414	53	1838	97414		
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	LUNES	1819	52	2364	122932	785185	2151
			MARTES	1818	52	2363	122900		
			MIERCOLES	1737	52	2258	117394		
			JUEVES	1417	52	1842	95767		
			VIERNES	1814	52	2358	122603		
			SÁBADO	1820	52	2366	123020		
			DOMINGO	1169	53	1520	80568		

*Nota.* En la tabla 21 se puede observar el TPDA Actual de los Camiones. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 22.***TPDA Actual Pesados*

Estación de conteo	Ubicación	Sentido	Días de conteo	PESADOS	No. Días del año	Tráfico Total Diario [TTD]	Tráfico Anual [TA]	Tráfico Total Anual [TTA]	TPDA ACTUAL PESADOS
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	LUNES	560	52	728	460	2883	8
			MARTES	563	52	732	473		
			MIÉRCOLES	555	52	721	441		
			JUEVES	561	52	730	431		
			VIERNES	599	52	779	492		
			SÁBADO	494	52	642	357		
			DOMINGO	351	53	457	229		
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	LUNES	553	52	719	553	3675	10
			MARTES	561	52	729	561		
			MIÉRCOLES	597	52	776	597		
			JUEVES	492	52	640	492		
			VIERNES	351	52	456	561		
			SÁBADO	559	52	727	559		
			DOMINGO	561	53	730	351		
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	LUNES	522	52	679	522	3543	10
			MARTES	560	52	728	560		
			MIÉRCOLES	521	52	677	521		
			JUEVES	424	52	551	470		
			VIERNES	507	52	660	507		
			SÁBADO	538	52	700	538		
			DOMINGO	470	53	611	424		
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	LUNES	546	52	709	546	3478	10
			MARTES	545	52	709	545		
			MIÉRCOLES	521	52	677	521		
			JUEVES	351	52	456	425		
			VIERNES	544	52	707	544		
			SÁBADO	546	52	710	546		
			DOMINGO	425	53	553	351		

*Nota.* En la tabla 22 se puede observar el TPDA Actual de los Vehículos Pesados. Elaborado por: La Autora.



**Tabla 23.**  
*Número de días del año*

<i>No. Días Año 2023</i>	
<b>DÍA</b>	<b>No.</b>
Lunes	52
Martes	52
Miércoles	52
Jueves	52
Viernes	52
Sábado	52
Domingo	53
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>

*Nota.* En la tabla se puede observar el número de días de la semana que hay en el año. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 24.***Tráfico Promedio Diario Anual Actual*

Estación de conteo	Ubicación	Sentido	Días de conteo	No. Días del año	Tráfico Total Diario [TTD]	Tráfico Anual [TA]	Tráfico Total Anual [TTA]	TPDA ACTUAL
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	LUNES	52	6378	331659	2186771	5991
			MARTES	52	6612	343827		
			MIERCOLES	52	6209	322875		
			JUEVES	52	6786	352879		
			VIERNES	52	7244	376698		
			SÁBADO	52	4833	251337		
			DOMINGO	53	3915	207498		
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	LUNES	52	6467	336282	2236877	6128
			MARTES	52	6554	340804		
			MIERCOLES	52	6674	347071		
			JUEVES	52	6434	334559		
			VIERNES	52	7198	374319		
			SÁBADO	52	5695	296139		
			DOMINGO	53	3919	207702		
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	LUNES	52	6268	325946	2187844	5994
			MARTES	52	6549	340560		
			MIERCOLES	52	6255	325263		
			JUEVES	52	6314	328303		
			VIERNES	52	6838	355568		
			SÁBADO	52	5251	273053		
			DOMINGO	53	4512	239152		
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	LUNES	52	6637	345104	2313241	6338
			MARTES	52	6568	341547		
			MIERCOLES	52	6585	342433		
			JUEVES	52	5727	297824		
			VIERNES	52	6949	361372		
			SÁBADO	52	6985	363199		
			DOMINGO	53	4939	261762		

*Nota.* En la tabla se observa el tráfico promedio diario anual actual por cada estación. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 25.***Porcentaje de TPDA Actual*

Estación	Ubicación	Sentido	TPDA ACTUAL									
			LIVIANOS		BUSES		CAMIONES		PESADOS		TOTAL	
			TPDA	%	TPDA	%	TPDA	%	TPDA	%	TPDA	%
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	2959	24.46	238	24.78	2259	25.45	8	21.05	5464	24.87
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	2926	24.19	248	25.78	2273	25.61	10	26.32	5457	24.84
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	2921	24.15	223	23.19	2192	24.70	10	26.32	5346	24.34
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	3289	27.19	252	26.24	2151	24.24	10	26.32	5702	25.96
<b>TOTAL</b>			<b>12095</b>	<b>100</b>	<b>962</b>	<b>100</b>	<b>8875</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>100</b>	<b>21970</b>	<b>100</b>

*Nota.* En la tabla 25 se observa el porcentaje del tráfico promedio diario anual actual por cada estación. Elaborado por: La Autora.

Fórmulas utilizadas en las tablas:

**Tráfico Diario (TD)**

$$TD = (\text{Livianos} + \text{Buses} + \text{Camiones} + \text{Pesados})$$

**Tráfico Total Diario (TTD)**

$$TTD = TD * (1 + 30\%) \quad [\text{Porcentaje de mayoración} = 30\%]$$

**Tráfico Total Semanal (TTS)**

$$TTS = \sum TTD \quad [\text{Vehículos / Semana}]$$

**Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)**

$$TPDS = \frac{TTS}{7 \text{ días de la semana}} \quad [\text{Vehículos / Día}]$$

**Tráfico Anual (TA)**

$$TA = TTD * \text{No. días en el año} \quad [\text{Vehículos / Año}]$$

### **Tráfico Total Anual (TTA)**

$$TTA = \sum TA \quad [\text{Vehículos / Año}]$$

### **Tráfico Promedio Anual Actual (TPDA Actual)**

$$TPDA_{Actual} = \frac{TTA}{\text{No. Total de días del año}} \quad [\text{Vehículos / Día}]$$

#### **5.3.4 Tráfico Promedio Diario Anual futuro**

La estimación del flujo vehicular que se espera en el futuro debe fundamentarse no solo en los niveles habituales actuales, sino también considerar los aumentos anticipados en el tráfico que se proyecta el uso de la vía.

Según la normativa ecuatoriana, MOP 2003, las proyecciones de tráfico se las realizan para 15 o 20 años, tomando en cuenta el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo. Estas proyecciones de tráfico desempeñan un papel crucial en la clasificación de las carreteras y afectan la determinación de la velocidad de diseño y otros aspectos geométricos del proyecto.

Además, la predicción del tráfico se utiliza para identificar cuándo una vía requiere mejoras en su superficie de rodadura o para aumentar su capacidad.

$$TPDA_{futuro} = TPDA_{Actual} * (1 + i)^n$$

Donde:

TPDA Futuro: Tráfico Promedio Diario Anual futuro

TPDA Actual: Tráfico Promedio Diario Anual actual

i: Tasa/índice de crecimiento de tráfico

n: Número de años que se va a proyectar el volumen de tráfico

Llegando a este punto, cabe recalcar que el aumento de vehículos en Quito, al igual que en muchas otras ciudades, puede atribuirse a una combinación de factores. Algunas de las razones comunes para el crecimiento del parque automotor en esta área urbana se deben al crecimiento poblacional; pues la población de Quito está creciendo, y lo más probable es que la demanda de vehículos aumente significativamente, ya que más personas necesitan transporte personal, tomando en cuenta que el aumento en la capacidad adquisitiva de la población, también es un factor que ha llevado a más personas a comprar vehículos.

Otro factor importante que ha dado pie al aumento en la rata automotriz es la expansión de áreas urbanas y la urbanización que han conducido a la necesidad de un mayor número de vehículos para satisfacer las demandas de movilidad en un área más extensa por falta de un transporte público eficiente o que no satisface las necesidades de la población, por ello, es más probable que las personas opten por poseer un vehículo privado.

**Tabla 26.**

*Tasa de crecimiento de tráfico*

TASAS DE CRECIMIENTO DE TRAFICO		
TIPOS DE VEHICULOS	PERIODO	
	1990 - 2000	2000 - 2010
Livianos	5	4
Buses	4	3,5
Camiones	6	5

*Nota.* En la tabla 26 se observa la tasa de crecimiento según el tipo de vehículo. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras 2003, (Quito – Ecuador)

Para el desarrollo de esta investigación se tomará en cuenta la tasa de crecimiento del periodo 2000 – 2010 para un periodo adoptado de 20 años, es decir, 2023 – 2043.

**Tabla 27.***Tasas de Crecimiento utilizadas*

<i>Tasas de crecimiento</i>	
<b>Vehículo</b>	<b>%</b>
Livianos	4,0
Buses	3,5
Camiones	5,0
Pesados	5,0

*Nota.* En la tabla 27 se observa el porcentaje de las tasas de crecimiento que se usó para calcular el tráfico futuro. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 28.***Tráfico Futuro*

Estación	Ubicación	Sentido	TPDA FUTURO 2043									
			LIVIANOS		BUSES		CAMIONES		PESADOS		TOTAL	
			ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	2959	6483	238	474	2259	5994	8	21	5464	12973
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	2926	6411	248	493	2273	6030	10	27	5457	12961
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	2921	6400	223	444	2192	5817	10	27	5346	12688
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	3289	7206	252	502	2151	5708	10	25	5702	13441
<b>TOTAL</b>			<b>12095</b>	<b>26501</b>	<b>962</b>	<b>1913</b>	<b>8875</b>	<b>23549</b>	<b>38</b>	<b>100</b>	<b>21969</b>	<b>52063</b>

*Nota.* En la tabla 28 se observa el TPDA Futuro, que fue proyectado para este estudio. Elaborado por: La Autora.

## 5.4 Variación del Volumen de Tránsito

Las variaciones de tráfico generalmente se refieren a cambios en la cantidad de vehículos que circulan en una red o sistema durante un período de tiempo específico a lo que comúnmente se conoce como horas pico.

Mediante los datos recolectados sobre tráficos promedios diarios, semanales y anuales se puede las variaciones en el tráfico.

**Tabla 29.**

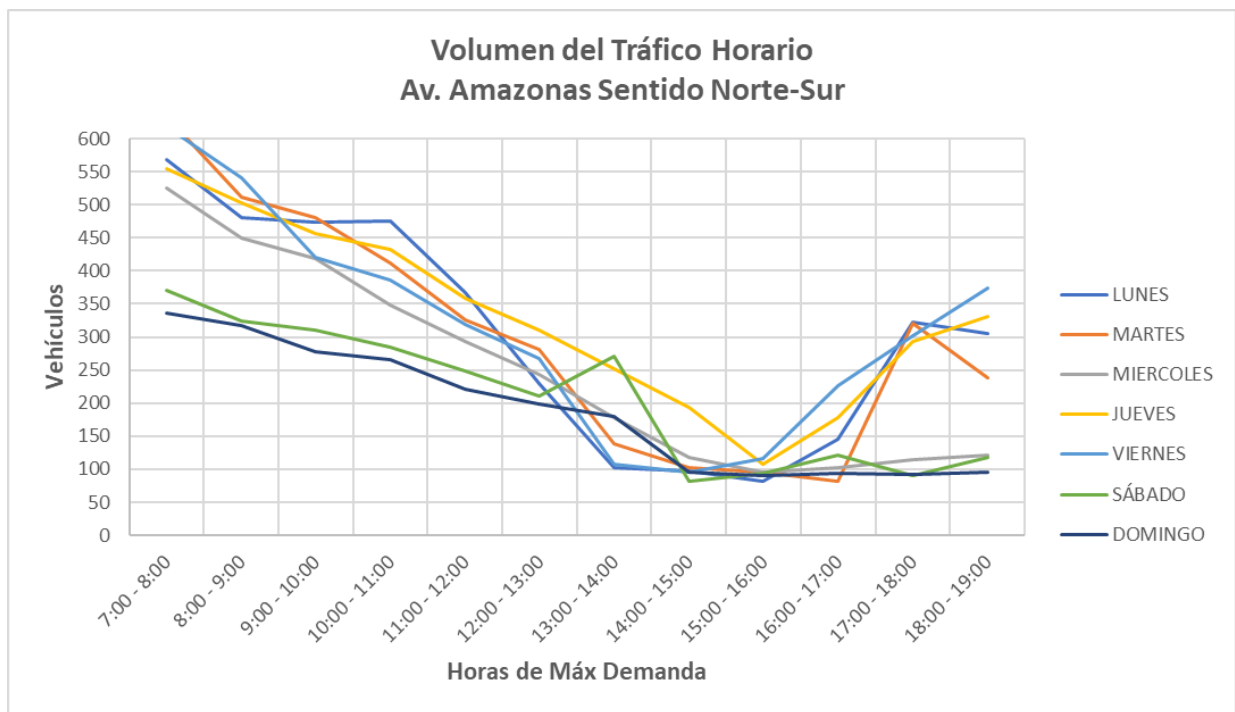
*Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Norte-Sur*

ESTACIÓN 1		HORAS DE MÁXIMA DEMANDA													
Ubicación	Sentido	Días de conteo	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	
Av. Amazonas	Norte - Sur	LUNES	569	480	474	475	367	230	103	97	82	145	323	306	
		MARTES	633	512	481	411	326	282	139	103	96	81	320	238	
		MIERCOLES	525	450	419	348	293	244	178	118	95	102	115	122	
		JUEVES	554	503	456	433	359	310	252	193	108	178	293	331	
		VIERNES	618	540	421	386	319	267	107	95	117	226	301	374	
		SÁBADO	371	324	311	284	248	210	270	81	94	121	91	118	
		DOMINGO	337	317	278	266	221	198	179	96	91	94	92	95	

*Nota.* En la tabla 29 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 1. Elaborado por: La Autora.

**Figura 36.**

*Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Norte-Sur*



*Nota.* En la figura 36 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 30.**

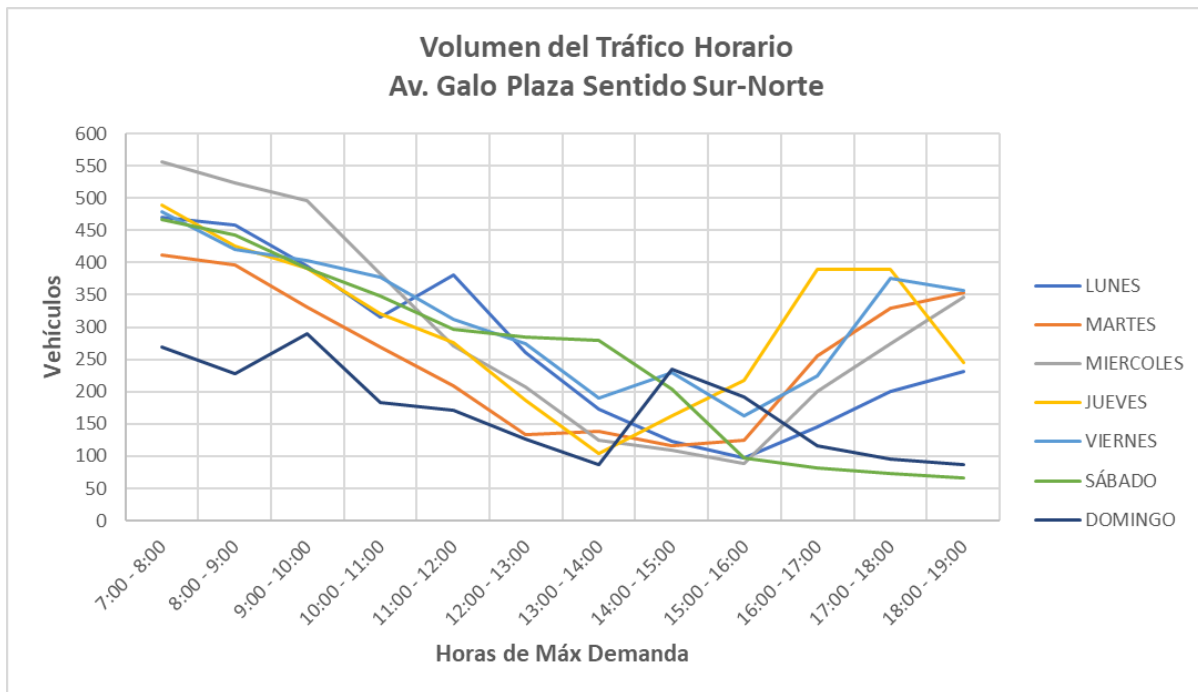
*Volumen del Tráfico Horario Av. Galo Plaza Sentido Sur-Norte*

ESTACIÓN 2			HORAS DE MÁXIMA DEMANDA											
Ubicación	Sentido	Días de conteo	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00
Av. Galo Plaza	Sur - Norte	LUNES	470	458	394	316	381	260	173	123	98	145	201	232
		MARTES	412	396	331	270	209	134	139	116	124	255	329	354
		MIÉRCOLES	556	523	496	383	271	207	124	109	89	201	274	346
		JUEVES	490	426	391	321	276	187	104	163	217	389	390	245
		VIERNES	479	421	404	378	312	275	190	230	163	224	375	357
		SÁBADO	467	443	392	348	296	284	279	204	97	82	73	66
		DOMINGO	269	228	290	184	171	127	87	234	191	116	96	87

*Nota.* En la tabla 30 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 2. Elaborado por: La Autora.

**Figura 37.**

*Volumen del Tráfico Horario Av. Galo Plaza Sentido Sur-Norte*



*Nota.* En la figura 37 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 2. Elaborado por: La Autora.



**Tabla 31.**

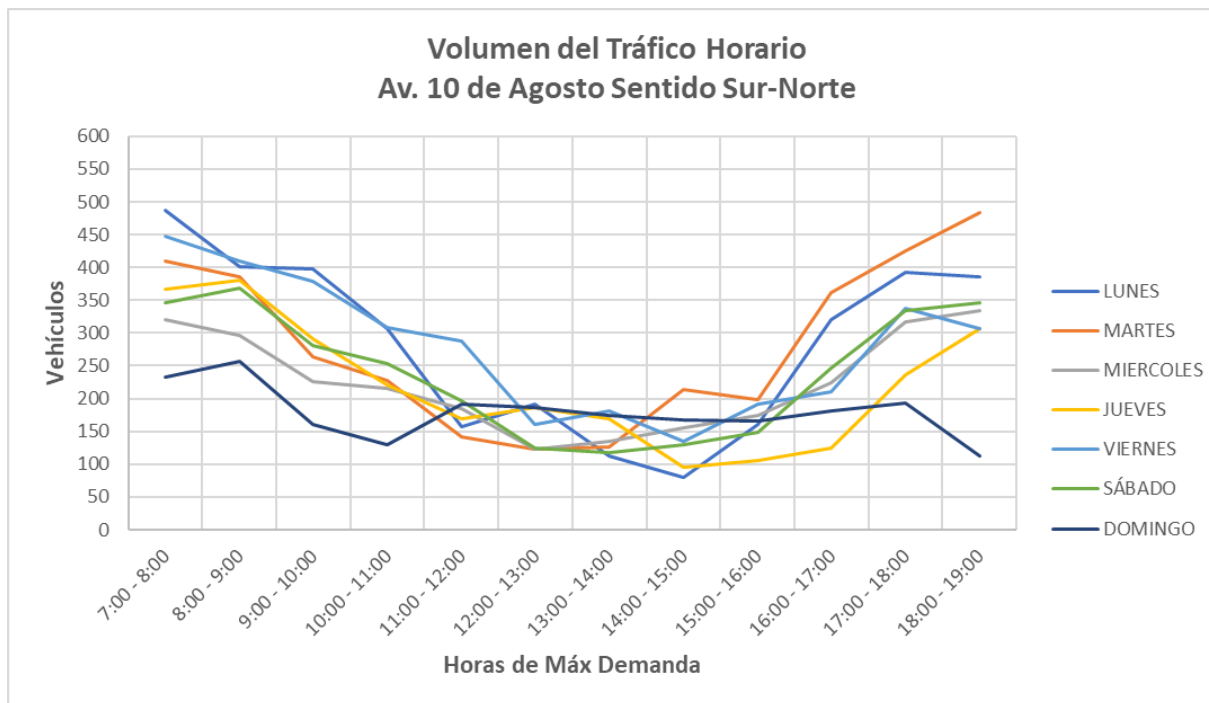
*Volumen del Tráfico Horario Av. 10 de agosto Sentido Sur-Norte*

ESTACIÓN 3		HORAS DE MÁXIMA DEMANDA												
Ubicación	Sentido	Días de conteo	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00
Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	LUNES	487	401	397	307	158	192	113	79	160	321	392	385
		MARTES	409	386	264	227	141	122	127	214	199	361	426	483
		MIERCOLES	320	296	226	216	184	122	134	156	175	224	317	334
		JUEVES	367	381	292	221	169	187	170	96	106	124	236	307
		VIERNES	448	410	379	308	288	161	181	135	191	210	338	306
		SÁBADO	346	368	281	254	197	124	118	129	149	246	335	347
		DOMINGO	232	257	160	129	192	186	175	167	166	182	194	112

*Nota.* En la tabla 31 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 3. Elaborado por: La Autora.

**Figura 38.**

*Volumen del Tráfico Horario Av. 10 de Agosto Sentido Sur-Norte*



*Nota.* En la figura 38 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 3. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 32.**

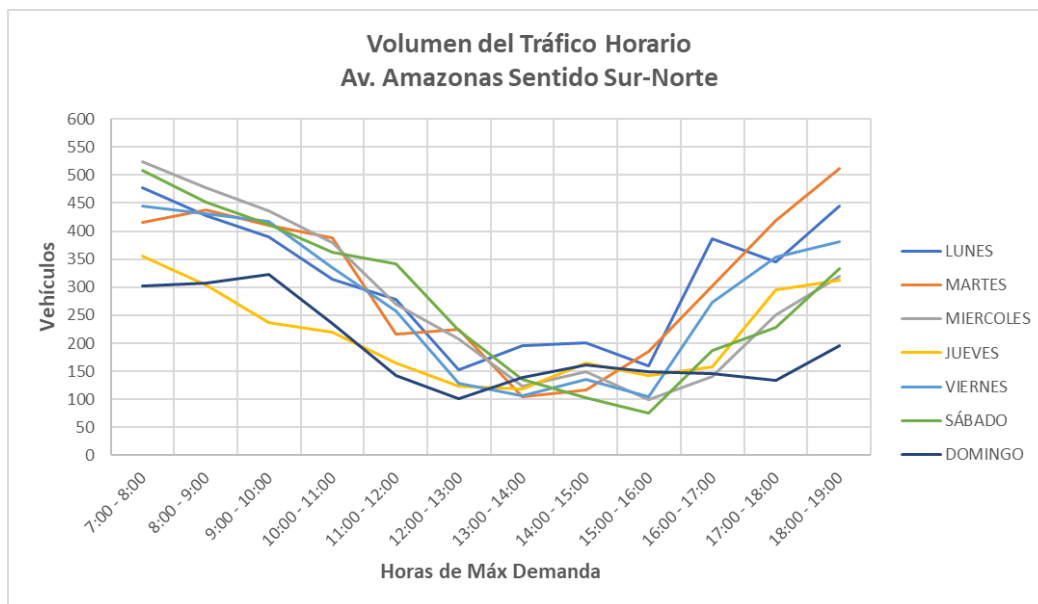
*Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Sur-Norte*

ESTACIÓN 4		HORAS DE MÁXIMA DEMANDA												
Ubicación	Sentido	Días de conteo	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00
Av. Amazonas	Sur - Norte	LUNES	477	428	389	314	278	152	195	201	160	387	346	445
		MARTES	415	438	411	388	216	225	104	116	185	303	419	512
		MIERCOLES	524	477	437	380	270	207	124	150	99	140	251	320
		JUEVES	356	304	237	219	164	124	118	165	142	158	296	312
		VIERNES	444	431	417	334	257	129	106	135	104	273	354	382
		SÁBADO	508	451	413	363	341	224	136	102	76	187	228	333
		DOMINGO	302	307	323	235	142	101	139	161	150	146	134	196

*Nota.* En la tabla 32 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 4. Elaborado por: La Autora.

**Figura 39.**

*Volumen del Tráfico Horario Av. Amazonas Sentido Sur-Norte*



*Nota.* En la figura 39 se observa el volumen del tráfico en las horas de máxima demanda de la estación 4. Elaborado por: La Autora.

Las figuras 36, 37, 38 y 39 nos muestran los volúmenes del tráfico a lo largo de la semana en el horario, de 7h00 a 19h00. Se puede observar que las horas de máxima demanda van de 7h00

a 10:00 y de 16h00 a 19h00. Esto se asemeja los días de entre semana, sin embargo, vemos que el flujo de los días martes y viernes es mucho mayor y finalmente el día domingo es notable la baja en el volumen de vehículos en todas las estaciones de conteo. Importante recalcar que esto se realizó durante los meses de agosto y septiembre de 2023.

### **5.5 Velocidad del flujo vehicular**

Al hablar de una velocidad promedio se toma en cuenta al grupo de los vehículos que transitan por el intercambiador cuya relación es la siguiente:

A mayor intensidad de tráfico, menor será la velocidad promedio del flujo vehicular.

### **5.6 Velocidad de diseño**

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical. (MOP, 2003, p. 26)

En este caso se hace referencia a la velocidad propiamente dicha de los ramales o rampas. Según la normativa ecuatoriana (MOP, 2023) la velocidad mínima de diseño de los ramales irá en función de la velocidad de la vía. Para el caso concreto se tiene una velocidad de circulación de 35 a 50 km/h, por lo tanto, la velocidad mínima en los ramales vendrá en un rango de 25 a 40 km/h.

**Tabla 33.**

*Velocidad en los ramales*

VELOCIDADES DE DISEÑO DE RAMALES EN FUNCION DE LA VELOCIDAD DE LA AUTOPISTA								
Velocidad de diseño de la autopista, Km/h.	50	65	80	90	95	100	110	120
Velocidad de diseño del ramal, Km/h.								
DESEABLE	40	55	70	70	80	80	90	100
MINIMA	25	30	40	45	45	50	50	50
Radio Mínimo, (m).								
DESEABLE	42	100	160	160	210	210	275	350
MINIMO	20	25	42	56	56	75	75	75

*Nota.* En la tabla 33 se observa las velocidades de ramales Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras 2003, (Quito – Ecuador)

## **5.7 Velocidad de circulación**

Uno de los factores principales que influye en la eficiencia del flujo vehicular y en la capacidad de la infraestructura vial es la velocidad de circulación.

La velocidad de circulación vial se refiere a la velocidad a la que los vehículos se desplazan en la vía. Se mide comúnmente en kilómetros por hora (km/h), ésta puede variar dependiendo de diversos factores, como las regulaciones de velocidad establecidas, las condiciones del tráfico, las características de la vía y las condiciones meteorológicas. Los límites de velocidad son establecidos por las autoridades de tráfico para garantizar la seguridad de los conductores, peatones y otros usuarios de la vía.

La velocidad de circulación también puede influir en la eficiencia del flujo vehicular y en la capacidad de la infraestructura vial.

La velocidad designada según la legislatura de tránsito va en un rango de 35 a 50 km/h.

## 5.8 Velocidad de desplazamiento

La velocidad de desplazamiento se define como la proporción entre la distancia total recorrida y el tiempo en que el vehículo estuvo en movimiento. Esta medición excluye todos los periodos en los que el vehículo permaneció detenido debido a cualquier motivo relacionado con la operación del tráfico, es decir, los tiempos de espera o demoras.

A través de este análisis, se evidenció que, en la dirección de norte a sur, los impactos de la congestión vehicular en la Avenida 10 de Agosto, son los responsables de provocar la acumulación de tráfico hasta llegar a la Avenida Galo Plaza (200 m al norte del intercambiador). Esto abarca la congestión en términos generales en todo el intercambiador de “El Labrador”.

**Tabla 34.**

*Velocidades de desplazamiento*

Est.	Avenida	Sentido	DISTANCIA		SIN DEMORA			DEMORA			
			[m]	[km]	Tiempo [seg]	Tiempo Total [horas]	Velocidad sin Demora [km/h]	Demora [seg]	Tiempo Total [seg]	Tiempo Total [horas]	Velocidad con Demora [km/h]
1	Av. Amazonas	Norte - Sur	255	0.255	35	0.010	26	33	68	0.019	14
2	Av. Galo Plaza	Sur - Norte	286	0.286	27	0.008	38	10	37	0.010	28
3	Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	252	0.252	30	0.008	30	24	54	0.015	17
4	Av. Amazonas	Sur - Norte	245	0.245	24	0.007	37	16	40	0.011	22

*Nota.* En la tabla 34 se observa el cálculo de velocidades de desplazamiento con el tiempo de demora y sin el tiempo de demora. Elaborado por: La Autora.

## **5.9 Demoras (Horas pico)**

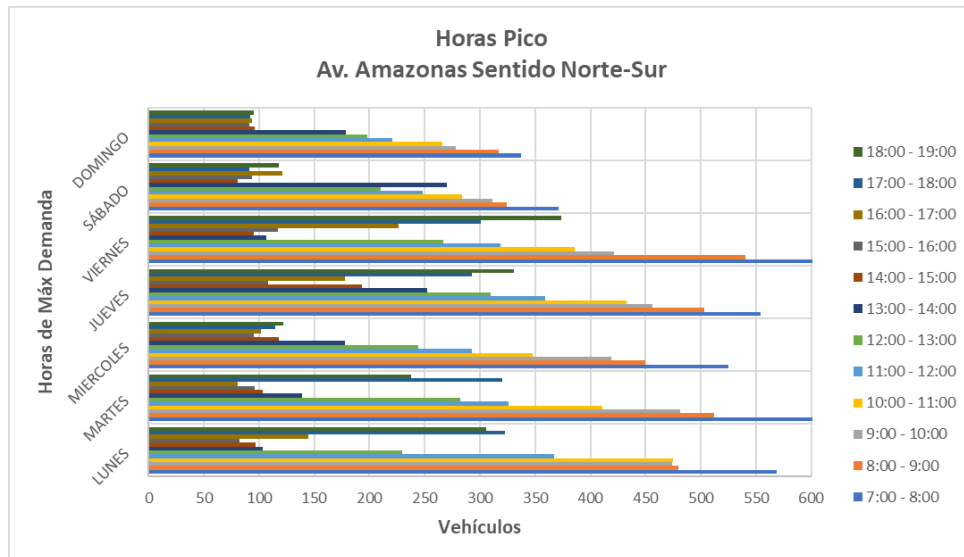
Las demoras en horas pico en el tráfico se refieren a los retrasos y congestiones que ocurren en las carreteras y calles durante las horas del día en las que hay un mayor volumen de tráfico. Estas horas pico suelen coincidir con los períodos en los que la mayoría de las personas viajan hacia o desde el trabajo, la escuela u otras actividades cotidianas.

En este caso, el horario pico comprende la mañana de 6:30 AM a 9:00 AM y la tarde de 4:00 pm a 6:30 pm; estos horarios son los llamados “horas pico”, ya que el intercambiador se ve saturado debido al elevado número de vehículos en circulación y se observa que, durante estas horas, la demanda de uso del intercambiador supera la capacidad disponible, lo que resulta en congestión y ralentización del tráfico.

Para abordar este problema, es necesario tener en cuenta que este intercambiador viene a formar parte del área de influencia del metro de Quito, debido a que su operación dará lugar a que el número de vehículos se incremente a causa de la estación del metro ubicada en “El Labrador”, la estación multimodal del trole y ecovía y finalmente la estación de buses alimentadores.

**Figura 40.**

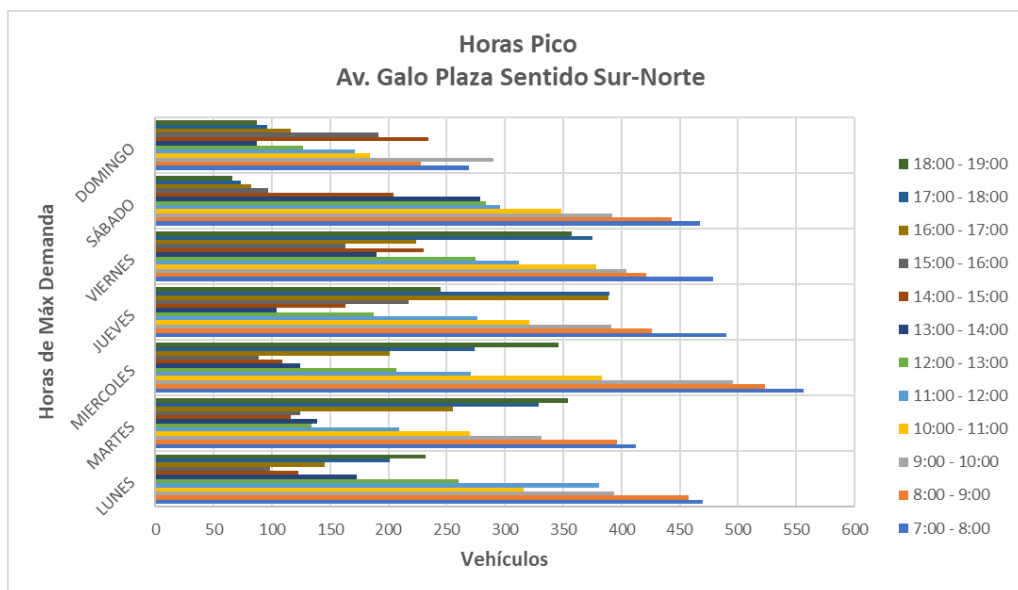
*Horas Pico Av. Amazonas (Norte-Sur)*



*Nota.* La figura 40 las columnas nos indican como va avanzando el flujo vehicular en horas pico durante los meses de agosto y septiembre durante 2023. Elaborado por: La Autora.

**Figura 41.**

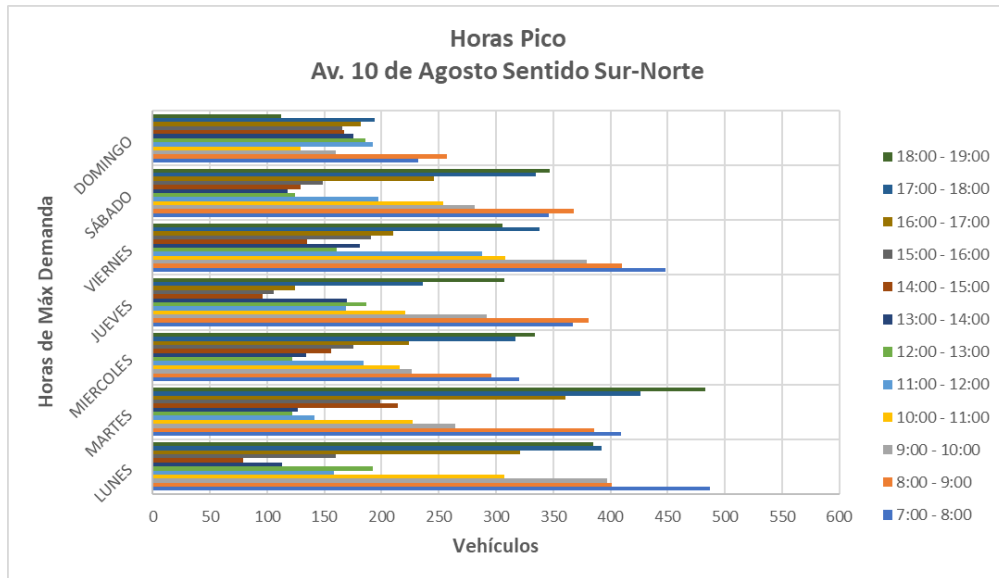
*Horas Pico Av. Galo Plaza (Sur-Norte)*



*Nota.* La fig 41 las columnas nos indican como va avanzando el flujo vehicular en horas pico durante los meses de agosto y septiembre durante 2023. Elaborado por: La Autora.

**Figura 42.**

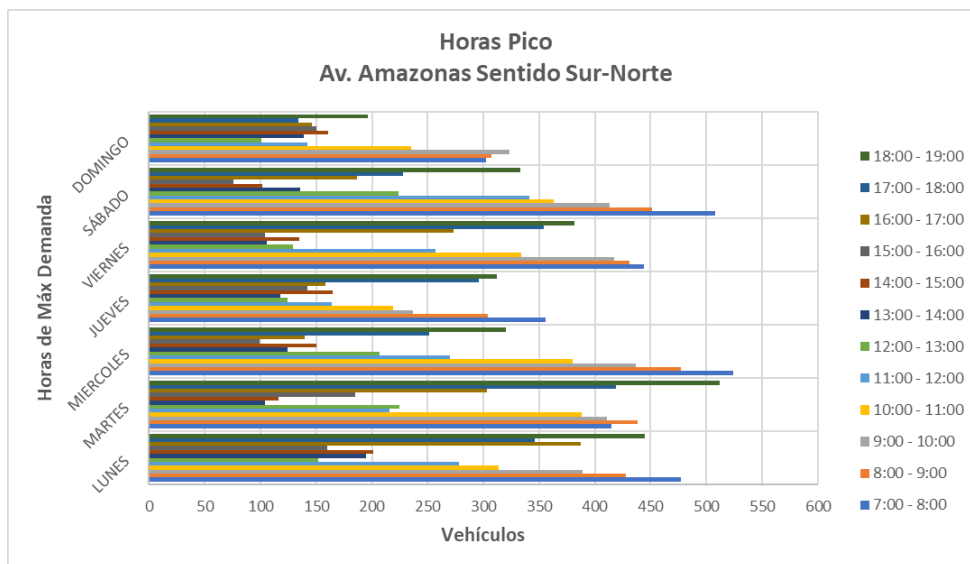
*Horas Pico Av. 10 de agosto (Sur-Norte)*



*Nota.* La fig 42 las columnas nos indican como va avanzando el flujo vehicular en horas pico durante los meses de agosto y septiembre durante 2023. Elaborado por: La Autora.

**Figura 43.**

*Horas Pico Av. Amazonas (Sur-Norte)*



*Nota.* La fig 43 las columnas nos indican como va avanzando el flujo vehicular en horas pico durante los meses de agosto y septiembre durante 2023. Elaborado por: La Autora



## CAPÍTULO VI

### EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1 Capacidad vial

Las intersecciones situadas en alturas distintas resuelven los desafíos asociados al cruce directo de vehículos, lo que implica que la capacidad que ofrecen se aproxima a la suma de las capacidades de las vías que se entrecruzan. La disposición en niveles posibilita un flujo de tráfico prácticamente ininterrumpido, ya que los vehículos pueden circular sin interferencias directas. Además, la conexión entre ambas vías mediante rampas cuidadosamente diseñadas facilita que el tráfico que se desplaza de una a otra pueda realizar todas las maniobras necesarias con comodidad, seguridad y continuidad.

La determinación de la capacidad vial, va depender mucho de la calidad y eficacia del servicio que presenta una vía y que ofrece a los conductores y/o peatones. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = \frac{V}{s} * 1000$$

Donde:

C: Capacidad vial [Veh/h]

V: Velocidad de desplazamiento [km/h]

s: Separación entre vehículos sucesivos. [m]<sup>6</sup>

$$s = 5.35 + 0.22v + 0.00094v^2$$

---

<sup>6</sup> Estudio realizado en Inglaterra por R.J. Smeed<sup>1</sup>, donde se establece la separación más frecuente en función de la velocidad.

**Tabla 35.**

*Capacidad Vial*

<b>Avenida</b>	<b>Sentido</b>	<b>Velocidad de Desplazamiento [km/h]</b>	<b>Espaciamiento [m]</b>	<b>Capacidad [Veh/h]</b>
Av. Amazonas	Norte - Sur	26	11.71	2221
Av. Galo Plaza	Sur - Norte	38	15.11	2524
Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	30	12.86	2351
Av. Amazonas	Sur - Norte	37	14.70	2499

*Nota.* En la tabla 35 se obtiene la capacidad vial por cada una de las Estaciones de análisis. Elaborado por: La Autora.

## **6.2 Nivel de servicio del intercambiador**

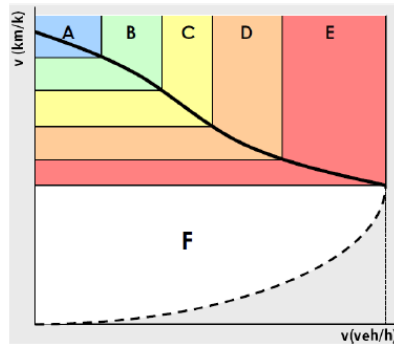
Para evaluar el desempeño del intercambiador de manera general, se hará uso de LOS (Level of Service)<sup>7</sup>, se definen seis niveles de servicio como se indica en la tabla siguiente. Los niveles van desde el literal A al literal F, en orden decreciente, según corresponda el aspecto a evaluar. Esta medida de control y evaluación de la calidad del servicio nos permite conocer para este caso específico, qué medidas de eficiencia nos está ofreciendo el intercambiador para un sistema de circulación de vehículos de forma continua. La figura 44 nos indica cual es la relación de los niveles en función de la velocidad y volumen.

---

<sup>7</sup> Niveles de Servicio elaborados por la: Transportation Research Board, 2000)

**Figura 44.**

*Diagrama de representación de los Niveles de Servicio*



*Nota.* Diagrama de Volumen vs. Velocidad que representan los Niveles de Servicio. Fuente: Bañón L. y Beviá J. (2000).

**Tabla 36.**

*Niveles de Servicio en función de la velocidad de flujo libre.*

LOS	Demoras (seg/veh)	Descripción General
A	0-10	Velocidad de flujo libre en 90%
B	>10-15	Velocidad de flujo libre en 70%
C	>15-25	Velocidad de flujo libre en 50%
D	>25-35	Velocidad de flujo libre en 40%
E	>35-50	Velocidad de flujo libre en 33%
F	>50	Flujo en la calle velocidades muy bajas

Es importante destacar que la evaluación de la calidad del flujo se presenta en situaciones cualitativas de funcionamiento, ya sea de vehículos o personas, y en la percepción de los conductores o pasajeros. Estas circunstancias se detallan en relación con la mejora de la seguridad vial y la eficiencia en la operación de la infraestructura vial.

Para el caso del intercambiador del Labrador se obtuvo los niveles de servicio entre D y E, dependiendo de los ramales y del sentido de cada ramal, como se indica en la tabla 37 a continuación.

**Tabla 37.**

*Niveles de servicio*

<b>Avenida</b>	<b>Sentido</b>	<b>Velocidad de Circulación [km/h]</b>	<b>Capacidad [Veh/h]</b>	<b>Demora [seg]</b>	<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Flujo Libre [%]</b>
Av. Amazonas	Norte - Sur	26	2221	33	D	40
Av. Galo Plaza	Sur - Norte	38	2524	10	E	33
Av. 10 de Agosto	Sur - Norte	30	2351	24	D	40
Av. Amazonas	Sur - Norte	37	2499	16	E	33

*Nota.* En la tabla 37 se obtuvo los niveles de servicio por cada una de las Estaciones de análisis. Elaborado por: La Autora.

Para una mejor comprensión de lo que representan los niveles de servicio D y E, Cerquera, 2007 nos menciona lo siguiente en su estudio sobre “Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial”:

El nivel D, se refiere a un flujo de tráfico o movimiento de personas con una densidad alta pero constante. La velocidad y la capacidad de maniobra se ven significativamente limitadas, resultando en un nivel general de comodidad y conveniencia reducido para el conductor o peatón. Pequeños aumentos en el flujo suelen generar problemas operativos. (Cerquera, 2007, p. 3)

Mientras que el nivel E, nos indica que la operación se encuentra en o cerca de su capacidad máxima. La velocidad de todos disminuye a un nivel bajo y bastante constante. La capacidad para moverse libremente es extremadamente complicada, y se logra obligando a un vehículo o peatón a ceder el paso. Los niveles de comodidad y conveniencia son muy bajos, generando una gran frustración en conductores o peatones. La circulación suele ser inestable, ya que pequeños aumentos en el flujo o leves alteraciones del tráfico provocan colapsos. (Cerquera, 2007, p. 3)

### **6.3 Análisis operacional**

Para tener un criterio de la operatividad del flujo de tránsito, se relacionaron las variables de velocidad, congestión y clasificación del nivel de servicio, a partir de las cuales se establecieron comparaciones en la caracterización del nivel de congestión vial.

Cabe recalcar que el intercambiador tiene netamente acceso vial y de hecho resulta muy peligroso para el peatón.

La disminución temporal en la capacidad vehicular como resultado de la unión de una o varias vías con un mayor número de carriles hacia otra que contiene un menor número de carriles disponibles o cuello de botella, se produce con frecuencia en la zona en estudio debido a la mala demarcación de los carriles, las rampas de acceso y salida, y particularmente cambio constante de carril de las unidades de transporte público. (Angarita & Pinto, 2017)

### **6.4 Alternativas de Solución**

El análisis de alternativas de solución a los problemas de congestión vehicular facilita la formulación de estrategias que, idealmente, sean de bajo costo y de ejecución rápida. Se pueden considerar soluciones que impliquen una intervención mínima, con énfasis en la regulación funcional del tráfico, abordando aspectos como la adaptación de la normativa de tránsito a las necesidades viales, el análisis de la distribución vehicular dentro del sistema vial, la actualización de señales de tráfico y semáforos, así como la organización del transporte público y de las áreas peatonales y espacio de ciclistas.

Se identificaron tres razones principales para la congestión en el intercambiador:

1. La cantidad de vehículos supera la capacidad de los carriles casi por el doble,
2. La obstrucción causada por el ingreso y salida de los ramales del intercambiador, y

3. La distribución actual de los tiempos en el sistema de semáforos, generando colas extensas durante las horas de mayor tráfico.

Como resultado del análisis operacional realizado en esta investigación, se examinaron opciones para mitigar la congestión vial y se ha llegado a la conclusión de que son varias las alternativas que en su conjunto podrían contribuir a una mejora en la señalética tanto vertical como horizontal, así como, en el sistema de semaforización. Pues al evaluar este problema se vio la necesidad de ajustar la distribución de los tiempos del sistema de semáforos durante las horas de mayor tráfico en el intercambiador, mediante la implementación de semáforos inteligentes. Esta solución se considera de bajo costo y tiene un impacto inmediato.

Cabe resaltar que uno de los carriles de la Av. Amazonas en sentido Norte- Sur desde hace algunos meses se ha vuelto de uso exclusivo de ciclistas, y esto ha causado la incomodidad en los usuarios debido a que hace falta incorporar semáforos y señalización específica para ciclistas en intersecciones. Pues esto ayudaría en gran medida a regular de manera segura el flujo de tráfico mixto y reduce el riesgo de colisiones.

Una de las direcciones estratégicas viables que se podría proponer a nivel preliminar, como lo es esta investigación, vendría a ser la gestión de la circulación en el sistema vial para maximizar su capacidad, mejorando el sistema de contraflujos y proponiendo y restricciones vehiculares para vehículos pesados.

Para esto se requiere implantar la correcta señalización vertical y horizontal para proveer información clara y precisa a conductores dentro del área central y las vías periféricas al intercambiador. Esta idea nos lleva a dar la alternativa de accesos preferenciales para las líneas de transporte público que transitan por el intercambiador.

## 6.4.1 Señalización

La señalización vial, utilizada para regular el tráfico en las vías, incluye varios componentes. Estos elementos comprenden señales verticales, que se dividen en preventivas, restrictivas e informativas, así como señales horizontales o marcas en la superficie de la vía, como líneas, símbolos y marcas viales. Además, se consideran dispositivos de protección y sistemas de semáforos. Es esencial mantener y actualizar estos elementos de señalización para garantizar su eficacia. (Cal, Reyes y Cárdenas; 2007)

Para tener claro que tipo de señalización requiere este intercambiador para ofrecer un mejor servicio, se detalla la siguiente clasificación.

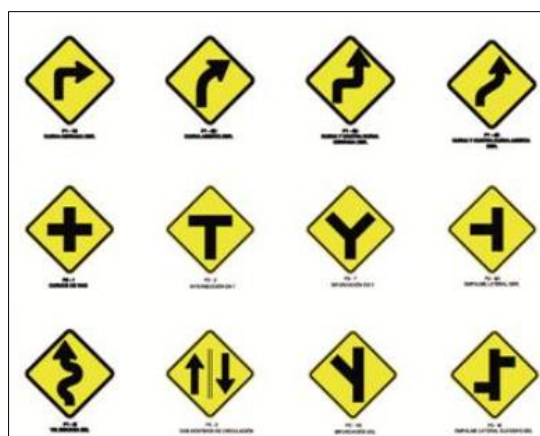
### 6.4.1.1 Señalización vertical.

#### • Señalización preventiva

Estas señales tienen como objetivo advertir a los conductores sobre condiciones o situaciones que requieren una acción especial para garantizar la seguridad vial.

#### Figura 45.

#### Señalización preventiva



*Nota.* En la imagen se puede observar la señalización preventiva. Fuente: Comisión de Tránsito del Ecuador, 2023.

- **Señalización reglamentaria**

Este conjunto de señales está diseñado para que los usuarios de la vía tengan en cuenta las normativas y regulaciones que deben seguir sobre el reglamento de tránsito.

**Figura 46.**

*Señalización reglamentaria*



*Nota.* En la imagen se puede observar la señalización reglamentaria. Fuente: Comisión de Tránsito del Ecuador, 2023.

- **Señalización informativa**

Este tipo de señalización vial tiene como objetivo proporcionar información útil a los usuarios de la vía en relación al entorno, dirección, ubicación y servicios.



**Figura 47.**

*Señalización informativa*

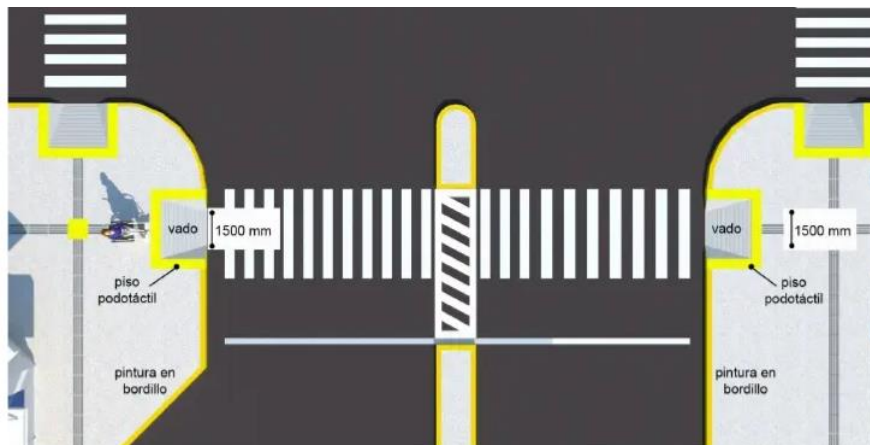


*Nota.* En la imagen se puede observar la señalización informativa. Fuente: Comisión de Tránsito del Ecuador, 2023.

#### 6.4.1.2 Señalización horizontal

**Figura 48.**

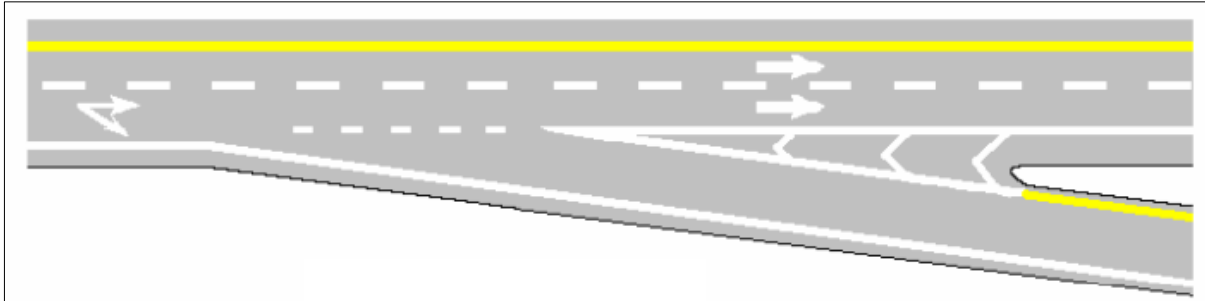
*Cruces peatonales*



*Nota.* En la imagen se puede observar un cruce común. Fuente: NTE INEN 2246 (2015).

**Figura 49.**

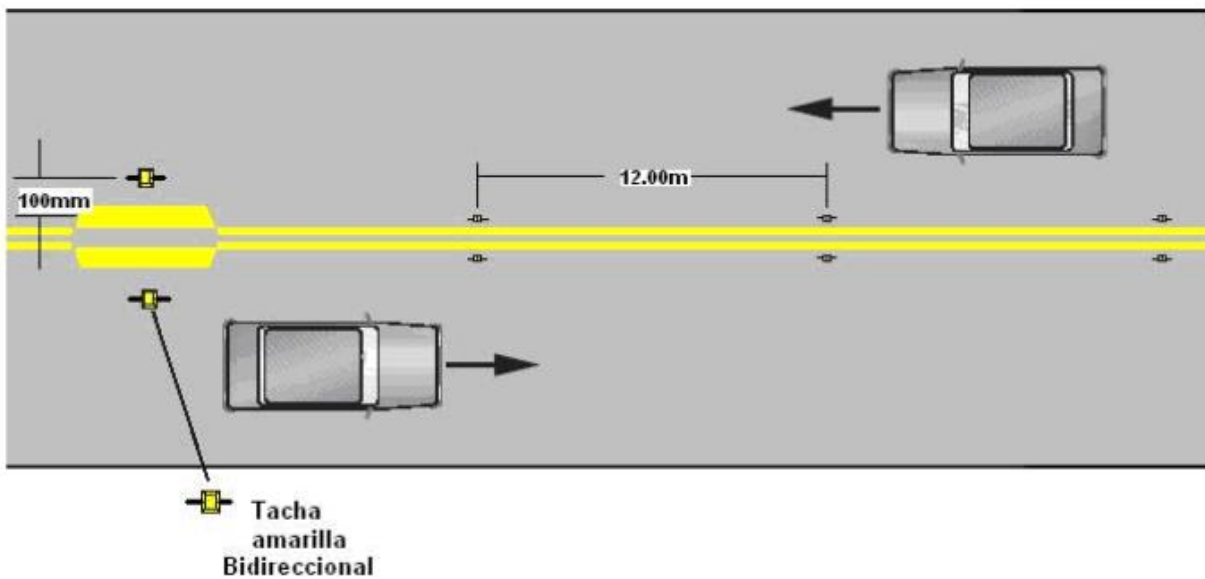
*Flechas pavimentos*



*Nota.* En la imagen se puede observar un cruce común. Fuente: RTE INEN 004-2 (2011).

**Figura 50.**

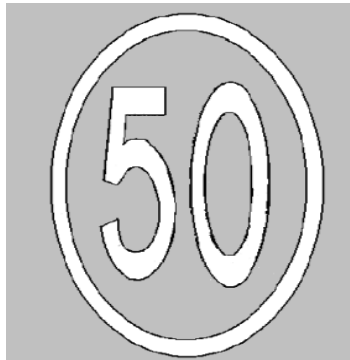
*Líneas de división carriles*



*Nota.* En la imagen se puede observar un cruce común. Fuente: RTE INEN 004-2 (2011).

## **Figura 51.**

*Velocidad máxima de circulación*



*Nota.* En la imagen se puede observar un cruce común. Fuente: RTE INEN 004-2 (2011).

**6.4.1.3 Estado Actual de la señalética en el Intercambiador “El Labrador”.** La señalización vial horizontal muestra signos de desvanecimiento, contribuyendo a la confusión y aumentando los riesgos potenciales. Además del deterioro de las estructuras de soporte en algunos tramos. Así mismo, la ausencia de iluminación adecuada contribuye a una visibilidad deficiente, especialmente durante las horas nocturnas. Este estado general de la vía no solo afecta negativamente la experiencia del usuario, sino que también plantea preocupaciones significativas en términos de seguridad y eficiencia del tráfico. La necesidad de intervención y rehabilitación urgente es evidente para restablecer las condiciones óptimas de la vía y garantizar un entorno vial seguro y funcional.

Por otra parte, es evidente la carencia de información en cuanto a señalética tanto vertical como horizontal; exceptuando los bolardos del carril de los ciclistas, hace falta flechas, cruces, letreros incluso iluminación en los pasos deprimidos.

En definitiva, el intercambiador carece de manera significativa de señalética que sea esencial para la orientación y seguridad de los usuarios. La ausencia de señales claves, como

indicaciones de direcciones, límites de velocidad, cruces peatonales y advertencias, crea una situación potencialmente peligrosa y confusa para los conductores y peatones. Además, la falta de señalización específica para carriles, salidas y entradas contribuye a la congestión y a la dificultad de conducir por el intercambiador de manera eficiente. En resumen, es imperativo implementar una completa y adecuada señalización para optimizar la funcionalidad y la seguridad del intercambiador.

**Figura 52.**

*Falta de letreros en la entrada de los carriles.*



*Nota.* Entrada a los pasos deprimidos y elevados. Elaborado por: La Autora.

**Figura 53.**

*Falta de señalética horizontal*



*Nota.* Paso deprimido. Elaborado por: La Autora.

**Figura 54.**

*Carente de iluminación en los pasos deprimidos*



*Nota.* Paso deprimido. Elaborado por: La Autora.

**Figura 55.**

*Falta de líneas direccionales*



*Nota.* Paso deprimido. Elaborado por: La Autora.

**6.4.2 SemafORIZACIÓN**

Adicionalmente, la sincronización adecuada de los semáforos es crucial para permitir un flujo continuo de vehículos a una velocidad constante. No obstante, es común observar una sincronización deficiente que contribuye a la congestión del tráfico. (Cal, Reyes y Cárdenas; 2007)

**6.4.2.1 Semáforos inteligentes.** Los semáforos inteligentes suelen incorporar tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia del tráfico y la seguridad vial. Estas tecnologías pueden incluir sistemas de Control Inteligente, los cuales, utilizan algoritmos y sensores para monitorear y adaptarse al flujo del tráfico en tiempo real. Además, pueden ajustar los tiempos de los ciclos de semáforos según la demanda actual mediante sensores de Tráfico, los cuales sirven para detectar la presencia de vehículos, peatones y ciclistas en las intersecciones. Estos sensores ayudan a ajustar los tiempos de luz verde o roja según las condiciones de tráfico.

Por medio de este tipo de sistemas de gestión centralizada los semáforos inteligentes consiguen estar conectados a un solo sistema integral que permite monitorear y gestionar varias intersecciones de manera remota. Esto facilitará la coordinación del tráfico hacia una red más amplia.

Algunos sistemas inteligentes priorizan la circulación de vehículos de transporte público mediante el ajuste dinámico de los tiempos de semáforo para mejorar la eficiencia del transporte público.

Para obtener información específica sobre los semáforos inteligentes en Ecuador, te recomendaría consultar fuentes locales, como el departamento de tráfico o transporte del gobierno, organismos viales locales, o informes de noticias locales. Estas fuentes pueden proporcionar detalles sobre proyectos específicos implementados en Ecuador y cómo están mejorando la gestión del tráfico y la seguridad vial.

Según el alcalde de Quito, Pabel Muñoz, el Municipio de Quito tiene previsto implementar en los próximos meses un sistema avanzado de vigilancia del tráfico, con el propósito de integrar los semáforos a plataformas inteligentes. Esta iniciativa busca mitigar la congestión vehicular en la capital mediante la centralización de los semáforos y la implementación de tecnologías inteligentes.

Es así que, esta alternativa se sumaría al plan de mejoras de la urbe de manera técnica.

### ***6.4.3 Nuevos Trazados de Rutas***

Además, resulta relevante la redistribución del espacio vial para de esta manera considerar la posibilidad de dar paso a carriles en contra (contraflujos) para facilitar el flujo de tráfico durante las horas pico, dando prioridad a ciertos flujos de tráfico.

Dentro de esta opción alternativa también se plantea mejorar la accesibilidad y eficiencia del transporte público y transporte pesado, por medio de rutas exclusivas para este tipo de vehículos.

## CONCLUSIONES

Es importante recordar que la gestión del tráfico es un desafío continuo y que las soluciones deben adaptarse a las necesidades específicas de cada lugar. Además, la colaboración entre entidades gubernamentales, planificadores urbanos y expertos en transporte es esencial para implementar mejoras efectivas.

Recordando la idea de la paradoja que propone Braess que indica que la alteración de una red de carreteras para mejorar el flujo de tráfico tiene el efecto inverso: en vez de hacer más fluido el tráfico, la vía termina congestionándose.

En este contexto, se comprende que el enfoque para mejorar el flujo en una vía no debe centrarse en aumentar la capacidad vial existente, ya que esto no conduce a mejoras y, por el contrario, resulta en un aumento del volumen de tráfico, con implicaciones como mayores emisiones de CO<sub>2</sub>, niveles de ruido, riesgos de accidentes y un deterioro acelerado de la capa de rodadura, entre otros aspectos. Por lo tanto, la ampliación de las rampas de un intercambiador se considera una solución costosa, donde el incremento de la capacidad no sería viable y complicaría los cálculos de las proyecciones realizadas previamente.

Por tanto, los resultados de este estudio son un llamado de atención a los organismos competentes, para plantear las alternativas de solución eficientes a la mayor brevedad posible como se indicó anteriormente resumiéndolas en las siguientes:

- Mejora de la señalética vial
- Semaforización inteligente
- Nuevos trazados de rutas para transporte público y pesado.



## RECOMENDACIONES

La mejora en los sistemas de transporte público es crucial y urgente. Esto se podría establecer mediante la colaboración entre entidades gubernamentales encargadas del tránsito terrestre y las instituciones universitarias para abordar los desafíos viales que impactan en la calidad de vida. La creación y compartición de bases de datos sobre el tráfico, el desarrollo de procesos analíticos, la capacitación de profesionales en este ámbito y la educación ciudadana son iniciativas que pueden fortalecerse a través de la participación activa de todos los actores que conforman este ámbito.

Durante el análisis realizado se constató la complejidad de los problemas que enfrenta la Ciudad con el enfoque de rehabilitación vial, en función de la complejidad técnica y administrativa que presentan los mismos.

Cabe mencionar que la capa de rodadura, aunque se encuentra en condiciones aceptables, también es un factor influyente en las condiciones de congestión vehicular que requiere continuo mantenimiento para evitar la creación de los famosos “baches” que ralentizan la velocidad de circulación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, B. P. (2015). *La observación como herramienta científica*. Madrid. España: ACCI.

Alibaba. (s.f). Equipo topográfico [Imagen]. Archivo digital.

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Gps-Gnss-RTK-Kolida-K5-UFO-62337614655.html>

Angarita, C., Pinto M. (2017). *Identificación y análisis de “cuellos de botella” que obstaculizan la movilidad en el corredor de la calle 56 perteneciente a la red vial del municipio de Bucaramanga*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Colombia].

<https://www.redalyc.org/journal/5703/570363740001/570363740001.xml>

ANT. (2023). En 4 meses incrementó la matriculación de vehículos nuevos. *Quito Informa*, Quito, Ecuador.

<http://www.quitoinforma.gob.ec/2023/05/11/en-4-meses-incremento-la-matriculaciondevehiculosnuevos/#:~:text=Seg%C3%BAn%20datos%20de%20la%20AMT,el%20primer%20cuatrimestre%20de%202023.>

ASTM International. (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. West Conshohocken, PA: ASTM International. (ASTM D 6433-07).

Baeza, A., Martínez, E. (2012). *Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al Manual de Capacidad HCM 2000: caso Cerro del Agua/Ingeniería*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2397>

- Bañón, L., & Beviá, J. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto*. [Universidad de Alicante, Alicante-España]  
<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1788>
- Cal y Mayor, R. & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y Aplicaciones*. (8th ed.). Alfaomega.
- Cerquera, F. (2007). *Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial* (1st ed., pp. 5-6). Colombia.  
[https://www.academia.edu/8303458/CAPACIDAD\\_Y\\_NIVELES\\_DE\\_SERVICIO\\_DE\\_LA\\_INFRAESTRUCTURA\\_VIAL](https://www.academia.edu/8303458/CAPACIDAD_Y_NIVELES_DE_SERVICIO_DE_LA_INFRAESTRUCTURA_VIAL)
- Comisión de Tránsito del Ecuador, (2023). Señales de Tránsito.  
<https://www.comisiontransito.gob.ec/conozca-senales-de-transito/>
- Echezuría, C. (2019). Perfiles longitudinales. UNICISO.  
<https://www.uniciso.com/info/LON.pdf>
- EPMMOP. (2009). Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025. Quito: Empresa Municipal de Movilidad y Obras públicas: Gerencia de Planificación de la Movilidad. 2009. 119 p.
- INEC, (2016). Anuario de Transportes. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.  
[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-nec/Estadisticas\\_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2016/2016\\_AnuarioTransportes\\_%20Principales%20Resultados.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-nec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2016/2016_AnuarioTransportes_%20Principales%20Resultados.pdf). 2016
- Maldonado, D. (2018). *Influencia del transporte y la movilidad en el desarrollo urbano de Quito, construcción del Metro Quito, influencia urbana de la estación Jipijapa en el sector*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Ecuador.  
file:///C:/Users/Maria%20Alejandra/OneDrive/Escritorio/TESIS/REFERENCIAS/Influen

cia%20

del%20transporte%20y%20la%20movilidad%20en%20el%20desarrollo%20urbano%20de%20Quito,%20construcci%C3%B3n%20del%20Metro%20Quito,%20influencia%20urbana%20de%20la%20estaci%C3%B3n%20Jipijapa%20en%20el%20sector.pdf

MTOP. (2013). *NEVI-12. Norma para estudios y diseños viales* (Libro A ed., Vol. 2). Ministerio de Transportes y Obras Públicas Quito, Ecuador.  
[https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. MTOP. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito, Ecuador.

Naranjo, E., & Garces, P. (2013). *Análisis de los estudios de impacto de tráfico vigentes en la ciudad de Quito bajo el enfoque del modelo de Manheim*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

NTE INEN 2246. (2015). Cruces Peatonales a nivel y desnivel. Primera Revisión. Norma Técnica Ecuatoriana.

NEVI-12-MTOP, (2013). *Ministerio de Transporte y Obras Publicas - Norma Ecuatoriana Vial*.  
[https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf). 2013

Ocaña, A. L. O. (2016). *La investigación según Niklas Luhmann: epistemología de los sistemas y método sistémico de investigación*. [Magisterio, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador].  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6039/T-PUCE-6293.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rivero, L. (2017). *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*.

[http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)

Romero, D. (01 de 01 de 2017). En Quito se aplican 10 contraflujos para desfogar el tránsito de

Lunes a Viernes. El Comercio, pág. 1.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-contraflujos-trafficovehiculos-amt.html>

RTE INEN 004-2. (2011). Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal. Primera Revisión.

Reglamento Técnico Ecuatoriano.

Sampieri R., (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad De México. McGraw-Hill.

Secretaría de Movilidad (2018). Anexo I. Infraestructura Vial DMQ. Intercambiadores, Pasos Elevados,

Pasos Deprimidos, Viaductos, Solución Vial de Guayasamín. Reestructuración de la Red

de Transporte Público de pasajeros de Distrito Metropolitano de Quito. Agencia d'Ecología Urbana

de Barcelona.

[https://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Comisiones%20del%20Concejo/Movilidad/2017/20170905/1.%20Rutas%20y%20frecuencias/rutas%20y%20frecuencias/Anexo%20I%20%20Infraestructura%20Vial%20\(2\).pdf](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Comisiones%20del%20Concejo/Movilidad/2017/20170905/1.%20Rutas%20y%20frecuencias/rutas%20y%20frecuencias/Anexo%20I%20%20Infraestructura%20Vial%20(2).pdf)

Secretaría de Movilidad (2015). *Visión Estratégica De La Movilidad En El Distrito*

*Metropolitano De Quito 2015 - 2030*.

[https://paolitapaz08.files.wordpress.com/2015/06/vision-movilidad-quito-2015-](https://paolitapaz08.files.wordpress.com/2015/06/vision-movilidad-quito-2015-2030_v23.pdf)

[2030\\_v23.pdf](https://paolitapaz08.files.wordpress.com/2015/06/vision-movilidad-quito-2015-2030_v23.pdf)

TRB. (2000). Highway capacity manual 2000. Chapter 23 - Basic Freeway Segments 23-2:

Methodology. Transportation Research Board, Washington D.C., USA.

[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway\\_capacital\\_manual.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf)

Vargas, M. Rincón, y C. González. (2012). *Ingeniería de Tránsito, Conceptos Básicos*. Edición 1  
Editorial Colección Espacios, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá,  
pp.37-58.

## GLOSARIO

**Intercambiador:** Estructura diseñada para facilitar el flujo eficiente y seguro de vehículos en puntos de confluencia que permite que los vehículos cambien de una vía a otra sin tener que detenerse, mediante la construcción de rampas, puentes y distribuidores que permiten la separación física de los flujos de tráfico y la conexión entre diferentes vías o rutas.

**Capacidad vial:** Representa la capacidad máxima de la estructura vial para transportar el flujo de tráfico de manera fluida y sin congestión excesiva.

**Rehabilitación vial:** Se refiere al conjunto de acciones y técnicas utilizadas para restaurar, mejorar y prolongar la vida útil de una carretera o vía existente que ha sufrido daños, deterioro o requiere mejoras para mantener o recuperar su funcionalidad y seguridad.

**Intersección vial:** Hace referencia a aquellos elementos de la infraestructura vial y de transporte donde se cruzan dos o más caminos.

**Paso elevado:** Es un cruce de dos vías o de una carretera en diferentes niveles donde se obtiene el espacio libre para el tráfico en el nivel cero elevando una vía en el nivel superior para la reducción de tráfico.

**Paso deprimido:** Es un cruce de dos vías o de una carretera en diferentes niveles donde se obtiene el espacio libre para el tráfico en el nivel cero construyendo una vía en el nivel superior para la reducción de tráfico.

## ABREVIATURAS

<b>AMT:</b>	Agencia Metropolitana de Tránsito
<b>ANT:</b>	Agencia Nacional de Tránsito
<b>DMQ:</b>	Distrito Metropolitano de Quito
<b>EPMMOP:</b>	Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas
<b>INEC:</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
<b>INEN:</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>MOP:</b>	Ministerio de Obras Públicas
<b>MOP-001-F-2000:</b>	Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, Edición 2000.
<b>MQ:</b>	Metro de Quito
<b>MTOP:</b>	Ministerio de Transportes y Obras Públicas
<b>PMM:</b>	Plan Maestro de Movilidad del DMQ
<b>SITM:</b>	Sistema Integral de Transporte Masivo
<b>TA:</b>	Tránsito Anual
<b>TPD:</b>	Tráfico Promedio Diario
<b>TPDA:</b>	Tráfico Promedio Diario Anual