



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Estudio de la mejora de la seguridad vial en la carretera
E35/E50, tramo Loja-Catamayo de la provincia de Loja,
Ecuador.

Presentado por

Mestanza Rosero, Roxana Carolina

Para la obtención del

Master Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

Curso: 2018/2019

Fecha: Mayo 2019

Tutor: Esparza Soria, Jordi Albert



Dedicatoria

A Dios, por brindarme cada una de las oportunidades que he tenido en mi vida y por guiarme en cada momento.

A mi esposo, por su constante apoyo y comprensión.

A mis padres, por ser siempre mi guía y pilares fundamentales para conseguir mis objetivos.

Y a todas las personas que la vida ha puesto en mi camino y han aportado con su apoyo, consejo y cariño para alcanzar esta nueva meta.

Agradecimiento

Mi agradecimiento a Dios, por permitirme culminar con éxito esta nueva meta propuesta en mi vida profesional.

A mi esposo, padres y hermana por su apoyo durante esta etapa.

Un especial agradecimiento al Ing. Jordi Esparza Soria, Tutor del Trabajo de Fin de Master, por brindarme su apoyo y colaboración técnica en la elaboración de este trabajo.

A la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia, a sus directores y docentes, quienes han sido una parte importante en mi formación profesional durante este periodo de estudios.

Índice de contenidos

Resumen.....	11
Abstract	13
Resum.....	15
Introducción	17
Generalidades.....	19
Antecedentes.....	19
Planteamiento del problema	22
Objetivos.....	23
Metodología.....	23
Alcance del proyecto	23
Aportes del proyecto.....	24
Estructura del documento	24
Estado del arte	25
Consideraciones generales de seguridad vial	25
Factores influyentes en siniestros de tráfico	26
Gestión de actuaciones de seguridad vial.	33
Transporte e Infraestructura Vial en Ecuador.....	34
Estructura Orgánica	34
Marco Jurídico	36
Red Vial en Ecuador	36
Evaluación del Estado Actual de la Carretera.....	41
Localización	41
Características de la Carretera	42
Análisis de Tráfico	43
Tráfico promedio diario anual.	43
Composición vehicular.	46

Velocidades percentiles.....	47
Análisis de la Siniestralidad.....	49
Diseño Geométrico.....	50
Señalización.....	51
Análisis de la Problemática.....	52
Selección de Tramos Críticos.....	52
Caracterización por Tramo.....	56
Tramo 1.....	56
Tramo 2.....	59
Tramo 3.....	61
Tramo 4.....	64
Tramo 5.....	67
Análisis de la Seguridad Vial en Tramos Críticos.....	70
Sección transversal.....	70
Trazado.....	72
Accesos e intersecciones.....	81
Señalización y balizamiento.....	89
Márgenes.....	91
Estado del pavimento.....	93
Resumen de la problemática por tramo.....	96
Propuestas y Valoración de las Soluciones.....	100
Propuesta A.....	101
Tramo 1.....	101
Tramo 3.....	102
Tramo 4.....	102
Valoración económica.....	103
Soluciones descartadas.....	104

Propuesta B.....	106
Valoración económica	115
Propuesta C.....	118
Valoración económica	123
Propuesta D	124
Categoría de Explanada y Diseño de Firme.....	125
Valoración económica	128
Resumen de las Soluciones Elegidas	130
Puntuación y Orden de prioridad de las propuestas	131
Conclusiones	134
Recomendaciones.....	136
Bibliografía	137
Anexos.....	140

Índice de tablas

Tabla 1 Fallecidos en accidentes de tránsito y proporción de usuarios de la carretera por país/área	20
Tabla 2. Causas probables de los siniestros de tránsito y muertes en el año 2018 en Ecuador	21
Tabla 3. Composición de la Red Vial Nacional en Ecuador	37
Tabla 4. Clasificación funcional de las vías según su capacidad	38
Tabla 5. Clasificación de las vías según condiciones orográficas	39
Tabla 6. Clasificación de la carretera E35/E50 Tramo Loja-Catamayo	42
Tabla 7. Resultado de aforos vehiculares en la vía Loja-Catamayo	43
Tabla 8. TPDS y TPDS del año 2017.	44
Tabla 9. TPDA para el año 2017.....	45
Tabla 10. Tasas de crecimiento vehicular	45
Tabla 11. TPDA para años 2014, 2015, 2016, 2017	46
Tabla 12. Percentiles de velocidad establecidos en la EP_1	47
Tabla 13. Percentiles de velocidad establecidos en la EP_2.....	47
Tabla 14. Percentiles 85 de velocidad según tipo de vehículo.....	48
Tabla 15. Características de tramos de análisis.....	55
Tabla 16. Características de tramo 1	56
Tabla 17. Características de tramo 2	59
Tabla 18. Características de tramo 3	61
Tabla 19. Características de tramo 4	64
Tabla 20. Características de tramo 5	67
Tabla 21. Características de la sección transversal de los tramos de análisis	71
Tabla 22. Radios recomendados según la velocidad de diseño.	73
Tabla 23. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 1	73
Tabla 24. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 2.....	73
Tabla 25. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 3.....	74
Tabla 26. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 4.....	74
Tabla 27. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 5.....	74
Tabla 28. Velocidades de proyecto de los tramos de análisis	75
Tabla 29. Longitudes mínima y máxima recomendables en alineaciones rectas.....	76
Tabla 30. Longitudes de rectas y radios de las alineaciones en cada tramo de análisis.....	76

Tabla 31. Longitud de rectas por tramo que no cumplen con los valores mínimos requeridos	79
Tabla 32. Pendientes máximas	79
Tabla 33. Análisis de cumplimiento de pendientes máximas por tramo.....	80
Tabla 34. Distancias mínimas de Diseño para carreteras rurales de dos carriles (m).....	80
Tabla 35. Análisis de cumplimiento de distancias mínimas de adelantamiento por tramo	81
Tabla 36. Resumen de la problemática observada por tramo	96
Tabla 37. Tabla resumen de propuestas	100
Tabla 38. Modificaciones de trazado en planta para el tramo 1.....	101
Tabla 39. Modificaciones de trazado en planta para el tramo 1.....	102
Tabla 40. Modificaciones de trazado en planta para el tramo 1.....	102
Tabla 41. Valoración económica de la propuesta A	103
Tabla 42. Tabla resumen de actuaciones de la Propuesta B.....	108
Tabla 43. Tabla resumen de actuaciones de la Propuesta B.....	113
Tabla 44. Valoración económica de la propuesta B.....	115
Tabla 45. Tabla resumen de actuaciones de la Propuesta C.....	118
Tabla 46. Valoración económica de la propuesta C.....	123
Tabla 47. Categorías de Tráfico Pesado T3 y T4.....	125
Tabla 48. Valoración económica de la propuesta D	128
Tabla 49. Análisis multicriterio de las propuestas de mejora planteadas	132
Tabla 50. Presupuesto referencial de propuestas por orden de prioridad	133
Tabla 51. Presupuesto referencial de propuestas en conjunto.....	133
Tabla 52. Puntos de siniestros de la vía Loja-Catamayo	141

Índice de figuras

Figura 1. Estadísticas de siniestros 2018 en Ecuador	22
Figura 2. Factores que influyen en los siniestros viales.....	26
Figura 3. Estructura Orgánica del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador	35
Figura 4. Red vial estatal de Ecuador.....	41
Figura 5. Composición vehicular tipo de la carretera E35/E50	46
Figura 6. Percentil 85 – vehículos livianos	48
Figura 7. Percentil 85 – vehículos medianos	48
Figura 8. Percentil 85 – vehículos pesados	49
Figura 9. Localización y clasificación por tramos de 1km de siniestros totales observados en la carretera Loja-Catamayo (periodo 2014, 2015, 2016).	50
Figura 10. Diagrama de Criterios de selección de tramos de análisis.....	53
Figura 11. Diagrama de procedimiento de selección de tramos de análisis aplicando los criterios establecidos.....	54
Figura 12. Ubicación en plano de tramos de análisis seleccionados.....	56
Figura 13. Tramo 1.-Subtramo 1 (13+662,14 km a 13+893,8 km).....	57
Figura 14. Tramo 1.- Subtramo 2 (14+093,69 km a 14+147,28 km).....	57
Figura 15. Tramo 1.- Subtramo 3 (14+217,28 km a 14+435,78 km).....	58
Figura 16. Tramo 2.- Subtramo 1 (16+424,61 km a 16+540,49 km).....	60
Figura 17. Tramo 3.- Subtramo 1 (23+495,07 km a 23+542,26 km).....	61
Figura 18. Tramo 3.- Subtramo 2 (23+607,59 km a 23+714,31km).....	62
Figura 19. Tramo 3.- Subtramo 3 (23+779,25 km a 23+894,92km).....	63
Figura 20. Tramo 4.- Subtramo 1 (27+233,49 km a 27+296,17 km).....	65
Figura 21. Tramo 4.- Subtramo 2 (27+883,24 km a 27+928,42 km).....	65
Figura 22. Tramo 4.- Subtramo 3 (28+109,77 km a 28+307,18 km).....	66
Figura 23. Tramo 5.- Subtramo 1 (29+156,78 km a 29+241,8 km).....	68
Figura 24. Tramo 5.- Subtramo 2 (29+819,87 km a 29+976,21km).....	69
Figura 25. Sección transversal de una carretera de mediana capacidad según la NEVI-12- MTOPT	70
Figura 26. Imagen de la sección transversal de la carretera en estudio	72
Figura 27. Intersecciones existentes en el tramo 1.....	82
Figura 28. Intersecciones existentes en el tramo 2.....	83

Figura 29. Intersecciones y accesos existentes en el tramo 3	84
Figura 30. Intersecciones y accesos existentes en el tramo 4	85
Figura 31. Intersecciones y accesos existentes en el tramo 5	87
Figura 32. Estado del pavimento en el tramo 1	93
Figura 33. Estado del pavimento en el tramo 1	94
Figura 34. Estado del pavimento en el tramo 3	94
Figura 35. Estado del pavimento en el tramo 4	95
Figura 36. Estado del pavimento en el tramo 5	95
Figura 37. Alternativa descartada para la propuesta A-Tramo 1	104
Figura 38. Alternativa descartada para la propuesta A-Tramo 4	105
Figura 39. Localización de la señalización vertical de velocidad propuesta	107
Figura 40. Localización de señalización vertical “Curva Peligrosa” propuesta	107
Figura 41. Ejemplo de obstáculos a eliminar para ganar visibilidad.	109
Figura 42. Ejemplo de correcciones a realizar respecto a barreras de seguridad.....	110
Figura 43. Paquete de firme seleccionado.....	112
Figura 44. Ejemplo de correcciones a realizar respecto al estado del pavimento.....	114
Figura 45. Propuesta de modificación de accesos e intersecciones en Tramo 3.....	120
Figura 46. Propuesta de modificación del acceso en Tramo 4.....	121
Figura 47. Propuesta de modificación de accesos e intersecciones en Tramo 5.....	121
Figura 48. Nueva sección transversal. Propuesta D.....	124
Figura 49. Tipo de explanada propuesta	125
Figura 50. Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado T3 y T4 en función de la categoría de la explanada	126
Figura 51. Paquete de firme seleccionado.....	126
Figura 52. Detalle de nueva Sección Transversal. Propuesta D	127

Resumen

La seguridad vial representa uno de los más importantes retos en cuanto a movilidad sostenible, dado que las tasas de muertes debido a siniestros de tránsito son aun preocupantemente altas.

Las consecuencias de los siniestros de tránsito tienen un fuerte impacto en la economía de los países limitando su desarrollo; lo cual convierte a la seguridad vial en una prioridad sobre todo en países de medianos y bajos ingresos.

Ecuador presenta una de las tasas más altas de mortalidad por siniestros de tránsito en Latinoamérica ocupando el quinto lugar con un ratio de 20 muertes por cada 100.000 habitantes. Si bien es cierto que en los últimos años se ha avanzado en el tema de seguridad vial en el país mediante estrategias e iniciativas de concientización y planes de acción, aún quedan aspectos por mejorar.

Dentro de este marco, el presente documento se ha centrado en analizar en términos de seguridad vial a la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo de la provincia de Loja en Ecuador y presentar un estudio de mejora en base a las deficiencias identificadas en los tramos más críticos de la misma.

Los principales objetivos de este trabajo, han sido identificar los principales problemas de seguridad vial presentes en los tramos críticos de la carretera de estudio, proponer y evaluar las actuaciones correctoras necesarias para los problemas identificados, y determinar la actuación más idónea en función del coste-beneficio.

Para lograr estos objetivos, se desarrolló una metodología que consistió en la revisión de literatura existente relacionada al tema, legislatura en el ámbito del proyecto, recolección de la información disponible de la carretera, análisis de la situación actual y establecimiento de tres criterios para determinar los tramos críticos de la carretera y proponer alternativas de mejora para cada tramo crítico.

Se escogieron así, 5 tramos críticos, los cuales fueron a su vez evaluados en base a 6 aspectos: sección transversal, trazado, gestión de accesos e intersecciones, señalización horizontal y vertical, obstáculos en márgenes y estado del pavimento.

Entre los problemas identificados se encontraban rectas que no cumplían con las longitudes mínimas, accesos e intersecciones con poco o nula visibilidad, falta de señalización vertical,

marcas viales deterioradas, terminaciones cola de pez de barreras de seguridad, obstáculos en márgenes, inexistencia de bermas, presencia de caras rocosas irregulares sin protección y pavimento en mal estado.

Luego se propusieron diferentes alternativas de mejora para cada tramo con su respectiva valoración económica. Se estableció un orden de prioridad para la ejecución de las actuaciones utilizando una matriz multicriterio.

Un desafío importante en el desarrollo de este trabajo fue encontrar un balance entre el costo y el beneficio de las propuestas.

Como parte de las conclusiones, se destaca que para lograr cambios positivos es necesario promover estrategias integrales que protejan a todos los usuarios de la vía.

Además, es necesario realizar un trabajo en equipo para asegurar que las vías se diseñen, construyan y mantengan con las medidas de seguridad requeridas. Reducir los siniestros de tránsito es una responsabilidad de todos.

Palabras clave: seguridad vial; movilidad sostenible; siniestros de tránsito; infraestructura vial.

Abstract

Road safety, referred to different measures adopted to reduce the risk of death and injuries caused by traffic accidents, must be addressed with a holistic and multi-sectorial approach due to its intrinsic relation among different areas.

The consequences of traffic accidents have a strong impact on the economy of the countries, provoking to limit their development, which makes road safety a priority especially in low and middle income countries.

Ecuador has one of the highest mortality rates due to traffic accidents in Latin America, occupying the fifth place with a ratio of 20 deaths per 100.000 inhabitants. While it is true that in recent years, progress have been made in the area of safety road in the country through strategies, awareness initiatives and action plans, there are still some areas that should be improved.

Within this framework, the actual document has focused on analyzing in terms of road safety, the E35/E50 road, Loja-Catamayo section on the province of Loja in Ecuador; and present an improvement study based on the deficiencies identified in the most critical sections of it.

The main objectives of this work has been to identify the most critical road safety problems existing on the road, also to propose and evaluate the corrective and palliative actuations required to addressed those identified problems and finally to determine the most suitable action based on cost-benefit.

To achieve these objectives, a methodology was developed that consisted in the review of existing literature related to the topic, as well as current legislation in the scope of the project, collection of available data regarding the road, analysis of the current situation and establishment of three criteria in order to determine the critical sections of the road and propose alternatives for improvement of each critical section.

Thus, five critical sections were chosen, which were evaluated based on six aspects: cross section, geometric design, access and intersections management, horizontal and vertical road signs, obstacles on roadsides, and pavement condition.

Among the identified problems were alignments that did not meet the minimum lengths, accesses and intersections with reduced visibility, lack of vertical road signs, deteriorated road

markings, safety barriers with hazardous ends (fish tail), absence of berms, obstacles in the road sides, presence of irregular rock faces without protection and pavement in poor conditions.

Then, different alternatives of improvement were proposed for each critical section with its respective economic valuation. Then a execution priority order was established using a multicriteria matrix.

An important challenge in the development of this work was to find a balance between the cost and benefit of the measures proposed.

As part of the conclusions, it is mentioned that in order to achieve positive changes it is necessary to promoted comprehensive strategies that protect all users of the road.

It is also necessary to work as a team to ensure that roads are designed, built and maintained with the required safety measures. Reducing traffic accidents is everyone's responsibility.

Key words: Road safety; sustainable mobility; traffic accidents; road infrastructure.

Resum

La seguretat viària representa un dels més importants reptes pel que fa a mobilitat sostenible, atès que les taxes de morts a causa de sinistres de trànsit són encara preocupantment altes.

Les conseqüències dels sinistres de trànsit tenen un fort impacte en l'economia dels països limitant el seu desenvolupament; la qual cosa converteix la seguretat viària en una prioritat sobretot en països de mitjans i baixos ingressos.

Equador presenta una de les taxes més altes de mortalitat per sinistres de trànsit a Llatinoamèrica ocupant el cinquè lloc amb una ràtio de 20 morts per cada 100.000 habitants. Si bé és cert que en els últims anys s'ha avançat en el tema de seguretat viària al país mitjançant estratègies i iniciatives de conscienciació i plans d'acció, encara queden aspectes per millorar.

Dins d'aquest marc, el present document s'ha centrat en analitzar en termes de seguretat viària a la carretera I35 / I50, tram Loja-Catamayo de la província de Loja a l'Equador i presentar un estudi de millora sobre la base de les deficiències identificades en els trams més crítics de la mateixa.

Els principals objectius d'aquest treball, han estat identificar els principals problemes de seguretat viària presents en els trams crítics de la carretera d'estudi, proposar i avaluar les actuacions correctores necessàries per als problemes identificats, i determinar l'actuació més idònia en funció del cost benefici.

Per aconseguir aquests objectius, es va desenvolupar una metodologia que va consistir en la revisió de literatura existent relacionada al tema, legislatura en l'àmbit del projecte, recollida de la informació disponible de la carretera, anàlisi de la situació actual i establiment de tres criteris per a determinar els trams crítics de la carretera i proposar alternatives de millora per a cada tram crític.

Es van escollir així, 5 trams crítics, els quals van ser al seu torn avaluats en base a 6 aspectes: secció transversal, traçat, gestió d'accessos i interseccions, senyalització horitzontal i vertical, obstacles en marges i estat del paviment.

Entre els problemes identificats es trobaven rectes que no complien amb les longituds mínimes, accessos i interseccions amb poc o nul·la visibilitat, falta de senyalització vertical, marques vials deteriorades, terminacions cua de peix de barreres de seguretat, obstacles en

marges, inexistència de bermes, presència de cares rocoses irregulars sense protecció i paviment en mal estat.

Després es van proposar diferents alternatives de millora per a cada tram amb la seva respectiva valoració econòmica. Es va establir un ordre de prioritat per a l'execució de les actuacions utilitzant una matriu multicriteri.

Un desafiament important en el desenvolupament d'aquest treball va ser trobar un balanç entre el cost i el benefici de les propostes.

Com a part de les conclusions, es destaca que per aconseguir canvis positius cal promoure estratègies integrals que protegeixin tots els usuaris de la via.

A més, cal fer un treball en equip per assegurar que les vies es dissenyin, construeixin i mantinguin amb les mesures de seguretat requerides. Reduir els sinistres de trànsit és una responsabilitat de tots.

Paraules clau: seguretat viària; mobilitat sostenible; sinistres de trànsit; infraestructura viària.

Introducción

Con el desarrollo y crecimiento de las ciudades a lo largo de los años, se ha experimentado también el crecimiento de la necesidad de plantear estrategias y normativas para promover una cultura de movilidad segura. Es necesario resaltar que la movilidad y la seguridad vial constituyen una parte fundamental del desarrollo de una sociedad y que las mejoras continuas se traducen en crecimiento económico de la ciudad, país o estado.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, los accidentes de tránsito son una de las causas de muerte más importantes en el mundo, y la principal causa de muerte entre personas de edades de 15 a 29 años. Siendo así, los accidentes de tránsito constituyen una carga pesada a la economía nacional y familiar. Por lo tanto, es necesario y de vital importancia aplicar medidas para mejorar la seguridad vial tanto urbana como interurbana. (OMS, 2015)

En el caso específico del análisis de seguridad vial interurbana, para reducir el riesgo de los siniestros presentes en carreteras, es importante implementar una combinación de estrategias desde un enfoque integral y multisectorial. Según el Banco Interamericano de Desarrollo, las principales áreas relacionadas a la seguridad vial son: Salud, Transporte, Marco Jurídico, Policía de Tránsito, Educación, Obras Públicas, Medio Ambiente, Fiscal. (BID & AEC, 2013)

Cada una de estas áreas cumple un rol importante dentro del análisis, de esta forma, se requiere una mejora, por un lado de las infraestructuras viales, destacando la realización de inspecciones y auditorías de seguridad en todas las etapas del proceso de mejora de las mismas; además, por otro lado la necesidad de asegurar las mejoras en las características de los vehículos y su capacidad para evitar accidentes o reducir las consecuencias de estos. Y finalmente, la atención al usuario y a su rol en la seguridad vial, resaltando la necesidad de introducir la seguridad vial desde temprana edad, inculcando conductas responsables y respetuosas, continuando el proceso de educación vial y de aplicación de normativas de tránsito a lo largo de la vida de los diferentes usuarios de las vías.

Por otro lado, se conoce, según estadísticas mundiales, entre las que se encuentran las indicadas en el informe “Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020” (AEC, 2017), que la mayoría de siniestros se producen en carreteras convencionales con tráficos moderados, siendo las principales causas tanto las salidas de vía como choques frontales.

Para el presente estudio, se ha seleccionado la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo, localizada en la provincia de Loja - Ecuador, de la cual se analiza la problemática referente a seguridad vial de acuerdo al tráfico presente y el nivel de accidentabilidad en la misma, para posteriormente proponer diferentes soluciones y escoger la actuación más idónea evaluando su coste/beneficio.

CAPITULO I

Generalidades

Antecedentes

La seguridad vial se ha desarrollado en diferentes niveles alrededor del mundo, estando muy asociado con el nivel económico del país, siendo así, los países de Holanda, Suecia, Dinamarca e Inglaterra quienes presentan mayor desarrollo del tema y en los cuales figuran dentro de sus desafíos respecto a la Seguridad vial el lograr rentabilizar las inversiones realizadas relacionadas a la mejora de la seguridad vial, así también utilizar las tecnologías tanto respecto de los vehículos como de las infraestructuras y estudiar el comportamiento de las personas con la finalidad de aplicar esto en el diseño de las carreteras.

De esta forma se refleja que la reducción del número de accidentes ha sido considerada como uno de los retos más importantes para los ingenieros viales y de transporte, para lo cual se han incorporado conceptos y metodologías que establezcan relaciones entre los accidentes y las características de la vía con la finalidad de actuar de forma eficaz.

En Ecuador también se han desarrollado diversas actividades e iniciativas para introducir el concepto de seguridad vial y concientizar a los usuarios de la necesidad y la importancia que tiene el tema, entre ellas un cambio en la legislación de tránsito y transporte y varias campañas de sensibilización. Sin embargo, Ecuador presenta aún una de las tasas más altas de mortalidad por accidentes de tránsito de Latinoamérica.

De acuerdo al reporte del Estado Global sobre la seguridad de las vías publicado en el año 2015 por la OMS, Ecuador ocupó el quinto lugar en mortalidad por accidentes de tránsito entre los países de Latinoamérica, alcanzando un ratio de 20 muertes por cada 100.000 habitantes, como se observa en la tabla siguiente

Tabla 1 Fallecidos en accidentes de tránsito y proporción de usuarios de la carretera por país/área

Region	País	Información General			Muertes por siniestros de tránsito			
		Número de población para el 2013	GNI per capita para 2013 en USA dolares	Nivel de ingreso	Numero reportado de muertes por siniestros de tránsito	Número modelado de muertes por siniestros de tránsito	Punto estimado	95% Intervalo de confianza
America Latina	República Dominicana	10 403 761	5 770	Medio	2 810	3 052	—	29,30
America Latina	Brasil	200 361 925	11 690	Medio	41 059	46 935	—	23,40
America Latina	El Salvador	6 340 454	3 720	Medio	1 050	1 339	—	21,10
America Latina	Paraguay	6 802 295	4 010	Medio	1 114	1 408	—	20,70
America Latina	Ecuador	15 737 878	5 760	Medio	2 983	3 164	—	20,10
America Latina	Guatemala	15 468 203	3 340	Medio	1 977	2 939	—	19,00
America Latina	Honduras	8 097 688	2 180	Medio	1 042	1 408	1 288 – 1 529	17,40
America Latina	Colombia	48 321 405	7 590	Medio	6 038	8 107	—	16,80
America Latina	Uruguay	3 407 062	15 180	Alto	567	567	—	16,60
America Latina	Nicaragua	6 080 478	1 790	Medio	577	931	843 – 1 020	15,30
America Latina	Costa Rica	4 872 166	9 550	Medio	625	676	—	13,90
America Latina	Peru	30 375 603	6 270	Medio	4 039	4 234	3 826 – 4 643	13,90
America Latina	Argentina	41 446 246	6 290	Medio	5 209	5 619	—	13,60
America Latina	Chile	17 619 708	15 230	Alto	2 108	2 179	—	12,40
America Latina	Mexico	122 332 399	9 940	Medio	17 139	15 062	—	12,30
America Latina	Panama	3 864 170	10 700	Medio	386	386	—	10,00
America Latina	Cuba	11 265 629	5 890	Medio	891	840	—	7,50

Nota. Fuente: World Health Organization. (2015), *Global Status Report on Road Safety 2015* (p 264-271), Italia.

Por otro lado, de acuerdo a datos presentados por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT, 2018), según las estadísticas la primera causa más probable de los siniestros ocurridos a nivel nacional en el año 2018 se debe a conducir de forma desatenta a las condiciones de tránsito (debido al uso del celular, comida, o cualquier otro elemento o actividad distractor) provocando 861 vidas perdidas por esta causa, esto representó un 40% de causas de muertes del total, en segundo lugar, los siniestros se debieron a exceder los límites máximos de velocidad y

cobrando 228 vidas, es decir un 11% del total de muertes, como tercera causa está el no respetar las señales reglamentarias de tránsito, seguido por no guardar la distancia lateral mínima de seguridad entre vehículos; no mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede; conducir bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos; realizar cambio brusco o indebido de carril y otras causas.

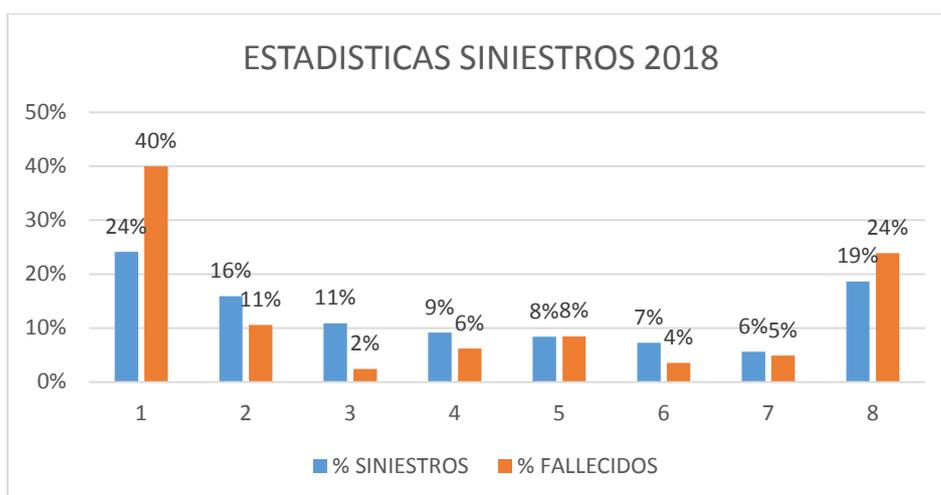
En la tabla y gráfica a continuación se puede observar el número de siniestros y porcentaje que representa cada una de las causas mencionadas así como el número y porcentaje de muertes que han sido provocadas por las diferentes causas identificadas en el año 2018.

Tabla 2. Causas probables de los siniestros de tránsito y muertes en el año 2018 en Ecuador

Cód	Causas probables	Total siniestros 2018	% siniestros	Total fallecidos 2018	% fallecidos
1	Conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor).	6161	24%	861	40%
2	Conducir vehículo superando los límites máximos de velocidad.	4068	16%	228	11%
3	No respetar las señales reglamentarias de tránsito. (Pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.).	2771	11%	52	2%
4	No guardar la distancia lateral mínima de seguridad entre vehículos.	2337	9%	133	6%
5	No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede.	2146	8%	182	8%
6	Conduce bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos	1855	7%	76	4%
7	Realizar cambio brusco o indebido de carril.	1435	6%	105	5%
8	Otras 21 causas	4757	19%	514	24%
	Total	25530	100%	2151	100%

Nota. Fuente: ANT (2019) Estadísticas 2018 de transporte terrestre y seguridad vial.

Figura 1. Estadísticas de siniestros 2018 en Ecuador



Nota. Fuente: ANT (2019) Estadísticas 2018 de transporte terrestre y seguridad vial.

La mayoría de las acciones de seguridad vial se enfocan en corregir el comportamiento del conductor en la carretera, sin embargo, a pesar de ser una estrategia importante, no es suficiente, ya que se debe tener en cuenta que la infraestructura juega un rol fundamental en la seguridad, tanto el realizar un diseño apropiado de la carretera como el proveer de un mantenimiento y una explotación adecuada.

Planteamiento del problema

Como se ha observado, en Ecuador, la mejora de la seguridad vial y consecuente reducción del número de siniestros de tránsito, es un tema amplio de desarrollar. Son varias las carreteras que presentan tramos que requieren de una o varias actuaciones para mejorar la seguridad para los usuarios de la vía.

Para este proyecto en concreto, se ha elegido la carretera E35/E50 que conecta la ciudad de Loja con Catamayo, en la cual se han producido diversos siniestros, con y sin víctimas mortales. Se pretende determinar los tramos críticos en los que han ocurrido mayor número de siniestros y que requieren actuaciones para mejorar sus condiciones actuales y proponer mejoras para los mismos.

Objetivos

- Determinar los tramos críticos en función de los siniestros de tránsito ocurridos en la carretera E35/350, tramo Loja-Catamayo.
- Identificar los principales problemas de seguridad vial presentes en cada uno de los tramos críticos de la carretera en estudio.
- Determinar las actuaciones o medidas correctoras y paliativas más idóneas en función del coste-beneficio para cada problema identificado.

Metodología

Para el desarrollo de este trabajo, se ha planteado una metodología considerando las siguientes etapas:

1. Revisión de la literatura existente relacionada con el tema de proyecto, tanto los conceptos respectivos, la legislatura vigente en el ámbito del proyecto, así como proyectos similares desarrollados anteriormente
2. Definición e identificación de la carretera. En esta etapa se recolectan toda la información posible y necesaria referente a la carretera en términos de tráfico, siniestralidad, trazado geométrico y demás características de la vía.
3. Análisis de la situación actual y determinación del problema. Con los datos anteriormente recopilados, se analizan las condiciones actuales de la vía y se determinan los tramos críticos y los aspectos en los cuales se requieren actuaciones.
4. Propuesta de alternativas de mejora de seguridad vial. Una vez que se han determinado los puntos en los cuales se debe actuar, en esta etapa se proponen soluciones a los problemas que presenta la vía en los tramos seleccionados.
5. Conclusiones y Recomendaciones. Luego de planteadas las propuestas de mejora y las soluciones a los problemas identificados, se formulan conclusiones del trabajo realizado y recomendaciones en base a la experiencia adquirida.

Alcance del proyecto

El alcance del presente estudio es determinar las soluciones a los puntos más críticos para mejorar la seguridad vial y reducir la siniestralidad de la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo, localizada en la provincia de Loja, Ecuador.

Aportes del proyecto

Tras realizar un estudio y análisis de los tramos de concentración de accidentes y diagnosticar los problemas existentes en estos tramos, se proporciona una serie de actuaciones posibles de ejecutar para mejorar las condiciones actuales de seguridad vial de la carretera E35/E50. Se determina además un orden de prioridad para la ejecución de estas actuaciones en función del coste y la eficiencia estimada para reducir la siniestralidad.

Estructura del documento

El presente trabajo se organizó en 4 capítulos, tal como se describen a continuación:

CAPITULO I.- En el primer capítulo se indican las generalidades del proyecto, tales como los antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, metodología, alcance, aportes y estructura del mismo.

CAPITULO II.- Se realiza un análisis del estado del arte y de la literatura existente relacionada con el tema. Además se presentan diversos conceptos necesarios a tener en cuenta para el desarrollo del trabajo.

CAPITULO III.- Se describen las características generales de la carretera en estudio, su análisis de tráfico, análisis de accidentabilidad, diseño geométrico y señalización.

CAPITULO IV.- Se procede al análisis de la problemática y selección de tramos críticos en los que se centra el proyecto.

CAPITULO V.- Se presentan los resultados del proyecto mediante la definición de las actuaciones necesarias para cada tramo y la lista de prioridades de las actuaciones establecidas. Además se describen las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPITULO II

Estado del arte

Como se ha mencionado anteriormente, la seguridad vial es un tema en desarrollo alrededor del mundo; varios estudios se han realizado en los últimos años con la finalidad de mejorar la seguridad vial en ciudades, siendo estos estudios aplicados de diversas maneras tanto a nivel de cambios de legislación, como en mejoras de la infraestructura aprovechando los avances de tecnologías, también mejoras del trazado geométrico, señalización, entre otros.

Aun así, y a pesar de todos los avances y mejoras, sigue siendo un tema que requiere más investigación y análisis y que debe ser considerado como prioridad en los proyectos viales.

En este apartado se menciona los conceptos relacionados a la seguridad vial y que han sido tomados de varias fuentes oficiales, así como los resultados observados de estudios realizados en materia de seguridad vial tanto en Ecuador como en otras partes del mundo.

En primer lugar, es necesario mencionar que al hablar de seguridad vial se puede hacerlo desde dos enfoques: accidentes o siniestros.

En términos generales se puede definir un accidente de tránsito como un suceso imprevisto que produce daños materiales y a personas, ocasionado por acción directa del uso de un vehículo en una vía pública; y por otro lado, un siniestro de tránsito es un suceso no intencional de tránsito que puede ser evitado y prevenido, cuyos factores de ocurrencia pueden ser identificados, permitiendo así enfocar los esfuerzos en las áreas necesarias para la mejora de la seguridad. Por lo cual es preferible abordar el tema refiriéndose a siniestros en lugar de accidentes, y es así como se utilizará el término a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

Consideraciones generales de seguridad vial

De acuerdo al manual de la Norma Ecuatoriana Vial (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12), 2013), los siniestros de tránsito pueden clasificarse, según su causa, en los siguientes tipos:

- Por falla mecánica
- Por falla humana
- Por deficiencia de la infraestructura

- Por condiciones del entorno

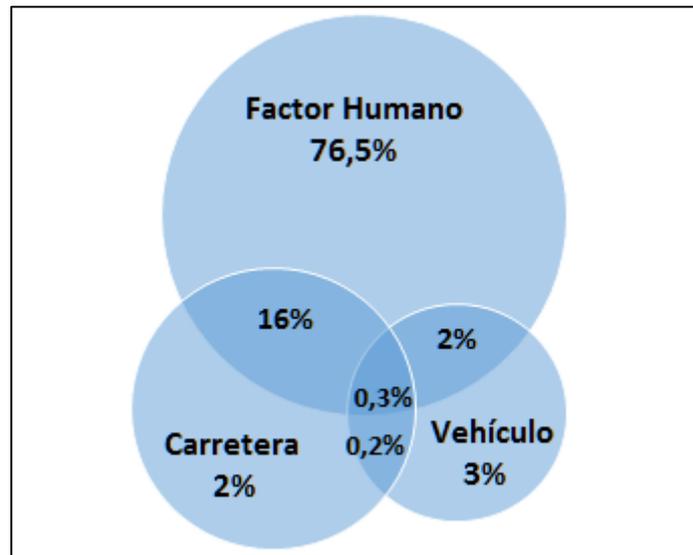
Esto coincide con estudios realizados a nivel mundial, los cuales se han centrado en el análisis para la mejora de estos cuatro factores o tipos de causas.

Además, considerando que el ciclo de vida de todo proyecto, en este caso, específicamente de proyectos viales, se compone de 5 fases (Estudio, Ejecución, Mantenimiento, Operación y Explotación), es necesario incorporar los conceptos de Seguridad Vial, en cada una de las fases descritas.

Factores influyentes en siniestros de tráfico

Así, un siniestro de tráfico se produce como resultado de una cadena de sucesos por la interacción de varios factores. De acuerdo a un estudio realizado por el Transport and Road Research Laboratory acerca de los factores que inciden en los siniestros de tráfico, se ha determinado que estos son: factor humano, carretera o infraestructura y vehículo (Sabey & Straughton, 1975)

Figura 2. Factores que influyen en los siniestros viales



Nota. Fuente: Sabey, B.E. y Straughton, G.C. (1975). *Interacting Roles of Road Environment, Vehicle and Road User in Accidents*. Berkshire, Inglaterra

Siendo, el factor humano el que ocupa un mayor porcentaje, pero que puede ser mitigado con la mejora en las características de la infraestructura y de los vehículos aprovechando los avances de la tecnología y de la ciencia.

Factor humano

Dentro de este concepto se considera la reacción del conductor y su respuesta frente a señales visuales y auditivas, los patrones de comportamiento del mismo, incluyendo la percepción del riesgo.

En este punto es importante mencionar que la percepción del riesgo es subjetiva, lo cual significa que cada conductor percibe el riesgo de forma diferente dependiendo del sexo, la edad, nivel socio-económico, cultural, personalidad, etc.

Así mismo, la respuesta de cada conductor a las diferentes situaciones que se expone durante la conducción se ven limitadas a las condiciones inherentes al ser humano que pueden afectar su desempeño, tales como condiciones emocionales, psicológicas, físicas y anímicas.

Se ha relacionado en varios estudios, como las emociones afectan directamente la toma de decisiones, la capacidad de detectar riesgos y el razonamiento de lo que sucede alrededor nuestro, siendo emociones relevantes la ira, tristeza, el haber recibido malas noticias, haber tenido una discusión fuerte, además no solo emociones negativas, sino también emociones positivas que producen un efecto en la psiquis y en la atención. Esto va ligado a efectos físicos que se producen debido a estas emociones tales como sudor excesivo, falta de aire, aceleración de los latidos del corazón, afectando la forma en que una persona conduce un vehículo, además de otros factores físicos como la visión, el tratamiento de información, memoria, edad, consumo de sustancias ilícitas, entre otras.

Además entre los factores psicológicos se encuentran enfermedades psíquicas como la depresión, el estrés, entre otras.

Factor vehículo

Generalmente, los riesgos de ocurrencia de siniestros atribuidos a los vehículos se deben a la falta o un deficiente mantenimiento de los mismos que se traducen en problemas con los frenos, neumáticos en mal estado que permiten poca adherencia al pavimento o deslizamientos, rotura de direcciones, entre otros.

Hoy en día existen un gran número de mejoras en los vehículos que permiten evitar un gran porcentaje de ocurrencia de siniestros. Así, además de los sistemas ya popularmente conocidos como antibloqueo de frenos, control de estabilidad o airbag, los nuevos vehículos presentan además sistemas de asistencia en la conducción, tales como sistemas de detección de riesgo de atropellamientos, frenado automático, cámaras para detectar puntos ciegos, dispositivos de

detección de riesgo de colisión frontal, sistemas de alerta de cambios involuntarios de carril, detectores de fatiga, sistemas para evitar distracciones, detectores de peatones o ciclistas, entre otros.

Factor infraestructura

En el Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial del Ministerio de Obras públicas y transporte de Costa Rica, con la finalidad de conseguir una conducción segura del tráfico, se han establecido 3 principios básicos en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial:

- Principio de calidad: relacionado con la visibilidad, vías con diseño auto explicativo, adecuación de la infraestructura a la dinámica de los vehículos, posibilidades de maniobra y recuperación, reducción de la severidad del impacto.
- Principio de consistencia con el espacio: relacionado con la consistencia completa de todos los elementos de la vía con su entorno y consistencia de las características de la carretera a lo largo de su recorrido.
- Principio de consistencia con el tiempo: relacionado con el diseño de carreteras planificado

Además, como parte de las recomendaciones de diseño se indica que se debe proporcionar al conductor al menos 300 metros de visibilidad para corregir y adaptarse a cualquier cambio en la carretera. (Valverde Gonzalez, 2013)

Dentro del componente infraestructura, es necesario considerar diversos factores internos que condicionan el diseño: velocidades, efectos de la geometría, y la estética y armonía.

Velocidades y siniestralidad

Entre los factores que se han determinado están directamente relacionado con la probabilidad de ocurrencia de siniestros de tránsito y con la gravedad de los mismos, está la velocidad.

Como punto de inicio, de acuerdo a la Instrucción Española de Carreteras Norma 3-IC, en el diseño de carreteras existen 3 tipos de velocidades:

- **Velocidad de diseño o proyecto:** Velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad. Se identifica con la velocidad específica mínima del conjunto de

elementos que lo forman (Ministerio de Fomento, Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC, 2016)

Se asigna a cada tramo de carretera en función del tipo de carretera, orografía y desarrollo urbanístico en longitudes máximas de 2km y con una diferencia de velocidades de no más de 30 km/h.

- **Velocidad específica:** Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad. (Ministerio de Fomento, Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC, 2016)
- **Velocidad de operación:** Es la velocidad que adoptan realmente los conductores al circular por la vía. Se la define como el percentil 85 de la velocidad a la que circulan los vehículos. (Ministerio de Fomento, Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC, 2016)

Uno de los problemas principales de seguridad vial es el exceso de velocidad, ya que las altas velocidades incrementan el riesgo de ocurrencia de siniestros de tránsito y la gravedad de sus consecuencias, debido a la reducción del campo de visión y a que el tiempo de reacción y distancia de frenado disminuyen con el aumento de velocidad.

Para contrarrestar esta posibilidad de siniestros, se han establecido límites de velocidad legales que varían según el país, tipo de carretera, entre otros factores; en general las medidas de seguridad vial respecto a este factor, tienden a orientar la velocidad a las condiciones reales de la vía.

Específicamente en Ecuador, en la actualidad, los límites de velocidad vehicular máximos permitidos en vías públicas dentro del territorio ecuatoriano se rigen bajo el artículo 191 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV, 2012), en el cual se establece que en carreteras, los vehículos livianos, motocicletas y similares no deben superar los 100 km/h en rectas y 60 km/h en curvas; los vehículos de transporte público de pasajeros no deben superar los 90 km/h en rectas y 50 km/h en curvas; y los vehículos de transporte de carga no deben superar los 70 km/h en rectas y 40 km/h en curvas.

De acuerdo a literatura revisada, esta variación de velocidad difiere con las teorías y análisis que sugieren que el tener una variación de velocidades entre estos límites, puede provocar un aumento de riesgo de accidentes de tránsito.

Según lo indicado en el artículo “Análisis de los límites de velocidad legales para vehículos livianos en carreteras de Ecuador”, (García, 2017), existen cuatro principales enfoques para seleccionar los límites de velocidad: enfoque de ingeniería, sistema experto, optimización y basado en reducción de lesiones, siendo el enfoque de ingeniería el que fija la velocidad límite legal según la velocidad del percentil 85.

Por otro lado, el enfoque de sistema experto fija los límites de velocidad en base a un programa computacional. Estos dos primeros ampliamente utilizados en Norteamérica. En cambio, el método de reducción de lesiones, los selecciona en base al tipo de accidentes con mayores probabilidades de ocurrencia, además las fuerzas presentes en el accidente y la tolerancia del cuerpo humano a esas fuerzas, este método es más utilizado en países como Suiza y Australia.

Para el caso de carreteras, el enfoque más utilizado es el enfoque de ingeniería, cuyo procedimiento típico para determinar el límite de velocidad legal consiste en seleccionar un valor cercano a la velocidad de operación, con una diferencia de 8 km/h entre el límite de velocidad y la velocidad de operación, y que además sea múltiplo de 10 km/h tanto para tramos rectos como para curvas, según recomendaciones del Manual de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito para calles y autopistas. (Federal Highway Administration, 2009)

La velocidad de operación en tramos rectos debe tener en cuenta aquella velocidad que los conductores alcanzan en la mitad de la recta, ya que esta es la velocidad deseada, es decir aquella velocidad que los conductores desean alcanzar y mantener en tramos sin ningún tipo de restricción geométrica u operacional.

Por otra parte, para el análisis de la velocidad de operación en curvas, se debe considerar importantes factores presentes en curvas como la fuerza centrípeta que trata de enviar el vehículo hacia fuera de la curva, y para la cual el conductor ajusta la velocidad constantemente con el fin de circular por la curva de forma cómoda y segura. Además de la fuerza centrífuga es necesario considerar el radio de la curva. Radios de curvas pequeños equivalen a curvas más cerradas y por consiguiente presentar una menor visibilidad y menores velocidades de circulación, por el contrario radios de curvas más grandes corresponde a curvas más abiertas y permiten mayores velocidades.

El tipo de terreno es otro factor importante a considerar. Carreteras en terrenos planos presentan velocidades diferentes a carreteras en terrenos ondulados y montañosos. Así, la velocidad para tramos planos es más alta que la velocidad a las que se circula en tramos ondulados y montañosos para un mismo radio de curva.

Efectos de la geometría

Visibilidad

Es necesario que la carretera sea diseñada respetando la visibilidad mínima para garantizar la seguridad de las maniobras,

Entre los diferentes tipos de visibilidad existen:

- Distancia / Visibilidad de parada
- Distancia / Visibilidad de adelantamiento
- Distancia / Visibilidad de orientación/decisión
- Distancia / Visibilidad de cruce

Estabilización en curvas

Un vehículo al recorrer una curva se enfrenta a un sistema de fuerzas actuantes sobre él que le provoca un comportamiento inestable. Una de estas fuerzas es la conocida como fuerza centrífuga, la cual es provocada por la variación en la dirección del vehículo dentro de la curva y desliza el vehículo hacia afuera de la misma. Esta fuerza es proporcional a la aceleración, que a su vez depende de la velocidad del vehículo y del radio de la curva.

Otras fuerzas que intervienen son: el peso del vehículo y la fuerza de rozamiento producida por la fricción de los neumáticos con el pavimento.

Para contrarrestar este efecto producido por la fuerza centrífuga, se debe diseñar la curva con un peralte o inclinación transversal.

El análisis de estabilidad en curvas se realiza bajo dos hipótesis:

- Hipótesis de deslizamiento
- Hipótesis de vuelco

En la primera hipótesis, la de deslizamiento puede presentarse dos casos, deslizamiento del vehículo hacia el exterior de la curva y deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva;

siendo las causas del primer caso, velocidad excesiva, peralte insuficiente y baja adherencia del neumático con el pavimento, y por el contrario, las causas del segundo caso son peralte excesivo y baja velocidad.

La segunda hipótesis referente al vuelco, se produce cuando el momento que se produce por las fuerzas desestabilizadoras es mayor al momento producido por las fuerzas estabilizadoras que afectan al vehículo. Así también puede producirse un vuelco hacia el interior de la curva o un vuelco hacia el exterior de la curva.

Consistencia

La carretera debe presentar un diseño geométrico consistente con la finalidad de minimizar los cambios bruscos en las expectativas de los conductores.

Estética y Armonía

Directamente relacionado a la consistencia.

Tramos de concentración de accidentes

Dentro de las herramientas utilizadas para evaluar en términos de seguridad vial una carretera, se utiliza el concepto de tramo de concentración de accidentes, que de acuerdo a la definición descrita por Pardillo, corresponde a un tramo que presenta un riesgo medio a largo plazo significativamente superior a la media en tramos de características semejantes, por lo tanto, en estos tramos una actuación de mejora puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad, independiente de los efectos aleatorios. (Pardillo Mayora, 2004)

Estudio de tramos de concentración de accidentes

Pardillo también proporciona una guía para realizar el estudio de estos tramos. Entre las recomendaciones dadas, se destaca

- El análisis de la información disponible en cuanto a accidentes ocurridos, el tipo de accidente, las condiciones en las que ocurrió el accidente, la gravedad, etc.
- El estudio del emplazamiento, para el cual es necesario el análisis de la carretera en cuanto al trazado, la sección transversal, la señalización y balizamiento, los márgenes, las intersecciones y accesos, el pavimento y drenaje.
- El estudio del tráfico, que comprende las intensidades de circulación y composición vehicular, estudios de velocidades,
- Un análisis del entorno, es decir las posibles circunstancias del entorno de la carretera que pueden influir en los accidentes registrados tal como la meteorología,

actividades a los márgenes de la carretera y comportamiento de los usuarios.
(Pardillo Mayora, 2004)

Con esta información es posible realizar un diagnóstico de los problemas existentes y posteriormente diseñar las actuaciones y medidas necesarias para contrarrestar los problemas detectados.

Gestión de actuaciones de seguridad vial.

Planes y programas.

El problema de los siniestros de tránsito debe ser afrontado por los diversos actores que intervienen en el problema, es decir por instituciones públicas como los administradores de las carreteras, la policía, órgano judicial, así como por los fabricantes de automóviles, operadores de transporte, usuarios, etc. Para dar frente a este problema, es necesario el desarrollo de diferentes planes y programas cuyos objetivos y políticas estén alineados con la mejora de la seguridad vial y a su vez permita la colaboración y asigne las responsabilidades a todas las partes e instituciones implicadas.

De acuerdo a Pardillo (2004), las actuaciones sobre la infraestructura pueden clasificarse en:

- Medidas de seguridad primarias, siendo aquellas que supriman los factores de riesgo ligados a las características de las vías y su entorno.
- Medidas de seguridad secundarias, siendo aquellas que disminuyan la gravedad de los accidentes en caso de que estos se produzcan, independientemente de cual sea el factor que los origine.

Para la fase de planificación de los programas de seguridad vial existen diversas tareas que son necesarias ejecutarse, entre ellas:

- Implementar, mantener y explotar una base de datos de seguridad vial
- Estudiar los tramos de concentración de accidentes, diagnosticar los problemas existentes en estos tramos, diseñar actuaciones adecuadas para mejorar la seguridad vial y elaborar proyectos en base a ello.
- Diseñar y proyectar actuaciones preventivas para suprimir las deficiencias de seguridad en las carreteras existentes.

- Establecer un orden de prioridad para la ejecución de las medidas proyectadas en función del coste y eficiencia estimada en la reducción de la siniestralidad. (Pardillo Mayora, 2004)

Transporte e Infraestructura Vial en Ecuador.

Estructura Orgánica

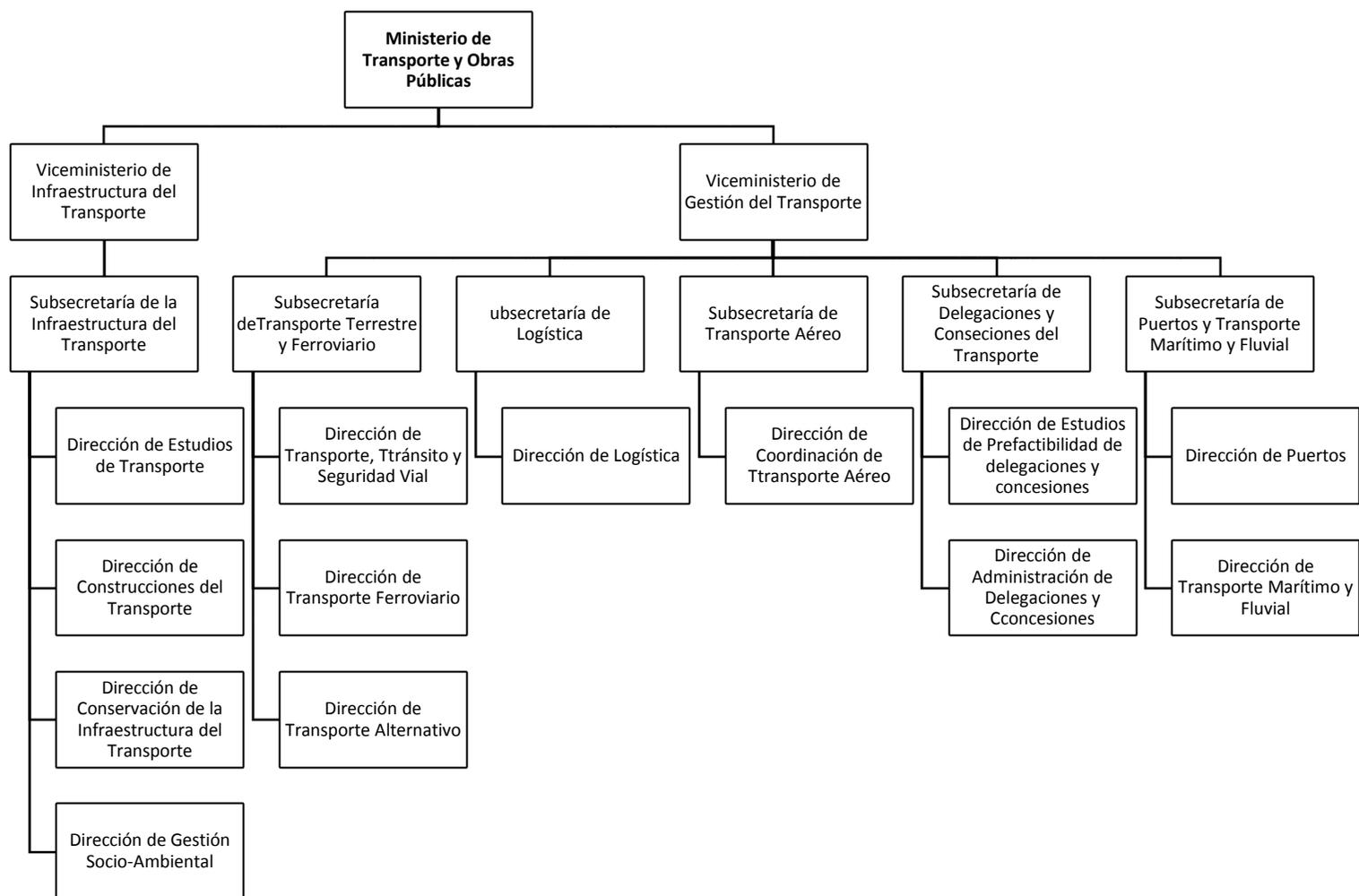
La Función Ejecutiva de la República de Ecuador tiene a su cargo 7 Gabinetes: Gabinete Intersectorial Social, Gabinete Intersectorial de Producción, Gabinete Intersectorial Económico, Gabinete Intersectorial de Infraestructura y Recursos Naturales No Renovables, Gabinete Intersectorial de Política Exterior y Promoción, Gabinete Intersectorial de Seguridad, Gabinete Intersectorial de Hábitat y Ambiente.

A su vez, dentro de estos 7 gabinetes, el Gabinete Intersectorial de Infraestructura y Recursos Naturales No Renovables tiene 5 Ministerios: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Ministerio de Telecomunicaciones, Ministerio de Minería, Ministerio de Hidrocarburos.

Siendo, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas aquel encargado de la formulación de políticas, regulaciones, planes programas y proyectos que garanticen un Sistema Nacional del Transporte Intermodal y Multimodal y tiene a su cargo la Agencia Nacional de Regulación y Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, la Comisión de Tránsito del Ecuador, La Dirección General de Aviación Civil, las Autoridades Portuarias, y la empresa TAME EP.

Por otra parte, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas está compuesto por 6 Subsecretarías, una a cargo del Viceministerio de Infraestructura del Transporte y 5 a cargo del Viceministerio de Gestión del Transporte.

Figura 3. Estructura Orgánica del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador



Nota. Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Organigrama de la Institución, 2016)

Marco Jurídico

En Ecuador se han desarrollado tres leyes de tránsito en los últimos treinta años. La primera el 10 de abril de 1981, la segunda el 2 de agosto de 1996 y la última el 7 de agosto de 2008. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) junto con la Comisión Nacional del Transporte Terrestre conforman el organismo máximo rector de transporte en el país.

Además en el Registro Oficial Suplemento 998 de 05-mayo-2017 se aprobó la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura vial del Transporte Terrestre, cuyo objeto es “establecer el régimen jurídico para el diseño, planificación, ejecución, construcción, mantenimiento, regulación y control de la infraestructura del transporte terrestre y sus servicios complementarios, cuya rectoría está a cargo del ministerio encargado de la competencia de vialidad, sin perjuicio de las competencias de los gobiernos autónomos descentralizados”.(LOSNIIVTT, 2017, p.2)

Por otro lado, el MTO como parte del plan estratégico para la mejora en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de proyectos viales, ha generado la **Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12** con la finalidad de revisar y actualizar las normas y especificaciones técnicas en materia de infraestructura del transporte garantizando la seguridad de los usuarios y el desarrollo del país.

Así, la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 representa un documento normativo técnico aplicable al desarrollo de la infraestructura vial y de transporte en el país, estableciendo las políticas, criterios, procedimientos y metodologías que deben seguirse en proyectos de índole vial para asegurar la calidad y durabilidad de las vías, reducir o mitigar el impacto ambiental ocasionado en las diferentes fases del proyecto y optimizar el mantenimiento del tráfico durante la contratación, construcción y puesta en servicio de las infraestructuras viales. La normativa se compone de 6 volúmenes, dentro de los cuales, el volumen 5 corresponde a Procedimientos de operación y seguridad vial.

Red Vial en Ecuador

De acuerdo a la LOSNIIVTT (2017), la red vial nacional en Ecuador está compuesta por todas las carreteras y caminos existentes en el territorio ecuatoriano y está integrada por la red vial estatal, regional, provincial y cantonal urbana.

Tabla 3. Composición de la Red Vial Nacional en Ecuador

TIPO RED VIAL	COMPOSICIÓN	COMPETENCIA
Red Vial Estatal	Troncales nacionales integradas por las vías declaradas como corredores arteriales o vías colectoras.	Gobierno central
Red Vial Regional	Conjunto de vías que unen al menos dos capitales de provincia dentro de una región y que sean descentralizados de la red vial estatal.	Gobiernos autónomos descentralizados regionales
Red Vial Provincial	Conjunto de vías que, dentro de la circunscripción territorial de la provincia, no formen parte del inventario de la red vial estatal, regional o cantonal urbana	Gobiernos autónomos descentralizados provinciales
Red Vial cantonal urbana	Conjunto de vías que conforman la zona urbana del cantón, la cabecera parroquial rural y aquellas vías que, de conformidad con cada planificación municipal, estén ubicadas en zonas de expansión urbana.	Gobiernos autónomos descentralizados municipales o metropolitanos

Nota. Fuente: LOSNIVTT (2017) (p.3). Quito, Ecuador

Por otro lado, según lo establecido en la NEVI-12-MTOP. Vol. 2 (2013), las carreteras se clasifican además, de acuerdo a:

- Clasificación por capacidad (Función del TPDA o IMD)
- Clasificación por jerarquía en la red vial
- Clasificación por condiciones orográficas
- Clasificación por número de calzadas
- Clasificación en función de la superficie de rodamiento (p.63)

Clasificación por capacidad

Siguiendo con lo referido en la NEVI-12-MTOP. Vol. 2 (2013), según la capacidad o el tráfico promedio diario anual (TPDA) o IMD, las carreteras pueden ser: Autopistas, Autovías o carreteras multicarril, Carretera de 2 carriles (p.64).

Tabla 4. Clasificación funcional de las vías según su capacidad

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS EN BASE AL TPDA (IMD)			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) al año de horizonte	
		Límite inferior	Límite superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o carretera multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Nota. Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013) *NEVI-12-MTOP. Vol. 2* (p.64) Quito, Ecuador

Clasificación por jerarquía en la red vial

También la NEVI-12-MTOP (2013). Vol. 2 indica que la clasificación por jerarquía en la red vial puede ser:

- CORREDORES ARTERIALES: conectan en el continente a las capitales de provincia, a principales puertos marítimos con los del Oriente, pasos de frontera para viajes de larga distancia, con alta movilidad, accesibilidad reducida y/o controlada, y estándares geométricos adecuados para dar una operación de tráfico eficiente y segura.
- VÍAS COLECTORAS: su función es recolectar el tráfico de la zona rural o una región que llega a través de los caminos locales y conducirlos a los corredores arteriales.
- CAMINOS VECINALES: carreteras convencionales que incluyen a los caminos rurales no incluidos en la clasificación anterior que reciben el tráfico de poblaciones rurales, zonas de producción agrícola y accesos a sitios turísticos. (p.69)

Clasificación según condiciones orográficas

De acuerdo a las condiciones del terreno o condiciones orográficas, las carreteras se clasifican en llano, ondulado, accidentado y muy accidentado. (NEVI-12-MTOP. Vol. 2, 2013)

Tabla 5. Clasificación de las vías según condiciones orográficas

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy Accidentado	$25 < i$

Nota. Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013) *NEVI-12-MTOP. Vol. 2* (p.64) Quito, Ecuador

Clasificación según el número de calzadas

Las carreteras de acuerdo al número de calzadas pueden ser carretera de calzadas separadas o carretera de calzada única.

CARRETERA DE CALZADAS SEPARADAS: tienen calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación con separación física entre ambas (elementos de separación con altura mayor a 15cm). Pueden tener más de una calzada para cada sentido de circulación.

CARRETERA DE CALZADA ÚNICA: Tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación, sin separación física, independientemente del número de carriles. (NEVI-12-MTOP, Vol. 2, 2013)

Clasificación en función de la superficie de rodamiento

Por otra parte, las carreteras en función de la superficie de rodamiento se agrupan en pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, afirmados, superficie natural.

PAVIMENTOS FLEXIBLES: tienen una capa de rodadura formada por una mezcla bituminosa de asfalto altamente resistente a ácidos, álcalis y sales.

PAVIMENTOS RÍGIDOS: la capa de rodadura está formada por una losa de concreto hidráulico con o sin refuerzo estructural, apoya sobre una subrasante de material granular.

AFIRMADOS: La superficie de rodadura se compone de una capa de material granular con tamaño máximo de 2 ½” y con proporción de finos debidamente compactados.

SUPERFICIE NATURAL: su capa de rodadura se compone de terreno natural del lugar debidamente conformado. (NEVI-12-MTOP, Vol. 2, 2013)

CAPITULO III

Evaluación del Estado Actual de la Carretera

Localización

La vía en estudio integra la red vial estatal de acuerdo a las normas del Decreto Ejecutivo No. 860, siendo parte de la carretera denominada Transversal Sur (E50) que atraviesa las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe.

En la provincia de Loja, la E50 se conecta con la Troncal de la Sierra (E35) a aproximadamente 25 kilómetros al occidente de la ciudad de Catamayo. A partir de este punto hasta llegar a la ciudad de Loja, la carretera toma la denominación E35/E50. Desde la ciudad de Loja, la Transversal E50 continúa su recorrido de forma independiente

Figura 4. Red vial estatal de Ecuador



Nota. Elaboración propia basada en archivos .shp obtenidos en la página del Sistema Nacional de Información. MTOP, 2015

Características de la Carretera

La carretera establecida para el desarrollo del presente trabajo constituye una vía de salida de la ciudad de Loja y forma parte de la Transversal Sur (E50), carretera que atraviesa las Provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe.

Cuando la Transversal Sur (E50) llega a la Provincia de Loja se conecta con la Troncal de la Sierra (E35) a 25 km aproximadamente al occidente de la ciudad de Catamayo, es así que desde este punto hasta llegar a la ciudad de Loja, recibe el nombre de E35/350.

Este tramo cuenta con una extensión de 33,5 km y en su geometría presenta anchos de calzada de 7.30m, espaldones de 0.60 y cunetas de 0.60m por tanto un total de ancho de vía de 9.70m en pavimento flexible.

La carretera, dentro de la norma española, se la clasificaría como una carretera convencional, ya que está conformada por 2 carriles de dirección opuesta, es decir un carril para cada sentido, sin separación física entre sentidos. Además permite el tráfico de vehículos y usuarios de diferentes tipos: autobuses, vehículos ligeros, motos, etc.

De acuerdo a las clasificaciones establecidas por la norma ecuatoriana, la carretera se clasificaría en:

Tabla 6. Clasificación de la carretera E35/E50 Tramo Loja-Catamayo

TIPO DE CLASIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
Por capacidad	Carretera de 2 carriles C1: 1000 < IMD < 8000 Carretera de mediana capacidad	
Por jerarquía en la red vial	Arterial	
Por número de calzadas	Carretera de calzada única	Una sola calzada para ambos sentidos, sin separación física
Función de la superficie de rodamiento	Pavimento flexible	Capa de rodadura formada por mezcla bituminosa de asfalto resistente a ácidos, álcalis y sales

Nota. Elaboración propia basada en NEVI-12-MTOP. Vol. 2 (2013)

Análisis de Tráfico

Los datos de tráfico han sido tomados de un trabajo de grado previo, que corresponden a valores del año 2017, los cuales, como indica el documento fuente, se han recopilado mediante una estación primaria de conteo vehicular ubicada en el km 12+600 de la vía Loja – Catamayo durante el período del 05 al 14 de octubre de 2017. (Vásquez, L. 2018)

Según información detallada en el trabajo de titulación antes mencionado, el aforo ha sido realizado mediante un sistema de clasificación vehicular tipo neumático MetroCount 5600, por un lapso continuo de 7 días.

En la tabla a continuación se muestran los flujos vehiculares por día de aforo.

Tabla 7. Resultado de aforos vehiculares en la vía Loja-Catamayo

Estación primaria: km 12+600 vía Loja – Catamayo			
Día de aforo	Fecha aforo	Horas de aforo/día	Flujo vehicular
Jueves	05/10/2017	9	1465
Viernes	06/10/2017	24	3971
Sábado	07/10/2017	24	4096
Domingo	08/10/2017	24	3934
Lunes	09/10/2017	24	3950
Martes	10/10/2017	24	3658
Miércoles	11/10/2017	24	3598
Jueves	12/10/2017	24	3742
Viernes	13/10/2017	24	3885

Nota. Elaboración propia basada en datos del documento de titulación de Vásquez, L. (2018)

Trafico promedio diario anual.

Se ha calculado el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS) correspondiente al periodo de conteo vehicular de una semana completa (7 días), en este caso se ha tomado el aforo realizado en la semana del 6 al 12 de octubre de 2017.

Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

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

TS = Número de vehículos aforados en una semana completa.

Tabla 8. TPDS y TPDS del año 2017.

Año	TS	TPDS
2017	26949	3850

Nota. Elaboración propia basada en datos del documento de titulación de Vásquez, L. (2018)

Posteriormente, se ha estimado el TPDA en función del TPDS utilizando la siguiente metodología:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Siendo A = máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS, por lo cual el valor de A establece el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA de acuerdo al nivel de confianza escogido, por tanto:

$$A = KE$$

Donde

K = constante para un nivel de confianza (1,96 para una confiabilidad de 95%)

E = error estándar de la media

$$E = \hat{\sigma}$$

$\hat{\sigma}$ = Estimador de la desviación estándar poblacional

$$\hat{\sigma} = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Donde:

S =desviación estándar muestral (de la distribución de los volúmenes de tránsito diario)

N = tamaño de la población (número de días del año)

n = tamaño de la muestra (número de días de aforo)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_1 - TDPS)^2}{n-1}}$$

TD_1 = volumen de tránsito del día i

Por lo tanto:

$$TPDA = TPDS \pm K\hat{\sigma}$$

Así, utilizando las ecuaciones mostradas, se ha calculado el TPDA para el año 2017

Tabla 9. TPDA para el año 2017

Año	TPDS	N	S	Σ	k	A	TPDA máx.	TPDA min
2017	3850	7	185	69	1,96	136	3985	3714

Nota. Elaboración propia basada en datos del documento de titulación de Vásquez, L. (2018)

Debido a que los datos de accidentes disponibles corresponden a los años 2014, 2015 y 2016, para poder realizar comparaciones y analogía entre estos y los datos de tráfico, se procede a calcular los valores de TPDA de los años anteriores al valor del año 2017, para esto se ha utilizado la fórmula del interés compuesto y las tasas de crecimiento vehicular tomadas de estudios del Ministerio de Transporte y Obras públicas (MTO, 2012)

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

Donde

TPDA futuro = Tráfico medio diario anual futuro

TPDA actual = Tráfico medio diario anual actual

i = Tasa de crecimiento vehicular

n = número de periodos

Tabla 10. Tasas de crecimiento vehicular

Año	Tasa de crecimiento vehicular
2011	5,49%
2012	5,20%
2013	4,71%
2014	4,50%
2015	4,94%
2016	4,30%
2017	4,13%
2018	3,96%

Nota. Fuente: MTO, 2012

Tabla 11. TPDA para años 2014, 2015, 2016, 2017

Variable	Año			
	2014	2015	2016	2017
TPDA máx.	3484	3641	3821	3985
TPDA min	3247	3394	3561	3714

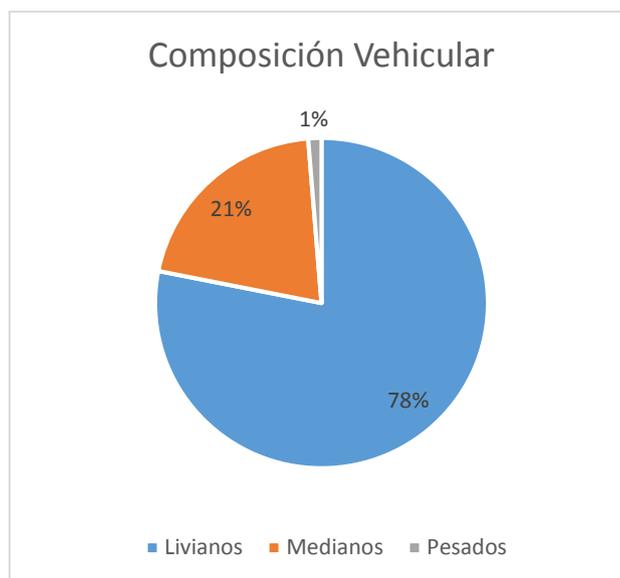
Nota. Elaboración propia

Composición vehicular.

En referencia a la composición vehicular, se ha consultado el Boletín No. 2 del Observatorio de Ingeniería de Tráfico de la UTPL (2017), el cual, en base a resultados de aforos vehiculares realizados, clasifica el tráfico vehicular para cada aforo en 3 categorías: vehículos livianos, medianos y pesados.

Para obtener la composición tipo, en el presente documento se ha calculado un promedio de los datos observados en el boletín para cada categoría en diferentes aforos. Se representa la composición vehicular existente mediante un gráfico circular expresado en porcentajes, tal como se observa a continuación.

Figura 5. Composición vehicular tipo de la carretera E35/E50



Nota. Elaboración propia en base a datos del Informe "Estadística de variables de tráfico. Vía Loja-Catamayo" del Observatorio de Ingeniería de Tráfico de la UTPL. (2017). Boletín No. 2, Loja, Ecuador.

Se observa que en su mayor parte, el tráfico en la carretera del proyecto, está compuesta por vehículos livianos con un porcentaje promedio de 78% del tráfico total. En un porcentaje menor se encuentran los vehículos medianos que alcanzan un 21% del tráfico total de la vía; por otro lado en un porcentaje mínimo de apenas 1% se encuentran los vehículos pesados.

Velocidades percentiles.

Del Informe del Observatorio de Ingeniería de Tráfico de la UTPL, también se han podido obtener las velocidades percentiles en dos estaciones de aforo propias del observatorio, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12. Percentiles de velocidad establecidos en la EP_1

Percentil determinado	Velocidad
V₁₅	40 km/h
V₅₅	55 km/h
V₈₅	72 km/h
V₉₈	95 km/h

Nota. Fuente: Observatorio de Ingeniería de Tráfico de la UTPL. (2017), *Informe “Estadística de variables de tráfico. Vía Loja-Catamayo”*. Boletín No. 2. Loja, Ecuador.

Tabla 13. Percentiles de velocidad establecidos en la EP_2

Percentil determinado	Velocidad
V₁₅	30 km/h
V₅₅	50 km/h
V₈₅	62 km/h
V₉₈	78 km/h

Nota. Fuente: Observatorio de Ingeniería de Tráfico de la UTPL. (2017), *Informe “Estadística de variables de tráfico. Vía Loja-Catamayo”*. Boletín No. 2. Loja, Ecuador.

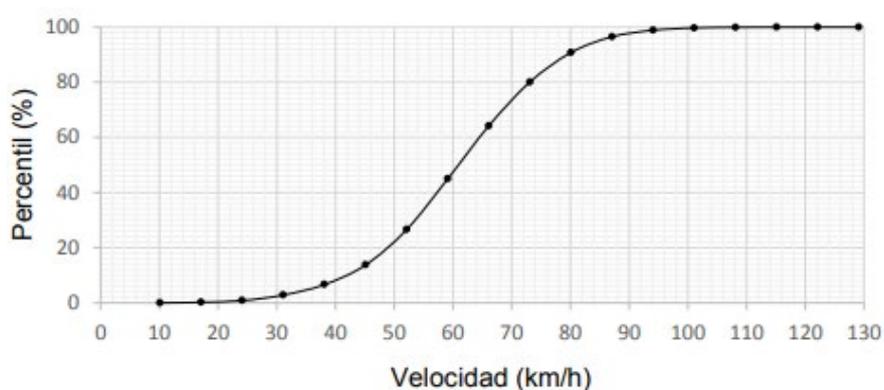
Contrastando esta información con datos obtenidos en el trabajo de titulación realizado por el autor (Gonzalez, 2015), se observan valores similares con la ventaja de tener valores de velocidades categorizados por tipo de vehículo.

Tabla 14. Percentiles 85 de velocidad según tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Percentil 85
Livianos	76 km/h
Medianos	66 km/h
Pesados	62 km/h

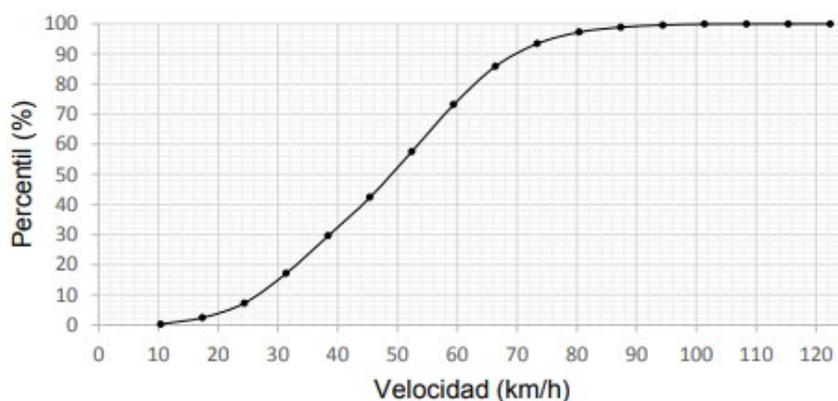
Nota. Fuente: González, M. A. (2015), *Elaboración del mapa de tráfico y velocidad correspondiente a las vías E35, E50 y E682 del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 6. Percentil 85 – vehículos livianos



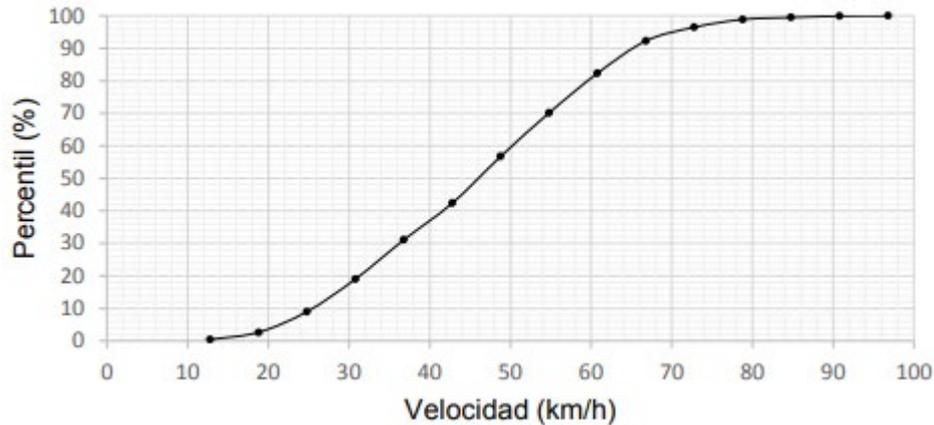
Nota. Fuente: González, M. A. (2015), *Elaboración del mapa de tráfico y velocidad correspondiente a las vías E35, E50 y E682 del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 7. Percentil 85 – vehículos medianos



Nota. Fuente: González, M. A. (2015), *Elaboración del mapa de tráfico y velocidad correspondiente a las vías E35, E50 y E682 del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 8. Percentil 85 – vehículos pesados



Nota. Fuente: González, M. A. (2015), *Elaboración del mapa de tráfico y velocidad correspondiente a las vías E35, E50 y E682 del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Análisis de la Siniestralidad

Para el análisis de la siniestralidad se obtuvo información de los siniestros ocurridos en base a lo publicado en el trabajo de investigación desarrollado como trabajo de titulación para la Universidad Técnica Particular de Loja de la autora (Rojas, 2017)

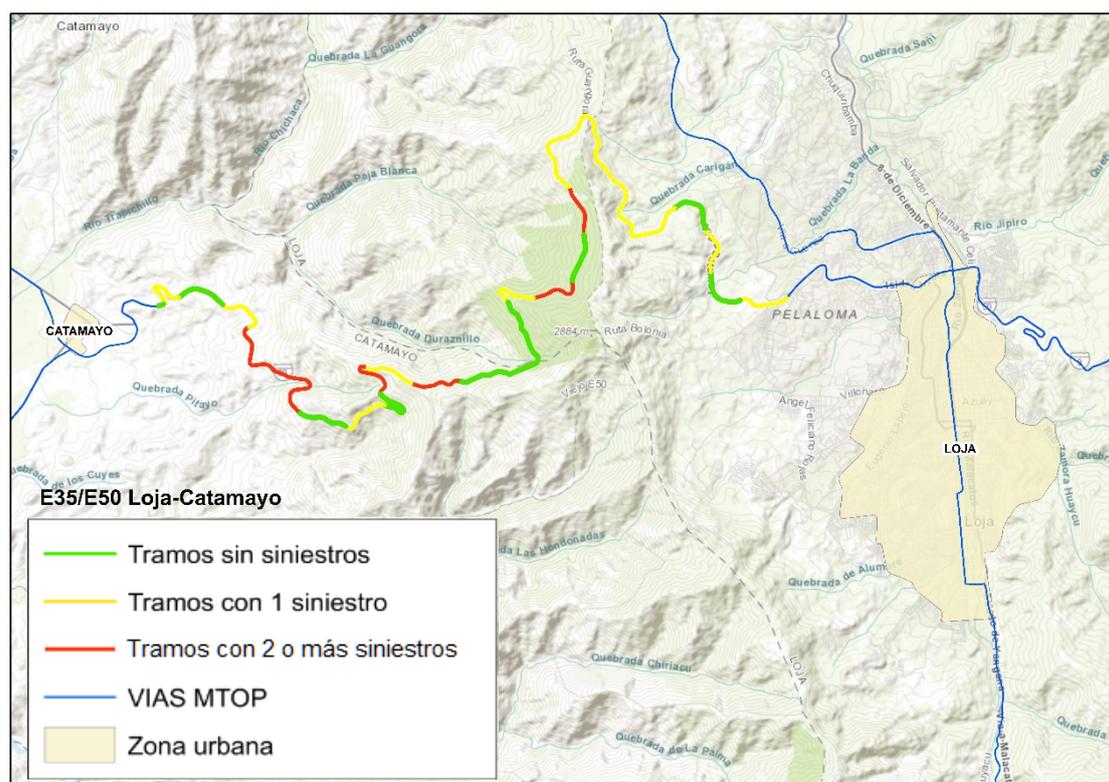
Esta información, según lo explicado en el documento de consulta, fue obtenida del registro de accidentes del Departamento de Análisis de Información de Delito de la Policía Nacional y una vez recogidos los datos de accidentes, estos fueron colocados en un archivo con el trazado de la vía con sus respectivas coordenadas para poder contabilizarlos en la sección correspondiente a la ocurrencia del siniestro.

Estos resultados se observan en la tabla presente en el anexo 1 del documento.

Con los datos recopilado se procedió a agrupar los siniestros observados en los años 2014, 2015 y 2016 en tramos de 1 km que registren accidentes para proceder a analizarlos y determinar aquellos tramos donde se debe actuar, para ello se asignó y graficó cada tramo de 1.00 km de la carretera según el número de siniestros utilizando la herramienta Arcgis.

Se resaltaron de color verde los tramos sin siniestros, de color amarillo aquellos tramos que registraban un solo siniestro y en color rojo aquellos tramos que registraban dos o más siniestros.

Figura 9. Localización y clasificación por tramos de 1km de siniestros totales observados en la carretera Loja-Catamayo (periodo 2014, 2015, 2016).



Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja. UTPL, Ecuador

Diseño Geométrico

Las datos del diseño geométrico tales como el ancho de carril, anchos de espaldón, radio de curvatura, longitud de curva, pendiente longitudinal y existencia de carril de giro a izquierda, se han obtenido basándose en lo que indica en su trabajo la autora Rojas, P (2017).

Como se describe en el documento de consulta, estos datos han sido obtenidos de mediciones de campo y procesados además con ayuda de imágenes satelitales en el programa AutoCAD y Civil 3D, y también utilizando un modelo digital proporcionado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Todos los datos utilizados se han contrastado con imágenes de la carretera obtenidas mediante la aplicación Google Maps.

Del mismo modo, en base a la información presentada en la misma fuente de consulta (Rojas, P., 2017), se ha obtenido información más específica de cada tramo de la vía tales como la existencia de espirales en curvas horizontales, variación del peralte, densidad de accesos,

existencia de franjas sonoras, carriles de adelantamiento, iluminación, sistema automático de control de velocidades e índices de peligrosidad. Esta información obtenida se ha contrastado con lo observado mediante imágenes tomadas de Google Maps.

Señalización

Adicional a la información obtenida en el documento de consulta, se ha conseguido también, de forma visual mediante imágenes de Google Maps, definir el tipo de señalización para los tramos específicos de estudio que se definen en la sección posterior a esta, llamada “Análisis de la Problemática. Esta información se detalla en la sección mencionada en el correspondiente análisis de cada tramo.

CAPITULO IV

Análisis de la Problemática

Para realizar el análisis de la problemática actual de la carretera relacionado con la seguridad vial, se han tenido las siguientes consideraciones:

Primero, para efectos de este trabajo se han definido analizar los tramos de carretera comprendidos entre los PK 3+600 y PK 32+800, considerando que todos estos tramos son de tipo rural, además en base a ciertos criterios se han determinado los tramos más críticos en los cuales se revisarán los aspectos de:

- Sección transversal
- Trazado
- Accesos e intersecciones
- Señalización horizontal y vertical
- Estado del pavimento

Con estas consideraciones se pretende conocer el estado actual de la carretera y determinar posibles problemas susceptibles de mejoras.

Selección de Tramos Críticos

Luego de revisar los datos de siniestralidad de la carretera, se han procedido a realizar el siguiente procedimiento para selección de tramos críticos:

Primero se han seleccionado tramos de carretera de 1 km de longitud entre los PK 3+600 y PK 32+800

Segundo, de estos tramos seleccionados se procede a escoger los que se consideran más críticos de acuerdo a los siguientes criterios:

CRITERIO 1.- Cumple el criterio si se registra un número de siniestros mayor o igual a 2. Así se descartan todos aquellos tramos con 1 o 0 siniestros.

CRITERIO 2.- Se consideran para análisis todos aquellos tramos que registran un número de siniestros mayor o igual a 3.

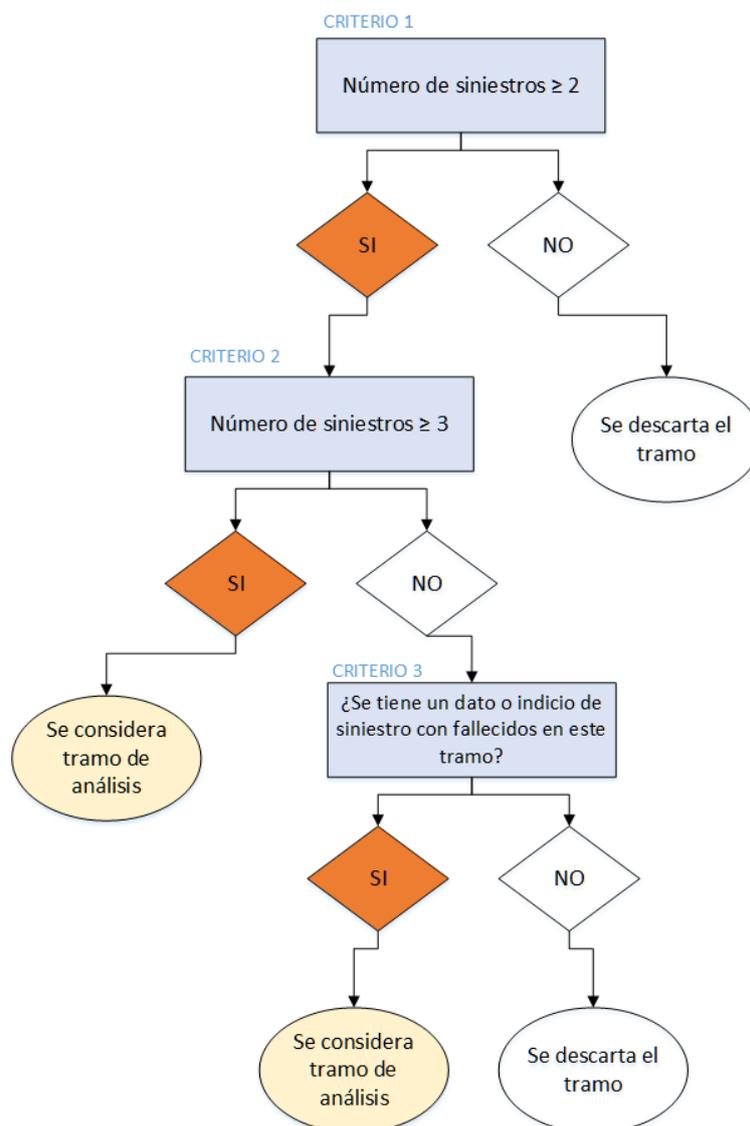
CRITERIO 3.- Del resto de tramos con un número de accidentes igual a 2, se consideran para análisis solamente aquellos tramos que indican la existencia de víctimas mortales debido

al siniestro de tránsito. Así se descartan todos los tramos con un registro de 2 accidentes pero sin víctimas mortales.

Como no fue posible obtener información de bases de datos oficiales del número de víctimas mortales producto del siniestro de tránsito en esta carretera particular, solamente el número total en toda la provincia, se ha procedido a verificar este criterio de la siguiente forma:

Mediante registro visual, utilizando a herramienta Street View de Google Maps, se ha recorrido la carretera en cada tramo donde han existido siniestros de tránsito y se ha verificado la presencia de pequeñas cruces blancas colocadas en los laterales de la vía, las cuales representan una práctica muy antigua en el país y son colocadas en el punto de la carretera donde las personas han perdido un ser querido debido a un accidente de tránsito.

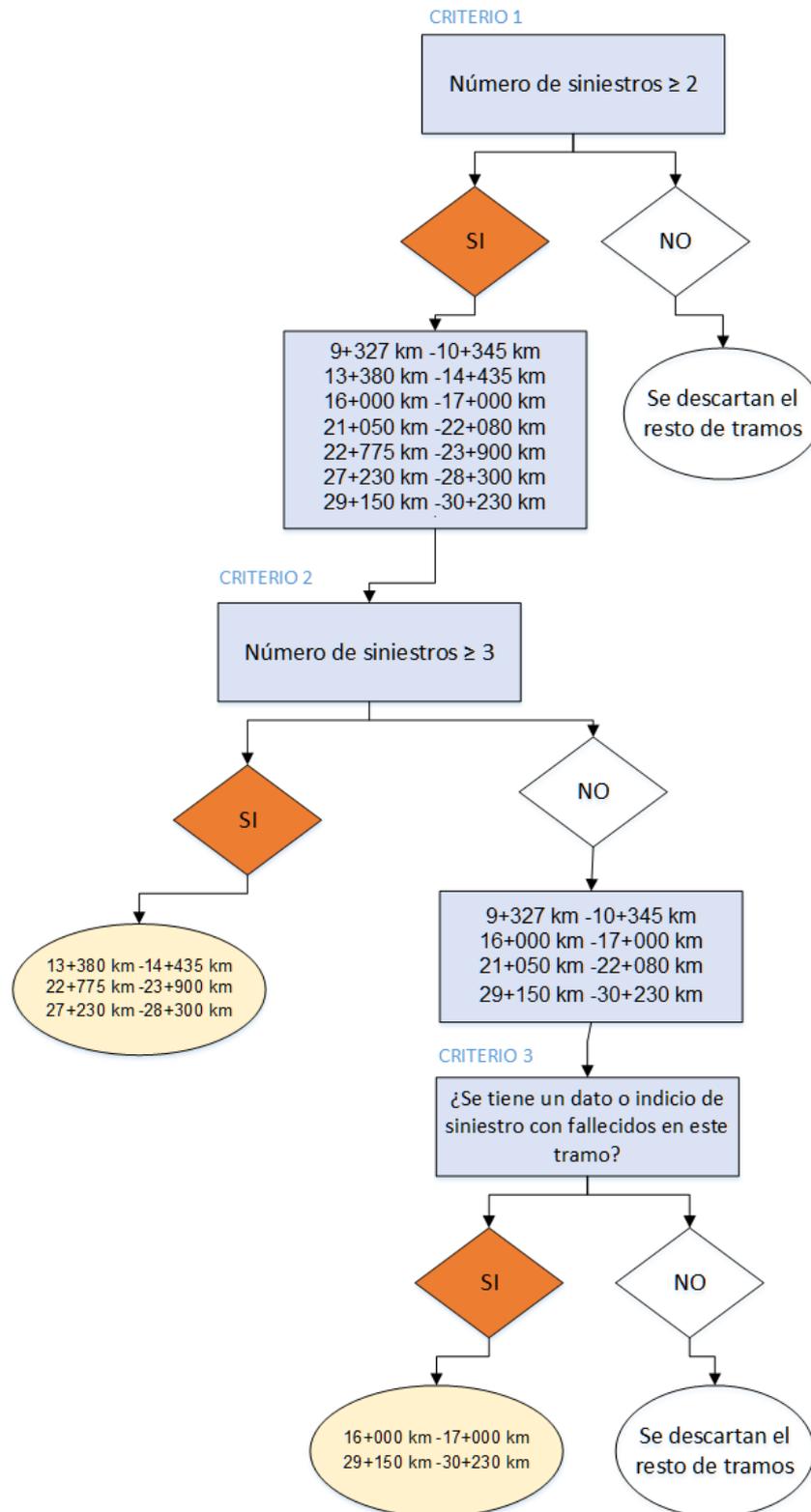
Figura 10. Diagrama de Criterios de selección de tramos de análisis



Nota. Elaboración propia

Siguiendo el proceso descrito anteriormente, se han seleccionado 5 tramos que cumplen con los criterios establecidos.

Figura 11. Diagrama de procedimiento de selección de tramos de análisis aplicando los criterios establecidos



Nota. Elaboración propia

Tabla 15. Características de tramos de análisis

Tramo	Longitud tramo (km)	Subtramos de siniestros		Tipo	Tipo de sección	Carril (m)		Espaldón (m)	
		Inicio	Fin			Izq	Der	Izq	Der
13+380 km - 14+435 km	1,06	13+662,14	13+893,80	Rural	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
		14+093,69	14+147,28		Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
		14+217,28	14+435,78		Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
16+000 km - 17+000 km	1,00	16+424,61	16+540,49	Rural	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
22+775 km - 23+900 km	1,13	22+775,62	22+843,26	Rural	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
		23+495,07	23+542,26		Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
		23+607,59	23+714,31		Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
		23+779,25	23+894,92		Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
27+230 km - 28+300 km	1,07	27+233,49	27+296,17	Rural	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
		27+883,24	27+928,42		Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
		28+109,77	28+307,18		Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
29+150 km - 30+230 km	1,08	29+156,78	29+241,80	Rural	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
		29+819,87	29+976,21		Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22

Tramo	Longitud tramo (km)	Subtramos de siniestros		Radio (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Carril Giro izquierda	Espirales
		Inicio	Fin					
13+380 km - 14+435 km	1,06	13+662,14	13+893,80	0,000	0,000	2,93%	No	No
		14+093,69	14+147,28	349,910	173,809	2,93%	No	Si
		14+217,28	14+435,78	0,000	0,000	2,93%	No	No
16+000 km - 17+000 km	1,00	16+424,61	16+540,49	149,962	255,885	5,44%	No	Si
22+775 km - 23+900 km	1,13	22+775,62	22+843,26	0,000	0,000	7,00%	No	No
		23+495,07	23+542,26	209,946	46,671	7,00%	No	No
		23+607,59	23+714,31	159,959	96,560	7,00%	No	No
		23+779,25	23+894,92	89,977	115,872	7,00%	No	No
27+230 km - 28+300 km	1,07	27+233,49	27+296,17	149,962	162,543	7,00%	No	Si
		27+883,24	27+928,42	51,987	175,418	7,00%	No	Si
		28+109,77	28+307,18	0,000	0,000	7,00%	No	No
29+150 km - 30+230 km	1,08	29+156,78	29+241,80	71,982	185,074	7,00%	No	Si
		29+819,87	29+976,21	99,974	226,917	7,00%	No	Si

Tramo	Longitud tramo (km)	Subtramos de siniestros		Franja Sonora	Carril de adelantamiento	Índice de peligrosidad	Iluminación	Sistema automático de velocidad
		Inicio	Fin					
13+380 km - 14+435 km	1,06	13+662,14	13+893,80	No	No	5	No	No
		14+093,69	14+147,28	No	No	5	No	No
		14+217,28	14+435,78	No	No	5	No	No
16+000 km - 17+000 km	1,00	16+424,61	16+540,49	No	No	5	No	No
22+775 km - 23+900 km	1,13	22+775,62	22+843,26	No	No	5	No	No
		23+495,07	23+542,26	No	No	5	No	No
		23+607,59	23+714,31	No	No	5	No	No
		23+779,25	23+894,92	No	No	5	No	No
27+230 km - 28+300 km	1,07	27+233,49	27+296,17	No	No	4	No	No
		27+883,24	27+928,42	No	No	5	No	No
		28+109,77	28+307,18	No	No	5	No	No
29+150 km - 30+230 km	1,08	29+156,78	29+241,80	No	No	4	No	No
		29+819,87	29+976,21	No	No	4	No	No

Nota. Fuente: Rojas, P. (2017) *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 12. Ubicación en plano de tramos de análisis seleccionados



Nota. Elaboración propia

Caracterización por Tramo

Tramo 1

Tabla 16. Características de tramo 1

Tramo	Inicio	13+380		
	Fin	14+435		
Longitud tramo (km)	1,06			
Subtramos de siniestros	Inicio	13+662,14	14+093,69	14+217,28
	Fin	13+893,8	14+147,28	14+435,78
Tipo	Rural			
Tipo de sección	Recta		Espiral	Recta
Carril (m)	Izq.	3,65	3,65	3,65
	Der	3,65	3,65	3,65
Espaldón (m)	Izq.	1,22	1,22	1,22
	Der	1,22	1,22	1,22
Radio (m)	0,000		349,910	0,000
Longitud (m)	0,000		173,809	0,000
Pendiente (%)	2,93%		2,93%	2,93%
Carril Giro izquierda	No		No	No
Espirales	No		Si	No
Franja Sonora	No		No	No
Carril de adelantamiento	No		No	No
Índice de peligrosidad	5		5	5
Iluminación	No		No	No
Sistema automático de velocidad	No		No	No

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 13. Tramo 1.-Subtramo 1 (13+662,14 km a 13+893,8 km)

Sentido Loja – Catamayo



Sentido Catamayo - Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Figura 14. Tramo 1.- Subtramo 2 (14+093,69 km a 14+147,28 km)

Sentido Loja - Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo - Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Figura 15. Tramo 1.- Subtramo 3 (14+217,28 km a 14+435,78 km)

Sentido Loja - Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo - Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Tramo 2

Tabla 17. Características de tramo 2

Tramo	Inicio	16+000
	Fin	17+000
Longitud tramo (km)		1,00
Subtramos de siniestros	Inicio	16+424,61
	Fin	16+540,49
Tipo		Rural
Tipo de sección		Espiral
Carril (m)	Izq.	3,65
	Der	3,65
Espaldón (m)	Izq.	1,22
	Der	1,22
Radio (m)		149,962
Longitud (m)		255,885
Pendiente (%)		5,44%
Carril Giro izquierda		No
Espirales		Si
Franja Sonora		No
Carril de adelantamiento		No
Índice de peligrosidad		5
Iluminación		No
Sistema automático de velocidad		No

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 16. Tramo 2.- Subtramo 1 (16+424,61 km a 16+540,49 km)

Sentido Loja - Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo - Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Tramo 3

Tabla 18. Características de tramo 3

Tramo	Inicio	22+775			
	Fin	23+900			
Longitud tramo (km)	1,13				
Subtramos de siniestros	Inicio	22+775,62	23+495,07	23+607,59	23+779,25
	Fin	22+843,26	23+542,26	23+714,31	23+894,92
Tipo	Rural				
Tipo de sección	Recta		Curva	Curva	Curva
Carril (m)	Izq.	3,65	3,65	3,65	3,65
	Der	3,65	3,65	3,65	3,65
Espaldón (m)	Izq.	1,22	1,22	1,22	1,22
	Der	1,22	1,22	1,22	1,22
Radio (m)	0,000	209,946	159,959	89,977	
Longitud (m)	0,000	46,671	96,560	115,872	
Pendiente (%)	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	
Carril Giro izquierda	No	No	No	No	
Espirales	No	No	No	No	
Franja Sonora	No	No	No	No	
Carril de adelantamiento	No	No	No	No	
Índice de peligrosidad	5	5	5	5	
Iluminación	No	No	No	No	
Sistema automático de velocidad	No	No	No	No	

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 17. Tramo 3.- Subtramo 1 (23+495,07 km a 23+542,26 km)

Sentido Loja - Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo - Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Figura 18. Tramo 3.- Subtramo 2 (23+607,59 km a 23+714,31km)

Sentido Loja - Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo - Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Figura 19. Tramo 3.- Subtramo 3 (23+779,25 km a 23+894,92km)

Sentido Loja - Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo - Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Tramo 4

Tabla 19. Características de tramo 4

Tramo	Inicio	27+230		
	Fin	28+300		
Longitud tramo (km)		1,07		
Subtramos de siniestros	Inicio	27+233,49	27+883,24	28+109,77
	Fin	27+296,17	27+928,42	28+307,18
Tipo		Rural		
Tipo de sección		Espiral	Espiral	Recta
Carril (m)	Izq.	3,65	3,65	3,65
	Der	3,65	3,65	3,65
Espaldón (m)	Izq.	1,22	1,22	1,22
	Der	1,22	1,22	1,22
Radio (m)		149,962	51,987	0,000
Longitud (m)		162,543	175,418	0,000
Pendiente (%)		7,00%	7,00%	7,00%
Carril Giro izquierda		No	No	No
Espirales		Si	Si	No
Franja Sonora		No	No	No
Carril de adelantamiento		No	No	No
Índice de peligrosidad		4	5	5
Iluminación		No	No	No
Sistema automático de velocidad		No	No	No

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 20. Tramo 4.- Subtramo 1 (27+233,49 km a 27+296,17 km)

Sentido Loja – Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo – Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Figura 21. Tramo 4.- Subtramo 2 (27+883,24 km a 27+928,42 km)

Sentido Loja – Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo – Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Figura 22. Tramo 4.- Subtramo 3 (28+109,77 km a 28+307,18 km)

Sentido Loja – Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo – Loja





Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Tramo 5

Tabla 20. Características de tramo 5

Tramo	Inicio	29+150	
	Fin	30+230	
Longitud tramo (km)		1,08	
Subtramos de siniestros	Inicio	29+156,78	29+819,87
	Fin	29+241,8	29+976,21
Tipo		Rural	
Tipo de sección		Espiral	Espiral
Carril (m)	Izq.	3,65	3,65
	Der	3,65	3,65
Espaldón (m)	Izq.	1,22	1,22
	Der	1,22	1,22
Radio (m)		71,982	99,974
Longitud (m)		185,074	226,917
Pendiente (%)		7,00%	7,00%
Carril Giro izquierda		No	No
Espirales		Si	Si
Franja Sonora		No	No
Carril de adelantamiento		No	No
Índice de peligrosidad		4	4
Iluminación		No	No
Sistema automático de velocidad		No	No

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. UTPL, Ecuador

Figura 23. Tramo 5.- Subtramo 1 (29+156,78 km a 29+241,8 km)

Sentido Loja – Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo – Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Figura 24. Tramo 5.- Subtramo 2 (29+819,87 km a 29+976,21km)

Sentido Loja – Catamayo



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Sentido Catamayo – Loja



Nota. Fuente: Imágenes tomadas de Google maps

Análisis de la Seguridad Vial en Tramos Críticos

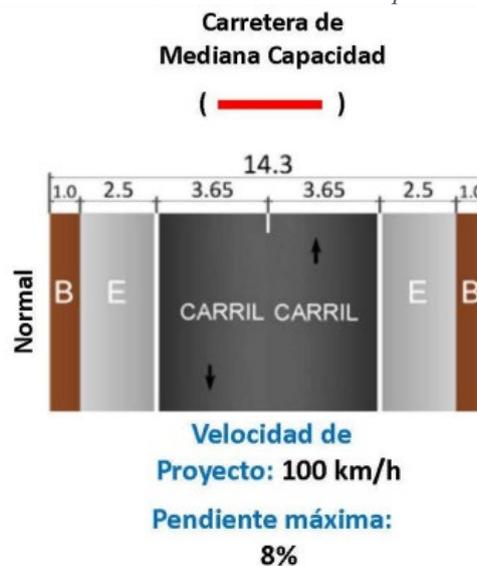
Una vez se han escogido los tramos críticos, se procede a analizarlos en base a los aspectos detallados al inicio de esta sección.

Sección transversal.

De acuerdo a la NEVI-12-MTOP en su volumen N°2 Libro A - Norma para estudios y diseños viales (2013), el diseño y la localización de una carretera depende de factores como las características del terreno tanto en su topografía, características físicas y geológicas y el uso del terreno, además del volumen de tránsito y la velocidad de diseño.

En la sección 2A.202.2.2 de esta norma, se presentan los elementos que deben integrar la sección transversal y sus respectivas dimensiones. Se muestra a continuación la sección transversal definida en la NEVI-12-MTOP (2013) para una carretera de mediana capacidad C1 como es la carretera en estudio.

Figura 25. Sección transversal de una carretera de mediana capacidad según la NEVI-12-MTOP



Fuente: MTOP (2013) NEVI-12, Ecuador

Estado Actual

Observando los datos del diseño geométrico actual de la carretera se puede ver que cuenta con ancho de carriles de 3,65 m cumpliendo con lo dispuesto en la norma, sin embargo los espaldones tienen un ancho de 1,22 m y no tiene presencia de bermas, siendo todo esto inferior a lo indicado en la norma que recomienda anchos de espaldones de 2,50m y ancho de berma de 1,0m.

Tabla 21. Características de la sección transversal de los tramos de análisis

Tramo	Abcisas		Long (m)	Tipo de sección	Carril izquierdo (m)	Carril derecho (m)	Espaldón izquierdo (m)	Espaldón derecho (m)
Tramo 1	13+382,47	13+476,15	93,342	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	13+526,15	13+612,14	186,683	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	13+662,14	13+893,80	231,745	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	13+893,80	14+011,29	117,482	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
	14+011,29	14+043,69	32,187	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	14+093,69	14+147,28	173,809	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	14+217,28	14+435,78	218,870	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
Tramo 2	16+017,85	16+098,20	80,467	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	16+138,20	16+298,37	239,792	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	16+338,37	16+384,61	69,671	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	16+424,61	16+540,49	255,885	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	16+640,49	16+700,89	69,155	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	16+700,89	16+774,56	74,030	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
	16+774,56	16+906,29	131,966	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
Tramo 3	16+966,29	17+040,96	194,730	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	22+775,62	22+843,26	67,592	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	22+843,26	22+908,29	65,983	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
	22+908,29	23+081,91	173,809	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	23+081,91	23+141,73	59,546	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
	23+141,73	23+204,32	154,497	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	23+299,32	23+495,07	196,339	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	23+495,07	23+542,26	46,671	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
	23+542,26	23+607,59	65,983	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	23+607,59	23+714,31	106,216	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
Tramo 4	23+714,31	23+779,25	64,374	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	23+779,25	23+894,92	115,872	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
	27+233,49	27+296,17	162,543	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	27+346,17	27+389,00	43,452	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	27+389,00	27+568,03	178,637	Curva	3,65	3,65	1,22	1,22
	27+568,03	27+753,24	185,074	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	27+883,24	27+928,42	175,418	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	27+928,42	27+958,46	30,040	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	27+958,46	28+039,77	181,855	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	28+109,77	28+307,18	197,949	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
Tramo 5	29+156,78	29+241,80	185,074	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	29+281,80	29+494,07	212,433	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	29+564,07	29+635,04	241,401	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	29+735,04	29+779,87	65,062	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	29+819,87	29+976,21	226,917	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22
	30+006,21	30+110,56	104,607	Recta	3,65	3,65	1,22	1,22
	30+120,56	30+238,84	157,715	Espiral	3,65	3,65	1,22	1,22

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja. UTPL, Ecuador

Figura 26. Imagen de la sección transversal de la carretera en estudio



Nota. Fuente: Imagen tomada de Google maps

Tras revisar estos valores, se puede concluir que la sección transversal actual en todos los tramos analizados, presenta deficiencias en cuanto a sus medidas, ya que el ancho de espaldón no es suficiente de acuerdo a lo que indica la norma, para los casos de presencia de vehículos averiados o para prevenir accidentes más graves en casos de vehículos que por mala maniobra se salen ligeramente de la calzada, o incluso para ciclistas que deseen utilizar la vía.

Trazado.

Radios de curvatura y velocidades de diseño

De los datos geométricos de la carretera disponibles y según lo indicado en la norma de diseño del MTOP (2013), se han podido obtener las velocidades específicas aproximadas en las curvas en cada tramo de análisis, teniendo lo siguiente: 60, 80, 90 km/h en el primer tramo; 50, 60, 80, 80 km/h en el segundo tramo; 50, 40, 40, 70, 60, 50 km/h en el tercer tramo, 60, 60, 40, 70 km/h en el cuarto tramo; 40, 60, 50, 40 km/h en el quinto tramo.

Tabla 22. Radios recomendados según la velocidad de diseño.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%		
		Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'
40	0.17	50.4	50	22° 55'
50	0.16	82.0	80	14° 19'
60	0.15	123.2	120	9° 33'
70	0.14	175.4	175	6° 33'
80	0.14	229.1	230	4° 59'
90	0.13	303.7	305	3° 46'
100	0.12	393.7	395	2° 54'
110	0.11	501.5	500	2° 17'
120	0.09	667.0	665	1° 43'

Nota. Fuente: MTOP (2013) NEVI-12, Ecuador

Tabla 23. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 1

Abcisas	Radio (m)	Radio mínimo NEVI-12 (m)	Velocidad de diseño NEVI-12 (km/h)
13+382,47 13+476,15			
13+526,15 13+612,14	160	120	60
13+662,14 13+893,80			
13+893,80 14+011,29	230	230	80
14+011,29 14+043,69			
14+093,69 14+147,28	350	305	90
14+217,28 14+435,78			

Nota. Elaboración propia

Tabla 24. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 2

Abcisas	Radio (m)	Radio mínimo NEVI-12 (m)	Velocidad de diseño NEVI-12 (km/h)
16+017,85 16+098,20			
16+138,20 16+298,37	89	80	50
16+338,37 16+384,61			
16+424,61 16+540,49	150	120	60
16+640,49 16+700,89			
16+700,89 16+774,56	250	230	80
16+774,56 16+906,29			
16+966,29 17+040,96	280	230	80

Nota. Elaboración propia

Tabla 25. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 3

Abscisas		Radio (m)	Radio mínimo NEVI-12 (m)	Velocidad de diseño NEVI-12 (km/h)
22+775,62	22+843,26			
22+843,26	22+908,29	100	80	50
22+908,29	23+081,91			
23+081,91	23+141,73	52	50	40
23+141,73	23+144,61			
23+144,61	23+204,32	50	50	40
23+204,32	23+299,32			
23+299,32	23+495,07			
23+495,07	23+542,26	210	175	70
23+542,26	23+607,59			
23+607,59	23+714,31	160	120	60
23+714,31	23+779,25			
23+779,25	23+894,92	90	80	50

Nota. Elaboración propia

Tabla 26. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 4

Abscisas		Radio (m)	Radio mínimo NEVI-12 (m)	Velocidad de diseño NEVI-12 (km/h)
27+233,49	27+296,17	150	120	60
27+296,17	27+389,00			
27+389,00	27+568,03	125	120	60
27+568,03	27+753,24			
27+753,24	27+883,24	52	50	40
27+883,24	27+928,42			
27+928,42	27+928,46			
27+928,46	28+039,77	175	175	70
28+039,77	28+307,18			

Nota. Elaboración propia

Tabla 27. Radios y velocidades de diseño en curvas del Tramo 5

Abscisas		Radio (m)	Radio mínimo NEVI-12 (m)	Velocidad de diseño NEVI-12 (km/h)
29+156,78	29+241,80	72	50	40
29+241,80	29+494,07			
29+494,07	29+635,04	170	120	60
29+635,04	29+779,87			
29+779,87	29+976,21	100	80	50
29+976,21	30+006,21			
30+006,21	30+110,56			
30+110,56	30+238,84	75	50	40

Nota. Elaboración propia

Así, obtenidas las velocidades aproximadas en las curvas, se ha determinado la **velocidad de proyecto de cada tramo**, siendo esta la velocidad mínima de los elementos que constituyen el tramo.

Tabla 28. Velocidades de proyecto de los tramos de análisis

Tramo	Velocidad de proyecto del tramo (km/h)
13+380 km - 14+435 km	60
16+000 km - 17+000 km	50
22+775 km - 23+900 km	40
27+230 km - 28+300 km	40
29+150 km - 30+230 km	40

Nota. Elaboración propia

En base a estas velocidades de proyecto, se procede a analizar el trazado en planta.

Longitudes mínimas y máximas de los elementos de alineación recta

Para determinar las longitudes mínimas de alineaciones rectas se toma de referencia lo indicado en la Instrucción de Carreteras – Norma 3.1-IC. Trazado y Norma Española, la cual a su vez sirve de referencia para las directrices dadas en la norma ecuatoriana NEVI-12-MTOP.

Las longitudes mínimas y máximas de los elementos de alineación recta están dados en función de la velocidad de proyecto (V_p) y se obtienen mediante las expresiones, según el tipo de trazado:

- Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario)

$$L_{min,s} = 1,39 V_p$$

- Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido)

$$L_{min,o} = 2,78 V_p$$

- Longitud máxima

$$L_{max} = 16,70 V_p$$

Tabla 29. Longitudes mínima y máxima recomendables en alineaciones rectas

**LONGITUDES MÍNIMA Y MÁXIMA RECOMENDABLES
EN ALINEACIONES RECTAS.**

(V_p) (km/h)	L_{min,s} (m)	L_{min,o} (m)	L_{max} (m)
140	195	389	2 338
130	181	361	2 171
120	167	333	2 004
110	153	306	1 837
100	139	278	1 670
90	125	250	1 503
80	111	222	1 336
70	97	194	1 169
60	83	167	1 002
50	69	139	835
40	56	111	668

Nota. Fuente: Ministerio de Fomento (2016) *Instrucción de Carreteras – Norma 3.1-IC. Trazado y Norma Española*, España

De esta forma, se han calculado y comprobado las longitudes de recta mínima y máxima que se deben tener en cada tramo de análisis para seguir las recomendaciones de la norma.

Tabla 30. Longitudes de rectas y radios de las alineaciones en cada tramo de análisis

Tramo	Abscisas		Long (m)	Tipo de sección	Radio (m)
Tramo 1	13+382,47	13+476,15	93,342	Recta	
	13+526,15	13+612,14	186,683	Espiral	160
	13+662,14	13+893,80	231,745	Recta	
	13+893,80	14+011,29	117,482	Curva	230
	14+011,29	14+043,69	32,187	Recta	
	14+093,69	14+147,28	173,809	Espiral	350
	14+217,28	14+435,78	218,870	Recta	
Tramo 2	16+017,85	16+098,20	80,467	Recta	
	16+138,20	16+298,37	239,792	Espiral	89
	16+338,37	16+384,61	69,671	Recta	
	16+424,61	16+540,49	255,885	Espiral	150

Tramo	Abcisas	Long (m)	Tipo de sección	Radio (m)	
	16+640,49	16+700,89	69,155	Recta	
	16+700,89	16+774,56	74,030	Curva	250
	16+774,56	16+906,29	131,966	Recta	
	16+966,29	17+040,96	194,730	Espiral	280
Tramo 3	22+775,62	22+843,26	67,592	Recta	
	22+843,26	22+908,29	65,983	Curva	80
	22+908,29	23+081,91	173,809	Recta	
	23+081,91	23+141,73	59,546	Curva	52
	23+141,73	23+204,32	154,497	Espiral	
	23+299,32	23+495,07	196,339	Recta	50
	23+495,07	23+542,26	46,671	Curva	
	23+542,26	23+607,59	65,983	Recta	210
	23+607,59	23+714,31	106,216	Curva	160
	23+714,31	23+779,25	64,374	Recta	
	23+779,25	23+894,92	115,872	Curva	90
Tramo 4	27+233,49	27+296,17	162,543	Espiral	150
	27+346,17	27+389,00	43,452	Recta	
	27+389,00	27+568,03	178,637	Curva	125
	27+568,03	27+753,24	185,074	Recta	
	27+883,24	27+928,42	175,418	Espiral	52
	27+928,42	27+958,46	30,040	Recta	
	27+958,46	28+039,77	181,855	Espiral	175
	28+109,77	28+307,18	197,949	Recta	
Tramo 5	29+156,78	29+241,80	185,074	Espiral	72
	29+281,80	29+494,07	212,433	Recta	
	29+564,07	29+635,04	241,401	Espiral	170
	29+735,04	29+779,87	65,062	Recta	
	29+819,87	29+976,21	226,917	Espiral	100
	30+006,21	30+110,56	104,607	Recta	
	30+120,56	30+238,84	157,715	Espiral	75

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de: Rojas, P. (2017) Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja. UTPL, Ecuador

Tramo 1

Las alineaciones rectas en este primer tramo son rectas entre dos curvas de radios de curvatura en sentidos contrarios, y la velocidad de proyecto es 60 km/h, por lo cual la longitud de recta mínima debe ser 83 m. La longitud máxima de recta debe ser 1002 m.

De la tabla de datos geométricos, se observa que una recta no cumple con este valor mínimo, ya que se solamente alcanza los 32,19 m.

En cuanto a longitud máxima, todas las rectas cumplen con la normativa.

Tramo 2

Las alineaciones rectas en el segundo tramo son rectas entre dos curvas de radios de curvatura en sentidos contrarios, y la velocidad de proyecto es 50 km/h, por lo cual la longitud de recta mínima debe ser 69 m.

Todas las rectas cumplen con la longitud de recta mínima requerida, además de también cumplir con la longitud máxima.

Tramo 3

En el tercer tramo existen rectas entre dos curvas de radios de curvatura en sentidos contrarios y también rectas entre dos curvas de radios de curvatura en el mismo sentido, la velocidad de proyecto es 40 km/h en este tramo, por lo cual la longitud de recta mínima para curvas “s” debe ser 56 m y para rectas entre curvas “o” debe ser 111 m. La longitud máxima de recta debe ser 835 m.

De la tabla de datos geométricos, se observa que una recta no cumple con las longitudes mínimas, ésta es la recta entre curvas “0” que tienen una longitud de 65,98 m y no alcanza los 111m mínimos que indica la norma.

En cuanto a longitud máxima, todas las rectas cumplen con la normativa.

Tramo 4

En el cuarto tramo existen rectas entre dos curvas de radios de curvatura en sentidos contrarios y también rectas entre dos curvas de radios de curvatura en el mismo sentido, la velocidad de proyecto es 40 km/h en este tramo, por lo cual la longitud de recta mínima para curvas “s” debe ser 56 m y para rectas entre curvas “o” debe ser 111 m. La longitud máxima de recta debe ser 668 m.

De la tabla de datos geométricos, se observa que dos rectas no cumplen con las longitudes mínimas: Las rectas de longitud 43,45 m y 30,04 m

En cuanto a longitud máxima, todas las rectas cumplen con la normativa.

Tramo 5

En el quinto tramo existen rectas entre dos curvas, una de radio de curvatura en sentidos contrarios y una con radio de curvatura en el mismo sentido, la velocidad de proyecto es 40 km/h en este tramo, por lo cual la longitud de recta mínima para curvas “s” debe ser 56 m y para curvas en “o” debe ser 111 m. La longitud máxima de recta debe ser 835 m.

De la tabla de datos geométricos, se observa que todas las rectas cumplen con las longitudes mínimas y máximas.

Tabla 31. Longitud de rectas por tramo que no cumplen con los valores mínimos requeridos

Tramo	PK inicio	PK fin	Longitud de recta actual	Longitud de recta mínima requerida
Tramo 1	14+011,29	14+043,69	32,19	83,00
Tramo 3	23+542,26	23+607,59	65,98	111,00
Tramo 4	27+346,17	27+389,00	43,45	111,00

Nota. Elaboración propia

Pendientes máximas

De acuerdo a la norma NEVI-12-MTOP, se recomienda no emplear pendientes que estén por encima de los límites indicados en la tabla a continuación:

Tabla 32. Pendientes máximas

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Nota. Fuente: MTOP (2013) NEVI-12, Ecuador

Analizando las velocidades mínimas que se tienen en los diferentes tramos respecto a la tabla de pendientes máximas, se puede concluir que las pendientes máximas por tramo son:

Tabla 33. Análisis de cumplimiento de pendientes máximas por tramo

Tramo	Velocidad mínima (km/h)	Pendiente máxima permitida (%)	Pendiente máxima tramo (%)	Cumple
13+380 km - 14+435 km	60	8	2,93	Si
16+000 km - 17+000 km	50	8	5,44	Si
22+775 km - 23+900 km	40	10	7,00	Si
27+230 km - 28+300 km	40	10	7,00	Si
29+150 km - 30+230 km	40	10	7,00	Si

Nota. Elaboración propia

Según los datos geométricos de la carretera, las pendientes máximas en cada tramo son, 2,93%, 5,44%, y 7,00%, por lo cual ninguna supera la pendiente máxima permitida según la norma.

Distancia de visibilidad de adelantamiento

Referente a la distancia de visibilidad de adelantamiento, la normativa NEVI-12-MTOP, hace referencia a lo indicado en la norma AASHTO.

Tabla 34. Distancias mínimas de Diseño para carreteras rurales de dos carriles (m)

Velocidad de Diseño	Velocidades Km/h		Distancia mínima de adelantamiento (m)
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

Nota. Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets

Tomando en cuenta las velocidades de proyecto de cada tramo, se observaría lo siguiente:

Tabla 35. Análisis de cumplimiento de distancias mínimas de adelantamiento por tramo

Tramo	Vp (km/h)	Distancia mínima de adelantamiento (m)	Cumple
13+380 km - 14+435 km	90	605	No
16+000 km - 17+000 km	80	540	No
22+775 km - 23+900 km	70	480	No
27+230 km - 28+300 km	70	480	No
29+150 km - 30+230 km	60	410	No

Nota. Elaboración propia

Ninguna recta de los cinco tramos adelantados cumple con las distancias mínimas para permitir el adelantamiento.

Accesos e intersecciones.

Primero es importante definir que una **intersección** es un punto donde dos o más carreteras se cruzan y están bajo la tutela de autoridades de transporte. Por otro lado, un **acceso** es un camino o zona por el cual un vehículo puede entrar o salir de la vía hacia propiedades privadas, fincas, campo o zonas industriales y usualmente son vías menores o caminos no pavimentados.

En esta carretera de estudio, los accesos son más frecuentes que las intersecciones.

Tramo 1

En el tramo 1 existe un acceso a una propiedad privada en el tramo recto que se encuentra entre dos curvas con radios de curvatura de sentidos contrarios, a aproximadamente 150 metros de distancia después de la primera curva y 40 m antes de la segunda curva en sentido creciente.

Figura 27. Intersecciones existentes en el tramo I



Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 2

En el tramo 2 se observa un acceso a propiedad privada.

Figura 28. Intersecciones existentes en el tramo 2



Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 3

En el tramo 3, se observan dos intersecciones y un acceso.

La primera intersección es con la antigua carretera Catamayo-Loja y está ubicada al inicio de una curva en sentido creciente. Es una intersección en Y sin carril de desaceleración.

La segunda es un camino de acceso a propiedades privadas, ubicado en la mitad de una curva.

La tercera es una intersección con un camino agrícola que está ubicado en la mitad de una recta.

Ninguna intersección presenta algún tipo de canalización.

Figura 29. Intersecciones y accesos existentes en el tramo 3



Intersección 1:



Acceso 2:



Acceso 3:

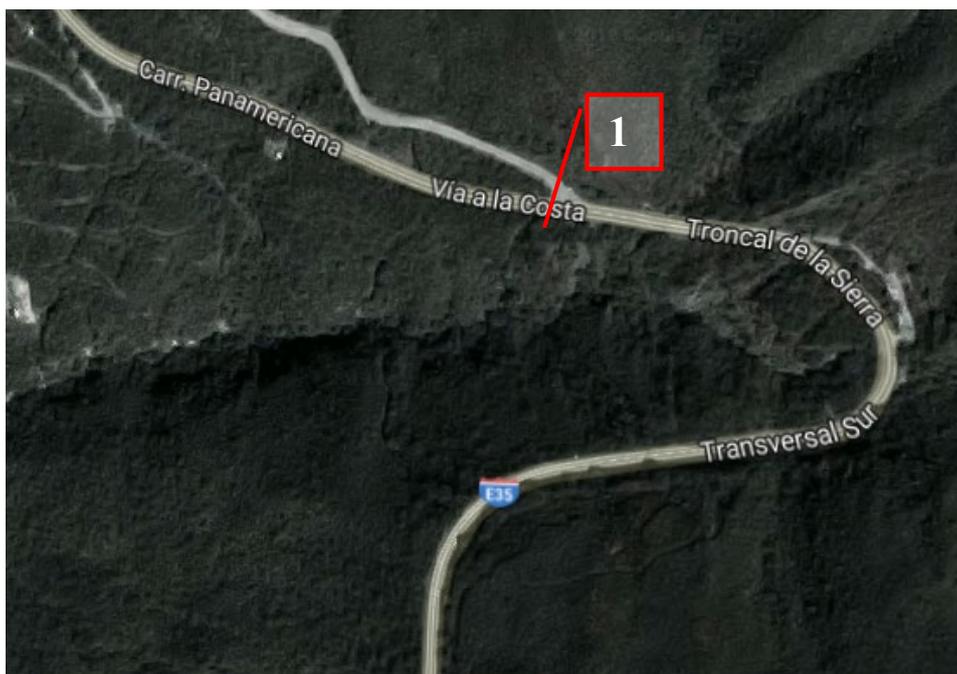


Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 4

En este tramo existe un acceso a una carretera agrícola que conecta con otra sección de la misma carretera principal, específicamente con el punto 3 del tramo 3. Está localizado en una recta, sin embargo existe una curva a pocos metros en sentido creciente, es decir a la derecha de la salida de la intersección para incorporarse a la carretera. No tiene carril de desaceleración ni canalización. En la ruta de esta carretera agrícola no hay ninguna propiedad ni acceso a ningún lugar.

Figura 30. Intersecciones y accesos existentes en el tramo 4





Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 5

En este tramo se identifican cuatro accesos a propiedades privadas, tres de ellos ubicados bastante cercanos entre sí, al inicio y fin de una misma curva.

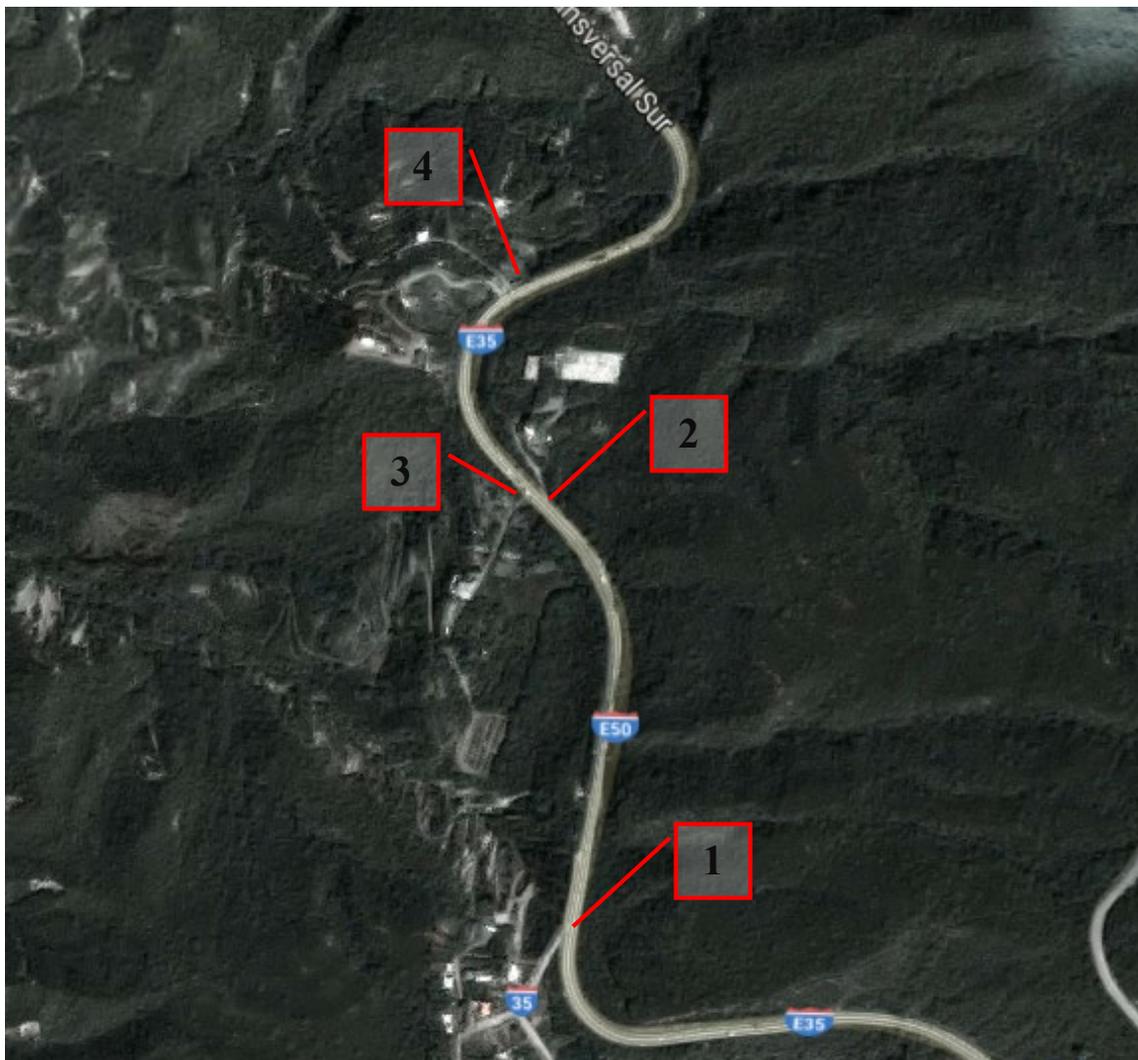
El primer acceso se encuentra ubicado al finalizar una curva en sentido creciente de la carretera. Es un acceso con un ángulo de inclinación de alrededor 30 grados con respecto a la carretera en el lado izquierdo, por lo cual facilita la entrada de los vehículos en sentido Catamayo Loja (sentido decreciente) pero, al no tener ningún tipo de canalización, dificulta en gran medida la entrada de los vehículos que circulan en sentido Loja Catamayo (sentido creciente).

El segundo y tercer acceso se encuentran ubicados uno frente al otro, es decir uno en el lado derecho de la carretera y el otro en el lado izquierdo. El del lado derecho es un acceso con cierta inclinación que, al no tener canalización, dificulta la entrada de vehículos que circulen

en sentido Catamayo - Loja, es decir por el lado izquierdo de la carretera. Por el contrario, el tercer acceso es totalmente perpendicular a la carretera, lo que, a pesar de no tener ninguna canalización, no dificulta en gran medida el ingreso y salida de los vehículos. Pero por otro lado, estos accesos se encuentran a pocos metros de una curva, lo cual si genera problemas de visibilidad para tomar una decisión adecuada para incorporarse a la carretera o al camino de acceso.

El cuarto acceso es también perpendicular a la carretera, sin embargo está ubicado al finalizar una curva en sentido Loja-Catamayo, lo cual provoca una disminución de la visibilidad para los conductores que realicen la salida del acceso y deseen incorporarse a la carretera.

Figura 31. Intersecciones y accesos existentes en el tramo 5





Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Señalización y balizamiento.

Tramo 1

En el primer tramo no se observa señalización vertical referente a la velocidad permitida en las curvas, además las marcas viales en el pavimento están bastante deterioradas, siendo visible la necesidad de volver a marcarlas.

No se observa tampoco ninguna medida de prevención de efectos de fatiga tales como la disposición de bandas sonoras o alguna zona de descanso y de servicios.

Si existe balizamiento en los márgenes de la carretera mediante el uso de: hitos de arista en los bordes de la plataforma, barreras de seguridad en tramos cortos y capta faros empotrados en el pavimento, además de paneles direccionales indicando el trazado de las curvas. Las barreras de seguridad sin embargo, no presentan una terminación adecuada, ya que se tiene colas de pez.

Tramo 2

En el segundo tramo se observa señalización vertical referente a la velocidad permitida en las curvas en sentido Loja-Catamayo, pero en sentido Catamayo-Loja no se observa señalización de velocidad permitida en curvas ni de prohibición de adelantamiento, además las marcas viales en el pavimento están bastante deterioradas, siendo visible la necesidad de volver a marcarlas.

No se observa tampoco ninguna medida de prevención de efectos de fatiga tales como la disposición de bandas sonoras o alguna zona de descanso y de servicios.

Si existe balizamiento en los márgenes de la carretera mediante el uso de: hitos de arista en los bordes de la plataforma, barreras de seguridad en tramos cortos y capta faros empotrados en el pavimento, además de paneles direccionales indicando el trazado de las curvas. Las barreras de seguridad sin embargo, no presentan una terminación adecuada, ya que se tiene colas de pez.

Tramo 3

En el tercer tramo si se observa señalización vertical referente a la velocidad permitida antes de iniciar las respectivas curvas, además de señalización indicando la proximidad a una intersección y carteles de prohibición de adelantamiento y de peligro de deslizamiento de rocas pero no están lo suficientemente visibles.

En cuanto a la señalización horizontal, las marcas viales en el pavimento están bastante deterioradas, siendo visible la necesidad de volver a marcarlas.

No se observa ninguna medida de prevención de efectos de fatiga tales como la disposición de bandas sonoras.

Existe balizamiento en los márgenes de la carretera mediante el uso de: hitos de arista en los bordes de la plataforma, barreras de seguridad en tramos cortos y capta faros empotrados en el pavimento, además de paneles direccionales indicando el trazado de las curvas. Las barreras de seguridad sin embargo, no presentan una terminación adecuada, ya que se tiene colas de pez y en la mayoría del tramo no existen barreras de seguridad.

En los accesos registrados en este tramo no se observan señales que indiquen la existencia de los mismos.

Tramo 4

En el cuarto tramo no se observa señalización vertical referente a la velocidad permitida, especialmente en las curvas. Sin embargo si existe señalización de prohibición de adelantamiento.

En cuanto a la señalización horizontal, las marcas viales en el pavimento están deterioradas por lo cual es recomendable pintarlas nuevamente.

No se observa ninguna medida de prevención de efectos de fatiga tales como la disposición de bandas sonoras.

Existe balizamiento en los márgenes de la carretera mediante el uso de: hitos de arista en los bordes de la plataforma, barreras de seguridad en tramos cortos y capta faros empotrados en el pavimento, además de paneles direccionales indicando el trazado de las curvas. Las barreras de seguridad sin embargo, no presentan una terminación adecuada, ya que se tiene colas de pez y en la mayoría del tramo no existen barreras de seguridad.

En los accesos registrados en este tramo no se observan señales que indiquen la existencia de los mismos.

Tramo 5

En el quinto tramo no se observa señalización vertical referente a la velocidad permitida, especialmente en las curvas. Sin embargo si existe señalización de prohibición de adelantamiento y de peligro de deslizamiento de rocas.

En cuanto a la señalización horizontal, las marcas viales en el pavimento no están totalmente deterioradas pero es recomendable pintarlas nuevamente.

No se observa ninguna medida de prevención de efectos de fatiga tales como la disposición de bandas sonoras ni zonas de descanso y de servicios.

Existe balizamiento en los márgenes de la carretera mediante el uso de: hitos de arista en los bordes de la plataforma, barreras de seguridad en tramos cortos y capta faros empotrados en el pavimento, además de paneles direccionales indicando el trazado de las curvas. Las barreras de seguridad sin embargo, no presentan una terminación adecuada, ya que se tiene colas de pez y en la mayoría del tramo no existen barreras de seguridad.

En los accesos registrados en este tramo no se observan señales que indiquen la existencia de los mismos.

Márgenes.

Tramo 1

Sentido creciente: Loja-Catamayo

- Margen derecho: Secciones con vegetación, árboles y arbustos. Secciones con caras rocosas. Solo barreras de protección en curvas, no en el resto del tramo. La distancia de los obstáculos respecto al arcén está entre 1 y 5 metros. No hay presencia de bermas.
- Margen izquierdo: talud de inclinación $\geq 75^\circ$ sin pendiente para circular, con vegetación y cara rocosa. Hay secciones cortas con rocas. Sin barreras de protección. Obstáculos a menor de 1 metro de distancia del arcén. No hay presencia de bermas.

Tramo 2

Sentido creciente: Loja-Catamayo

- Margen derecho: Al inicio del tramo árboles y arbustos a una distancia entre 1 y 5 metros respecto al arcén. En la primera curva talud con cara semi rocosa a menos de 1 metros de distancia del arcén. No hay barreras de protección en la mayor parte del tramo, solo en la sección que comprende el desarrollo de la segunda curva del tramo en la cual se observa un aproximadamente 26 metros de longitud de barrera de seguridad metálica seguido de una barrera de hormigón de aproximadamente 12 metros de longitud y luego otra barrera de seguridad metálica de también aproximadamente 12 metros de longitud. En adelante

hasta el fin del tramo se observa un talud de tierra con inclinación $\geq 75^\circ$ a 1 metro de distancia del arcén. En el PK 16+700 existe un muro de hormigón de aproximadamente 100 metros. No hay presencia de bermas.

- Margen izquierdo: Al inicio del tramo árboles y arbustos a una distancia entre 1 y 5 metros respecto al arcén. En la primera curva talud de tierra entre 15° y 75° de inclinación. Inmediatamente después de la primera curva en el PK 16+200 se observa caras verticales de rocas irregulares a menos de 1 metro de distancia del arcén. Sin barreras de protección a lo largo del tramo. No hay presencia de bermas. Desde el PK 16+500 hasta el fin del tramo se observa un talud de tierra con inclinación $\geq 75^\circ$ a 1 metro de distancia del arcén.

Tramo 3

Sentido creciente: Loja-Catamayo

- Margen derecho: Al inicio del tramo se observa una superficie plana con vegetación seguida de un precipicio a una distancia de aproximadamente 5 metros. Más adelante se observan paredes de caras rocosas irregulares. En la primera curva se tiene presencia de árboles y vegetación variada, delante de los cuales se observa una barrera de protección metálica. Pasando la curva se mantiene la vegetación y árboles, además de postes de alumbrado eléctrico pero sin barrera de protección. En el PK 23+400 se tiene una explanada de tierra, sin pavimentar, que podría ser utilizada como zona de descanso y que permite tomar la intersección de una forma más cómoda. En adelante se observan taludes de tierra de inclinación $\geq 75^\circ$. No hay presencia de bermas.
- Margen izquierdo: Desde el inicio del tramo hasta más de la mitad del mismo se observan paredes rocosas altas. Al final del tramo existen taludes de tierra de inclinación $\geq 75^\circ$, algunos cubiertos con vegetación o sin ella. No hay presencia de bermas.

Tramo 4

Sentido creciente: Loja-Catamayo

- Margen derecho: Al iniciar el tramo se observan taludes de tierra cubiertos con vegetación. Seguidos por tramos de árboles y luego nuevamente taludes de tierra para al final del tramo encontrar caras verticales rocosas. No hay presencia de bermas.
- Margen izquierdo: En el inicio del tramo hay árboles a una distancia aproximada de 1 metro respecto al arcén. Luego el tramo transcurre entre secciones con taludes de tierra y árboles. No hay presencia de bermas.

Tramo 5

Sentido creciente: Loja-Catamayo

- Margen derecho: Al iniciar el tramo se observan paredes altas rocosas. Posteriormente se observan también taludes de tierra cubiertos con vegetación y pequeños árboles. No hay presencia de bermas.
- Margen izquierdo: En el inicio del tramo, se observa un precipicio a una distancia de aproximadamente 2 metros respecto al arcén, seguido de una barrera de protección en la primera curva en el PK 29+000, la cual está colocada hasta el final de la curva. Seguido de esto se observa una parte del tramo con árboles pequeños, arbustos y postes de hormigón. Al final del tramo se encuentran taludes de tierra cubiertos de vegetación. No hay presencia de bermas.

Estado del pavimento.

En términos generales, el pavimento se encuentra deteriorado en ciertos tramos de las secciones analizadas, existe la presencia de peladuras, agrietamientos longitudinales, agrietamientos en piel de cocodrilo, baches, blandones y pavimento deslizante.

Tramo 1

Figura 32. Estado del pavimento en el tramo 1





Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 2

Figura 33. Estado del pavimento en el tramo 1



Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 3

Figura 34. Estado del pavimento en el tramo 3



Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 4

Figura 35. Estado del pavimento en el tramo 4



Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Tramo 5

Figura 36. Estado del pavimento en el tramo 5



Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Resumen de la problemática por tramo.

Tabla 36. Resumen de la problemática observada por tramo

TRAMO 1	SECCIÓN TRANSVERSAL	Ancho de espaldón insuficiente
	TRAZADO	Rectas no cumplen con longitud mínima. No se cumple con distancias mínimas de adelantamiento.
	ACCESOS E INTERSECCIONES	Acceso a parcela agrícola con poco margen de maniobra para realizar su ingreso. Mala visibilidad al estar ubicado a poca distancia de curvas
	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	Falta señalización vertical de velocidad permitida en curvas. Marcas viales en el pavimento deterioradas. No existen bandas sonoras ni medidas de prevención de efectos de fatiga. Mala terminación de barreras de seguridad existentes (colas de pez). No hay señalización de proximidad o existencia de accesos.
	MARGENES	Poca distancia de los obstáculos respecto al arcén. No existen bermas. Presencia de taludes de tierra de inclinación $\geq 75^\circ$ sin pendiente para circular sin protección Presencia de caras rocosas irregulares sin protección.
	ESTADO DEL PAVIMENTO	Presencia de peladuras, agrietamientos en piel de cocodrilo, blandones.
TRAMO 2	SECCIÓN TRANSVERSAL	Ancho de espaldón insuficiente
	ACCESOS E INTERSECCIONES	Acceso a parcela agrícola con poco margen de maniobra para realizar su ingreso.
	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	Falta señalización vertical de velocidad permitida en curvas en sentido decreciente. Marcas viales en el pavimento deterioradas. No existen bandas sonoras ni medidas de prevención de efectos de fatiga. Mala terminación de barreras de seguridad existentes (colas de pez). No hay señalización de proximidad o existencia de accesos.

	MARGENES	<p>Poca distancia de los obstáculos respecto al arcén.</p> <p>No existen bermas.</p> <p>Presencia de árboles en el margen de la carretera sin protección.</p> <p>Presencia de taludes de tierra de inclinación $\geq 75^\circ$ sin pendiente para circular sin protección.</p> <p>Presencia de caras rocosas irregulares sin protección.</p>
	ESTADO DEL PAVIMENTO	Presencia agrietamientos en piel de cocodrilo.
TRAMO 3	SECCIÓN TRANSVERSAL	Ancho de espaldón insuficiente
	TRAZADO	<p>Rectas no cumplen con longitud mínima</p> <p>No se cumple con distancias mínimas de adelantamiento.</p>
	ACCESOS E INTERSECCIONES	<p>Mala visibilidad de la intersección 1 por ser una intersección en Y, y estar ubicada entre dos curvas.</p> <p>El acceso 1 tiene mala visibilidad al estar ubicada en la cresta de una curva.</p> <p>No hay canalización en las intersecciones ni señalización adecuada.</p>
	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	<p>Marcas viales en el pavimento deterioradas.</p> <p>No existen bandas sonoras ni medidas de prevención de efectos de fatiga.</p> <p>Mala terminación de barreras de seguridad existentes (colas de pez).</p> <p>No hay señalización de proximidad o existencia de accesos.</p> <p>No hay señalización en sentido decreciente de proximidad a intersección.</p>
	MARGENES	<p>Poca distancia de los obstáculos respecto al arcén.</p> <p>No existen bermas.</p> <p>Presencia de árboles y postes en el margen de la carretera sin protección.</p> <p>Presencia de taludes de tierra de inclinación $\geq 75^\circ$ sin pendiente para circular sin protección.</p> <p>Presencia de caras rocosas irregulares sin protección.</p>
	ESTADO DEL PAVIMENTO	Presencia de agrietamientos en piel de cocodrilo, baches y pavimento deslizante.
TRAMO 4	SECCIÓN TRANSVERSAL	Ancho de espaldón insuficiente
	TRAZADO	Rectas no cumplen con longitud mínima

		No se cumple con distancias mínimas de adelantamiento.
	ACCESOS E INTERSECCIONES	Mala visibilidad por estar ubicado en la mitad de dos curvas en S.
	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	Falta señalización vertical de velocidad permitida en curvas. Marcas viales en el pavimento deterioradas. No existen bandas sonoras ni medidas de prevención de efectos de fatiga. Mala terminación de barreras de seguridad existentes (colas de pez). No hay señalización de proximidad o existencia de accesos.
	MARGENES	Poca distancia de los obstáculos respecto al arcén. No existen bermas. Presencia de árboles en el margen de la carretera sin protección. Presencia de taludes de tierra de inclinación $\geq 75^\circ$ sin pendiente para circular sin protección. Presencia de caras rocosas irregulares sin protección.
	ESTADO DEL PAVIMENTO	Presencia de agrietamientos longitudinales y en piel de cocodrilo.
TRAMO 5	SECCIÓN TRANSVERSAL	Ancho de espaldón insuficiente
	ACCESOS E INTERSECCIONES	Acceso 1 con poco margen de maniobra para ingreso de vehículos en sentido creciente. Acceso 2 con poco margen de maniobra para ingreso de vehículos en sentido decreciente. Acceso 2 y 3 con mala visibilidad. Acceso 4 con mala visibilidad.
	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	Falta señalización vertical de velocidad permitida en curvas. Marcas viales en el pavimento en mal estado en cierta sección del tramo. No existen bandas sonoras ni medidas de prevención de efectos de fatiga. Mala terminación de barreras de seguridad existentes (colas de pez). No hay señalización de proximidad o existencia de accesos.
	MARGENES	Poca distancia de los obstáculos respecto al arcén. No existen bermas. Existencia de precipicio al inicio del tramo sin protección.

	Presencia de árboles en el margen de la carretera sin protección. Presencia de taludes de tierra de inclinación $\geq 75^\circ$ sin pendiente para circular sin protección. Presencia de caras rocosas irregulares sin protección.
ESTADO DEL PAVIMENTO	Presencia de agrietamientos n piel de cocodrilo malla fina y roturas longitudinales.

Nota. Elaboración propia

CAPITULO V

Propuestas y Valoración de las Soluciones

Tabla 37. Tabla resumen de propuestas

Propuesta	Problema(s) Identificado(s)	Descripción de Propuesta
A	Diseño de rectas con longitudes inferiores a las mínimas y problemas de visibilidad para adelantamientos.	Modificar el trazado en planta para mejorar la consistencia de trazado y disminuir problemas de visibilidad.
B	Falta de señalización de velocidades permitidas en curvas, de existencia de accesos e intersecciones y de prohibición de adelantamientos. Señalización horizontal deteriorada. Márgenes con presencia de obstáculos permanentes tales como taludes y árboles que agravan los resultados en caso de salidas de vías por choques, distracción o pérdidas de control del vehículo. Barreras de protección con terminación en cola de pez. Tramos con pavimento en mal estado.	Mejorar el sistema de señalización horizontal y vertical. Reducir el riesgo de impacto contra obstáculos en los márgenes o mitigar las consecuencias producidas en caso de salidas de vía, mediante la eliminación o protección de los márgenes e implementación de sistemas de prevención. Mejora del pavimento en las secciones que éste presente algún fallo.
C	Accesos desde caminos rurales sin pavimentar y en ángulos oblicuos. Intersecciones con mala visibilidad.	Mejorar los accesos e intersecciones existentes para que puedan ser utilizados de forma segura.
D	Sección transversal con anchura de espaldones o arcenes insuficiente, y sin existencia de bermas.	Adaptar la sección transversal a las características de la carretera y a la normativa vigente para mejorar la seguridad de circulación en la misma.

Elaboración propia

Propuesta A

La propuesta A consiste en modificar el trazado en planta para mejorar la consistencia de trazado y disminuir problemas de visibilidad, ya que actualmente se observan rectas que no cumplen la longitud mínima.

Para el desarrollo de esta propuesta se ha tomado en cuenta que el entorno de la carretera está limitado por la presencia de montañas, por lo cual un factor importante a considerar es el costo que representaría el corte o desmonte de grandes taludes, un coste tanto económico como ambiental y de recursos, por lo cual las soluciones que se proponen a los problemas de trazado son aquellas que impliquen la menor afectación y que aun así sirvan para mejorar las condiciones actuales de seguridad.

A continuación se detallan las medidas escogidas para los 3 tramos que presentan algún tipo de problema de trazado con su respectiva valoración económica. Por último, al final de este apartado, se mencionan brevemente las medidas que se tuvieron en cuenta pero que se han descartado por lo mencionado anteriormente referente a coste y afectación al medio ambiente.

Tramo 1

En el tramo 1 se ha modificado ligeramente el trazado en planta para cumplir las longitudes de recta mínima entre curvas.

La velocidad de proyecto en este tramo se mantiene en 60 km/h y su trazado en planta queda resumido en la siguiente tabla:

Tabla 38. Modificaciones de trazado en planta para el tramo 1

Tramo	Abscisas		Long (m)	Tipo de sección	Radio (m)
Tramo 1	13+382,47	13+476,15	93,68	Recta	
	13+476,15	13+612,14	135,99	Espiral	160
	13+612,14	13+847,21	235,07	Recta	
	13+847,21	13+975,52	128,31	Curva	230
	13+975,52	14+059,27	83,75	Recta	
	14+059,27	14+187,27	128,00	Espiral	352
	14+187,27	14+435,78	248,51	Recta	

Nota. Elaboración propia

El plano del trazado en planta se puede observar en Anexos en la sección de planos.

Tramo 3

En el tramo 2 se ha modificado el trazado a partir del PK 23+542,26, para lograr que la recta que inicialmente se encontraba entre los PK 23+714,31 y 23+779,25 con 64 m, se pueda aumentar su longitud y cumplir con el mínimo requerido de 111 m.

La velocidad de proyecto en este tramo se mantiene en 40 km/h y su trazado en planta queda resumido en la siguiente tabla:

Tabla 39. Modificaciones de trazado en planta para el tramo 1

Tramo	Abcisas	Long (m)	Tipo de sección	Radio (m)	
Tramo 3	22+775,62	22+843,26	67,592	Recta	
	22+843,26	22+908,29	65,983	Curva	100
	22+908,29	23+081,91	173,809	Recta	
	23+081,91	23+141,73	59,546	Curva	52
	23+141,73	23+204,32	154,497	Espiral	50
	23+204,32	23+495,07	196,339	Recta	
	23+495,07	23+542,26	46,671	Curva	210
	23+542,26	23+678,27	136,01	Recta	
	23+678,27	23+828,31	150,04	Curva	155
	23+828,31	23+939,85	111,54	Recta	
	23+939,85	24+012,93	73,08	Curva	59

Nota. Elaboración propia

El plano del trazado en planta se puede observar en Anexos en la sección de planos.

Tramo 4

En el tramo 3 se ha modificado el trazado de tal forma que cumpla con los valores mínimos requeridos de longitud de rectas de acuerdo a la velocidad de proyecto del tramo.

La velocidad de proyecto en este tramo asciende a 60 km/h debido a la ampliación del radio de la curva menor del tramo; así su trazado en planta queda resumido en la siguiente tabla:

Tabla 40. Modificaciones de trazado en planta para el tramo 1

Tramo	Abcisas	Long (m)	Tipo de sección	Radio (m)	
Tramo 3	27+233,49	27+362,49	129,00	Espiral	134
	27+362,49	27+473,96	111,47	Recta	
	27+473,96	27+583,02	109,06	Curva	109
	27+583,02	27+786,16	203,14	Recta	
	27+786,16	28+033,58	247,42	Curva	91
	28+033,58	28+253,10	219,52	Recta	

Nota. Elaboración propia

El plano del trazado en planta se puede observar en Anexos en la sección de planos.

Valoración económica

Tabla 41. Valoración económica de la propuesta A

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
TRAMO 1					
Demoliciones y desbroce					
0001	Desbroce y limpieza del terreno	m2	5885,70	0,64	3766,85
Movimientos de tierras					
0003	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	1877,54	8,00	15027,82
Firme					
0004	Relleno con zahorra y compactación	m3	1271,31	21,83	27750,18
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	497,49	46,80	23282,48
0006	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	8475,41	0,25	2135,80
0007	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	662,64	49,20	32601,96
0008	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	4296,56	0,25	1082,73
0009	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	8769,69	0,25	2209,96
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3180,00	0,62	1984,32
SUBTOTAL					\$ 109.842,10
TRAMO 3					
Demoliciones y desbroce					
0001	Desbroce y limpieza del terreno	m2	3346,60	0,64	2141,82
0002	Desmante de talud incluido transporte	m3	2145,00	24,30	52123,50
Movimientos de tierras					
0003	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	1067,57	8,00	8544,79
Firme					
0004	Relleno con zahorra y compactación	m3	722,87	21,828	15778,71
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	282,87	46,8	13238,38
0006	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	4819,10	0,252	1214,41
0007	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	376,78	49,2	18537,43
0008	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	2443,02	0,252	615,64
0009	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	4986,43	0,252	1256,58
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3000,00	0,624	1872,00
SUBTOTAL					\$ 115.323,27
TRAMO 4					
Demoliciones y desbroce					
0001	Desbroce y limpieza del terreno	m2	8906,10	0,64	5699,90
0002	Desmante de talud incluido transporte	m3	4962,00	24,30	120576,60
Movimientos de tierras					
0003	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	2841,05	8,00	22739,73
Firme					
0004	Relleno con zahorra y compactación	m3	1923,72	21,83	41990,91
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	752,79	46,80	35230,48
0006	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	12824,78	0,25	3231,85
0007	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	1002,69	49,20	49332,51
0008	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	6501,45	0,25	1638,37
0009	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	13270,09	0,25	3344,06
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3390,00	0,62	2115,36
SUBTOTAL					\$ 285.899,77
TOTAL					\$ 511.065,14
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					

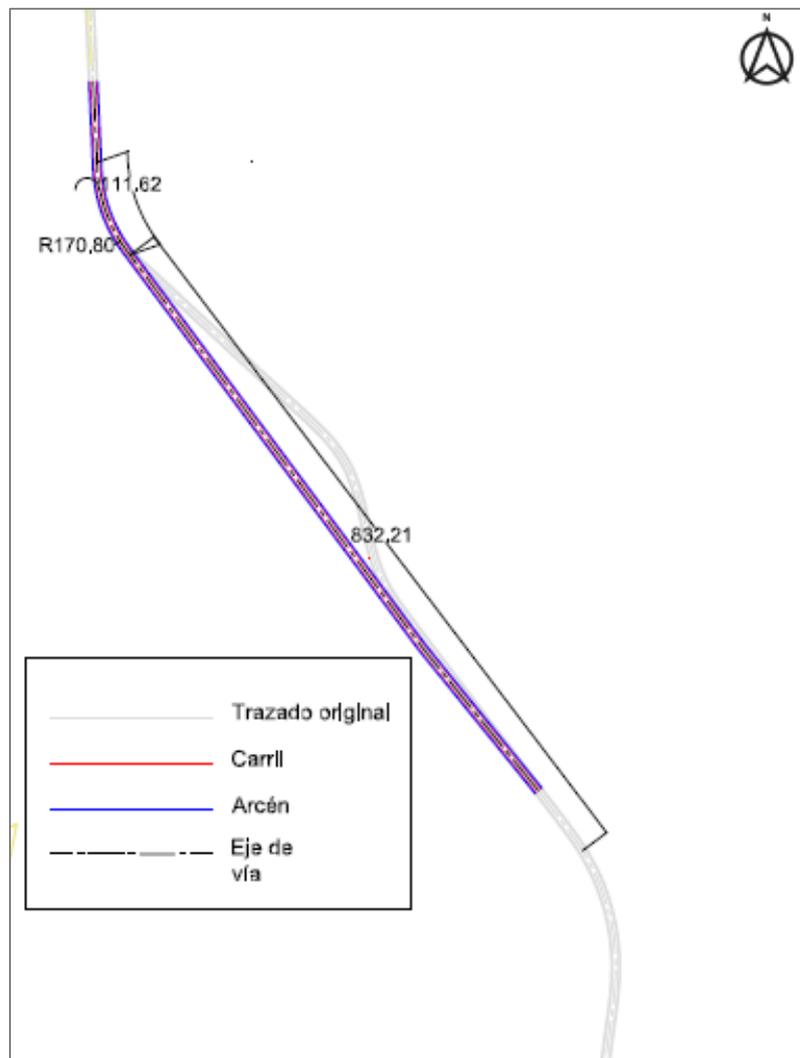
Nota. Elaboración propia

Soluciones descartadas

Además de las soluciones escogidas y detalladas anteriormente, se habían considerado otras alternativas de solución que finalmente se descartaron por representar una afectación mayor en cuanto a medidas ambientales, paisajísticas y de coste económico.

Para el tramo 1, se consideró eliminar la curva anterior a la recta que no cumplía con la longitud mínima requerida, logrando así una recta de mayor longitud 830 m, sin embargo ésta opción representa un coste más elevado al tener que construirse la plataforma sobre un abismo. Se descartó además por existir una opción de menor coste que igualmente resuelve la deficiencia de trazado.

Figura 37. Alternativa descartada para la propuesta A-Tramo 1



Nota. Elaboración propia

Para el tramo 4 se consideró eliminar la curva cerrada que se muestra en la imagen a continuación y sustituirla por un paso directo. Esta opción representa un coste mayor al incluir el corte de un parte de la montaña y con ello mayor afectación ambiental, por lo cual también ha sido descartada.

Figura 38. Alternativa descartada para la propuesta A-Tramo 4



Nota. Elaboración propia

Propuesta B

Esta propuesta consiste en realizar diversas actuaciones de mejoras bajo los siguientes aspectos:

- a) Mejoramiento de la señalización vertical y la señalización horizontal.
- b) Eliminación de obstáculos en los márgenes para ganar visibilidad y/o reducir el riesgo de impacto contra los mismos. Protección de márgenes e implementación de sistemas de prevención por salidas de vía.
- c) Rehabilitación del pavimento en las secciones que éste presente algún tipo de fallo.

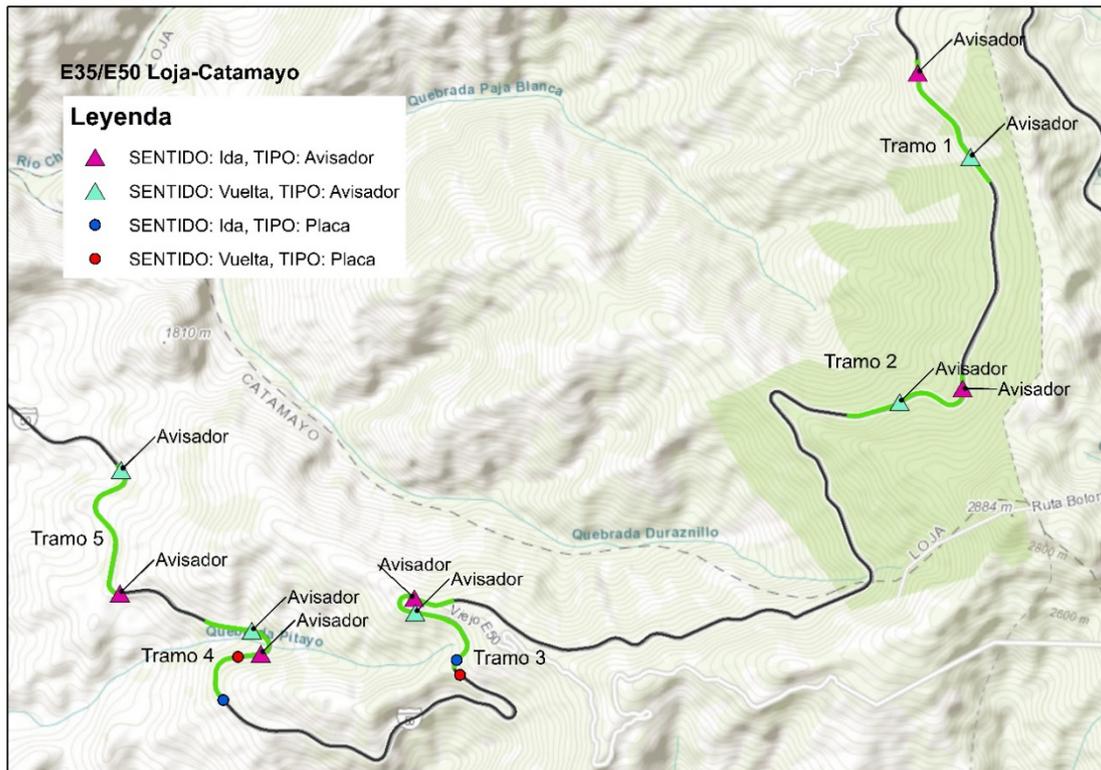
Las mejoras propuestas se aplicarán en todos los tramos de análisis.

a) Señalización vertical y horizontal.

Este apartado comprende las siguientes actividades:

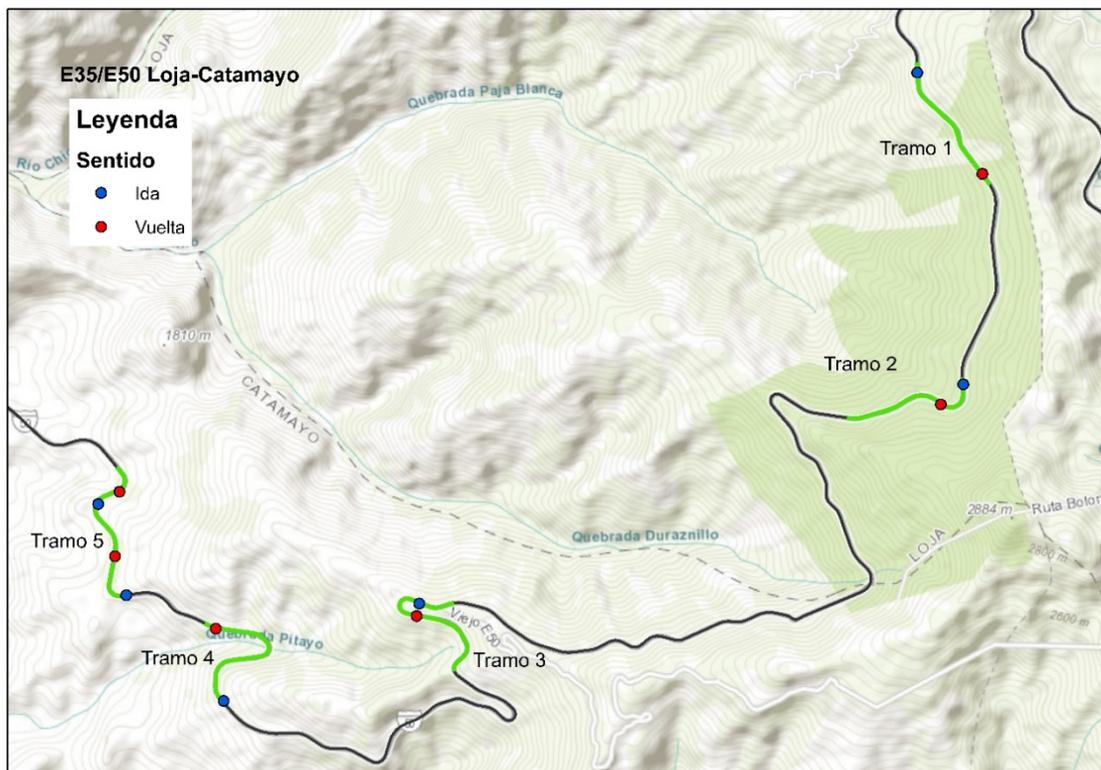
- Repintar en todos los tramos de análisis, las marcas horizontales en el pavimento.
- Colocar señalización fija de velocidad permitida y de curva peligrosa al inicio de curvas consideradas peligrosas en los dos sentidos en cada tramo de análisis.
- Colocación de guías sonoras centrales y laterales en todos los tramos de análisis con el objetivo de prevenir invasiones de carril de sentido contrario y salidas de vía. De acuerdo a experiencias anteriores, se pretende reducir las salidas de vías en alrededor de 60% y los choques frontales aproximadamente un 30%.
- Colocación de avisadores de velocidad en la curva más peligrosa de cada tramo de análisis. Con esta medida se pretende mejorar la seguridad en los puntos más críticos del trazado y prevenir accidentes ocasionados por exceso de velocidad. Los avisadores de velocidad se componen de paneles de señalización dinámica preventiva de exceso de velocidad con una parte fija que indica el límite de velocidad legal y una parte variable de LED en la cual indica la velocidad real de circulación del vehículo, y focos LED que se encienden cuando se excede el límite de velocidad permitido.

Figura 39. Localización de la señalización vertical de velocidad propuesta



Nota. Elaboración propia

Figura 40. Localización de señalización vertical "Curva Peligrosa" propuesta



Nota. Elaboración propia

b) Obstáculos en márgenes

Para la mejora de este aspecto, se incluyen las siguientes intervenciones:

- Corregir la terminación de todas las barreras de seguridad existentes para eliminar los terminales en cola de pez.
- Colocar barreras de seguridad con sistema de protección para motoristas en los tramos donde existan árboles en los márgenes de la carretera.
- Eliminación de obstáculos en los márgenes tales como árboles y vegetación, y de ser posibles realizar cortes de taludes existentes en curvas, para aumentar la visibilidad.

Tabla 42. Tabla resumen de actuaciones de la Propuesta B

Número de tramo	PK	Actuación
Tramo 1	13+400 – 13+700	Colocación de barrera de seguridad metálica en margen derecho
Tramo 1	14+000 - 14+100	Eliminación de árboles en margen derecho para ganar visibilidad
Tramo 1	13+900 – 14+400	Colocación de barrera de seguridad metálica en margen derecho
Tramo 2	16+100 – 16+200	Eliminación de árboles y desmonte de talud en margen derecho para ganar visibilidad
Tramo 2	16+400 – 16+500	Cambio de barreras de seguridad para corrección de terminación en cola de pez de barrera de seguridad y discontinuidad entre barreras rígidas y flexibles
Tramo 3	23+100 – 23+200	Eliminación de árboles
Tramo 3	23+100 – 23+250	Cambio de barrera para corrección de terminación en cola de pez de barrera de seguridad y por deformación de la existente.
Tramo 3	23+600 – 12+700	Eliminación de vegetación y árboles en margen derecho para ganar visibilidad

Número de tramo	PK	Actuación
Tramo 4	27+200 – 27+500	Eliminación de árboles y colocación de barrera de seguridad metálica por protección debido a la existencia de precipicio en margen izquierdo
Tramo 4	27+800 – 27+900	Eliminación de árboles en margen izquierdo para ganar visibilidad
Tramo 5	29+080 – 29+100	Prolongación anterior de la barrera de seguridad metálica existente en margen izquierdo para corregir terminación de cola de pez y para proteger 20 metros antes de su actual inicio por presencia de precipicio y postes rígidos.
Tramo 5	29+400 – 29+500	Eliminación de árboles en margen izquierdo para ganar visibilidad
Tramo 5	30+000 – 30+050	Eliminación de árboles en margen izquierdo para ganar visibilidad

Nota. Elaboración propia

Figura 41. Ejemplo de obstáculos a eliminar para ganar visibilidad.





Nota. Imágenes tomadas de Google maps

Figura 42. Ejemplo de correcciones a realizar respecto a barreras de seguridad.





Nota. Imágenes tomadas de Google maps

c) Rehabilitación del pavimento existente

Rehabilitación del pavimento en las secciones en las cuales existe desgaste o fallo del mismo.

La rehabilitación dependerá del tipo de deterioro que el firme presente. En todos los casos se utilizará la misma sección de firme existente en el resto del tramo. Para el diseño de firmes se ha utilizado el respectivo apartado de la norma española 6.1 IC: Secciones de firme.

Para efectos de la valoración económica y al no tener información de tipo de firme existente en la realidad, se asumirá que la explanada existente es tipo E3 compuesta de 30 cm de suelo estabilizado in situ, y que el paquete de firme se compone de 20 cm de zahorras artificiales y 10 cm de mezcla bituminosa.

Figura 43. Paquete de firme seleccionado



Fuente: Norma 6.1 IC: Secciones de Firmes

En cuanto a la mezcla bituminosa se establece una mezcla AC16 de 5 cm en rodadura y una mezcla A22 de 5 cm en capa intermedia.

Para reparaciones en el caso de peladuras y descarnaduras se procederá a realizar un corte vertical, fresado de la capa afectada, limpieza con aire a presión, se coloca un riego adherente en paredes y en fondo, para luego extender una capa de rodadura y sellar con emulsión.

Para el caso de agrietamientos, se realiza un corte vertical y dependiendo si el problema se debe a presencia de agua, se reconstruye el sistema de drenaje, o si el problema se debe a capacidad de soporte, se debe excavar y colocar un geotextil para luego rellenar nuevamente con material adecuado. Se reconstruye el firme compactando de forma adecuada.

En caso de tener pavimento deslizante se realizará un fresado y reposición del pavimento.

Si el deterioro se trata de baches, se procederá a realizar un corte vertical, luego limpieza de fondo y paredes, se coloca un riego de imprimación o adherencia según corresponda, se rellena con materiales similares a los existentes, se coloca la mezcla bituminosa y se sella alrededor de la zona reparada.

Problemas identificados

Tabla 43. Tabla resumen de actuaciones de la Propuesta B

Número de tramo	Tipo de falla	Cantidad	PK de referencia
Tramo 1	Peladuras	50 m	13+300; 13+500
	Blandón	6 m	13+600
	Agrietamientos en piel de cocodrilo	17 m	13+500; 13+700
Tramo 2	Agrietamientos en piel de cocodrilo	55 m	16+600
Tramo 3	Agrietamientos en piel de cocodrilo	20 m	23+050
	Pavimento deslizante	200 m	23+500
	Baches	2	23+850
Tramo 4	Agrietamiento en piel de cocodrilo malla ancha	23 m	27+200
	Agrietamiento longitudinal	15 m	27+250; 27+700
Tramo 5	Agrietamiento en piel de cocodrilo malla fina	26 m	29+750
	Roturas longitudinales	11 m	30+000

Nota. Elaboración propia

Figura 44. Ejemplo de correcciones a realizar respecto al estado del pavimento.



Nota. Imágenes tomadas de Google Maps

Valoración económica

Tabla 44. Valoración económica de la propuesta B

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
TRAMO 1					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Marcas de pavimento (Pintura reflexiva)	m	4240,00	0,83	3519,20
0003	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Curva Peligrosa". Vinyl retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
0004	Guías sonoras longitudinales en el pavimento, centrales y laterales (suministro y colocación)	u	9087,00	4,34	39437,58
0005	Avisadores de velocidad	u	2,00	4000,00	8000,00
Obstáculos en márgenes					
0006	Mantenimiento y reposición de barreras de seguridad	m	800,00	0,92	736,00
0007	Desbroce y limpieza de terreno incluye extracción de árboles y matorrales	m2	300,00	0,96	288,00
Rehabilitación de pavimento					
0009	Fresado en pavimento asfáltico	m3	56,25	11,28	634,50
0010	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	61,70	46,80	2887,71
0011	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	1051,20	0,25	264,90
0012	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	82,19	49,20	4043,60
0013	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	532,90	0,25	134,29
0015	Geotextil	m2	119,00	1,80	214,20
0016	Ensanche y sellado de fisuras	m	61,00	6,44	392,84
SUBTOTAL					\$ 60.784,33
TRAMO 2					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Marcas de pavimento (Pintura reflexiva)	m	4000,00	0,83	3320,00
0003	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Curva Peligrosa". Vinyl retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
0005	Guías sonoras longitudinales en el pavimento, centrales y laterales (suministro y colocación)	u	8571,00	4,34	37198,14
0006	Avisadores de velocidad	u	2,00	4000,00	8000,00
Obstáculos en márgenes					
0005	Mantenimiento y reposición de barreras de seguridad	m	100,00	0,92	92,00
0006	Desbroce y limpieza de terreno incluye extracción de árboles y matorrales	m2	300,00	0,96	288,00
0007	Desmante de talud incluido transporte	m3	600,00	24,30	14580,00
Rehabilitación de pavimento					
0009	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	m3	46,49	11,28	524,39
0010	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	ton	792,00	46,80	37065,60
0011	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	m2	61,92	0,25	15,60
0012	Riego de adherencia sobre capa intermedia	ton	401,50	49,20	19753,80
0013	Geotextil	m2	385,00	0,25	97,02
0014	Ensanche y sellado de fisuras	m2	125,00	1,80	225,00
SUBTOTAL					\$ 121.391,06

TRAMO 3					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Marcas de pavimento (Pintura reflexiva)	m	4520,00	0,83	3751,60
0002	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Velocidad Máxima". Vinyl retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
0003	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Curva Peligrosa". Vinyl retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
0005	Guías sonoras longitudinales en el pavimento, centrales y laterales (suministro y colocación)	u	9687,00	4,34	42041,58
0006	Avisadores de velocidad	u	2,00	4000,00	8000,00
Obstáculos en márgenes					
0005	Mantenimiento y reposición de barreras de seguridad	m	150,00	0,92	138,00
0007	Desbroce y limpieza de terreno incluye extracción de árboles y matorrales	m2	600,00	0,96	576,00
Rehabilitación de pavimento					
0009	Fresado en pavimento asfáltico	m3	225,00	11,28	2538,00
0010	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	185,96	46,80	8702,69
0011	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	3168,00	0,25	798,34
0012	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	247,69	49,20	12186,20
0013	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	1606,00	0,25	404,71
0014	Geotextil	m2	140,00	1,80	252,00
0016	Bacheo asfáltico menor	m3	2,00	133,99	267,98
SUBTOTAL					\$ 77.582,10
TRAMO 4					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Marcas de pavimento (Pintura reflexiva)	m	4280,00	0,83	3552,40
0002	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Velocidad Máxima". Vinyl retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
0003	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Curva Peligrosa". Vinyl retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
0005	Guías sonoras longitudinales en el pavimento, centrales y laterales (suministro y colocación)	u	9171,00	4,34	39802,14
0006	Avisadores de velocidad	u	2,00	4000,00	8000,00
Obstáculos en márgenes					
0005	Mantenimiento y reposición de barreras de seguridad	m	300,00	0,92	276,00
0007	Desbroce y limpieza de terreno incluye extracción de árboles y matorrales	m2	1200,00	0,96	1152,00
Rehabilitación de pavimento					
0009	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	32,12	46,80	1503,19
0010	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	547,20	0,25	137,89
0011	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	42,78	49,20	2104,89
0012	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	277,40	0,25	69,90
0013	Geotextil	m2	266,00	1,80	478,80
0014	Ensanche y sellado de fisuras	m	91,00	6,44	586,04
SUBTOTAL					\$ 58.126,26

TRAMO 5					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Marcas de pavimento (Pintura reflexiva)	m	4320,00	0,83	3585,60
0003	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Curva Peligrosa". Vinyl retroreflectivo	u	4,00	115,75	463,00
0005	Guías sonoras longitudinales en el pavimento, centrales y laterales (suministro y colocación)	u	9258,00	4,34	40179,72
0006	Avisadores de velocidad	u	2,00	4000,00	8000,00
Obstáculos en márgenes					
0005	Mantenimiento y reposición de barreras de seguridad	m	20,00	0,92	18,40
0006	Desbroce y limpieza de terreno incluye extracción de árboles y matorrales	m2	450,00	0,96	432,00
Rehabilitación de pavimento					
0010	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	31,27	46,80	1463,63
0011	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	532,80	0,25	134,27
0012	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	41,66	49,20	2049,50
0013	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	270,10	0,25	68,07
0014	Geotextil	m2	259,00	1,80	466,20
0015	Ensanche y sellado de fisuras	m	89,00	6,44	573,16
SUBTOTAL					\$ 57.433,54
TOTAL					\$ 375.317,29
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					

Nota. Elaboración propia

Propuesta C

Para el desarrollo de esta propuesta se han identificado de los accesos existentes en los tramos de análisis, aquellos que se pueden considerar de riesgo para la seguridad vial y se han propuesto soluciones que en términos generales, se pueden resumir en:

- a) Suprimir los accesos que sean posibles de eliminar
- b) Mejorar los accesos considerados que provoquen mayores conflictos mediante la eliminación de obstáculos y aumento de visibilidad, facilitando la incorporación al mismo y reordenando los accesos existentes.

Problemas identificados

Tabla 45. Tabla resumen de actuaciones de la Propuesta C

Tramo	Evaluación	Nivel de Riesgo	Actuación
Tramo 1	El único acceso identificado en este tramo, se encuentra en la parte media de una recta entre dos curvas.	Bajo	Colocar señalización de aviso de presencia de acceso en los dos sentidos de la carretera.
Tramo 2	El acceso identificado en este tramo, se encuentra en la parte media de una recta	Bajo	Colocar señalización de aviso de presencia de acceso en los dos sentidos de la carretera
Tramo 3	La intersección 1 con la antigua carretera Loja-Catamayo no cuenta con buena visibilidad por la presencia de una curva muy cerca al punto de intersección y obstáculos propios del terreno montañoso, además que el ángulo de intersección es menor de 45 grados	Medio	Mejora de la intersección mediante implementación de carriles de aceleración y deceleración. Colocar señalización de presencia de la intersección. Canalización de la intersección.

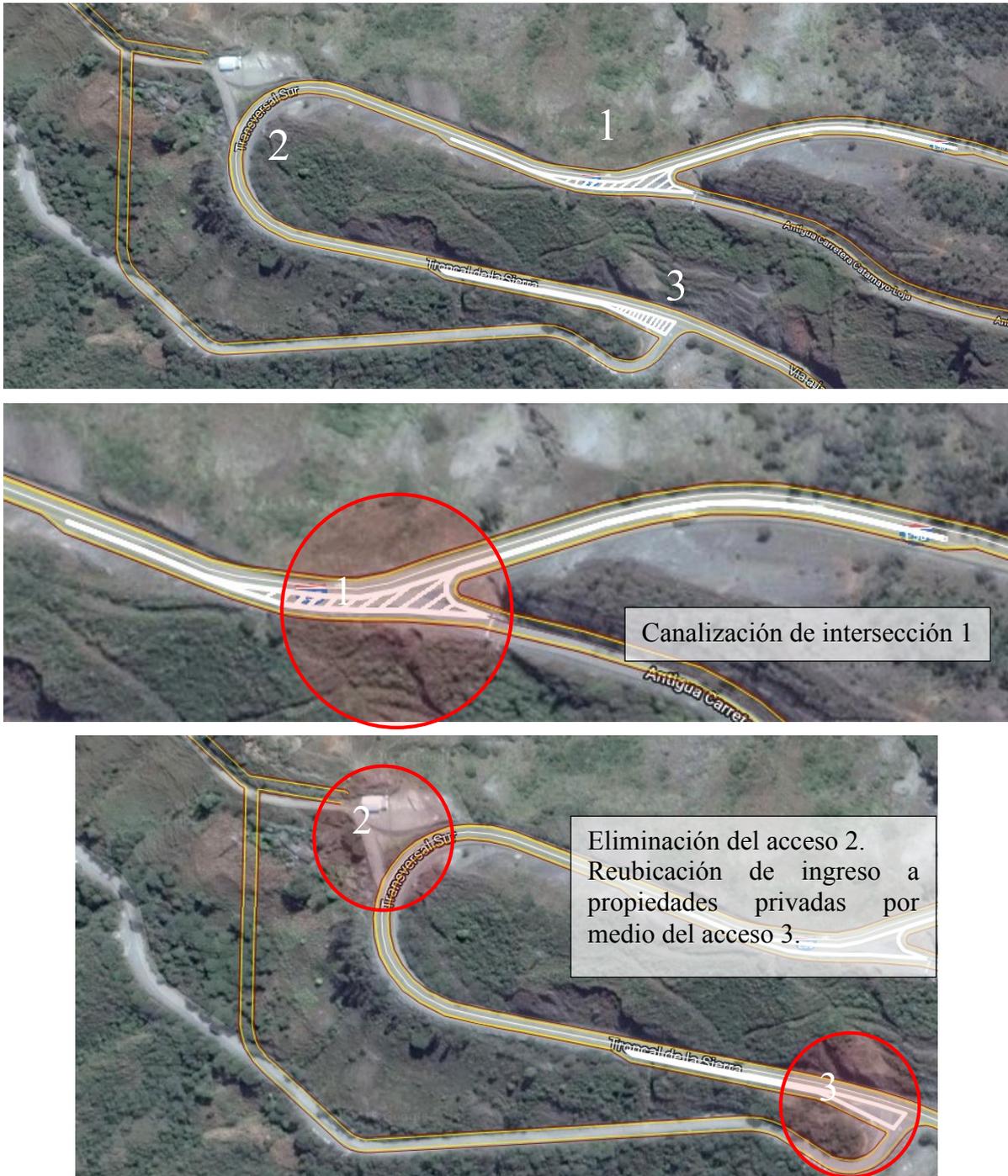
	respecto a la carretera principal.	
Tramo 3	El segundo punto de conflicto es un acceso a un camino que conduce a varias propiedades privadas, el cual está ubicado en la mitad de una curva cerrada, teniendo muy poca visibilidad para quienes entran y salen del acceso y quienes circulan por la carretera principal.	Alto Eliminar el acceso 2 y reubicarlo, permitiendo que se acceda a este camino por medio del acceso 3 existente en el tramo recto siguiente de la carretera. Colocar barrera de seguridad.
Tramo 3	El tercer punto es un acceso con un camino agrícola ubicado en la mitad de un tramo recto de la carretera, se observa que cuenta con espacio en el margen para que los vehículos puedan acceder sin representar un alto riesgo.	Bajo Canalizar el acceso 3.
Tramo 4	Mala visibilidad, al estar cerca de una curva y con obstáculos de gran tamaño a la salida del acceso. El camino conecta con la intersección 3 del tramo 3. No conecta con propiedades ni otro camino, por lo cual se considera que puede eliminarse.	Eliminar acceso colocando barreras de hormigón en sus dos extremos. El ingreso por el acceso 3 del tramo 3 se mantiene para poder utilizarlo como acceso a las propiedades cercanas al mismo.
Tramo 5	Los 4 accesos están ubicados en secciones de la carretera que no permiten una buena visibilidad al estar ubicados	Media Los accesos 1, 3 y 4 se canalizarán por medio de una vía de servicio.

con ángulos reducidos y muy cercanos a curvas.

El acceso 2 se rediseñará para que sea perpendicular a la carretera principal.

Nota. Elaboración propia

Figura 45. Propuesta de modificación de accesos e intersecciones en Tramo 3



Nota. Elaboración propia

Figura 46. Propuesta de modificación del acceso en Tramo 4



Nota. Elaboración propia

Figura 47. Propuesta de modificación de accesos e intersecciones en Tramo 5





Canalización de acceso 1 por medio de nueva vía de servicio junto a la carretera actual.



Canalización de accesos 3 y 4 por medio de nueva vía de servicio junto a la carretera actual.



Rediseño de acceso 2 para lograr perpendicularidad con carretera principal.

Nota. Elaboración propia

Valoración económica

Tabla 46. Valoración económica de la propuesta C

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
TRAMO 1					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Acceso o intersección próxima". Vynil Retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
SUBTOTAL					\$ 231,50
TRAMO 2					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Acceso o intersección próxima". Vynil Retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
SUBTOTAL					\$ 231,50
TRAMO 3					
Movimientos de tierras					
0001	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	4508,97	8,00	36089,83
Firme					
0002	Relleno con zahorra y compactación	m3	3005,98	21,83	65614,60
0003	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	1728,44	46,80	80891,00
0004	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	15029,92	0,25	3787,54
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	1281,68	49,20	63058,77
0006	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	11145,06	0,25	2808,56
0007	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	15029,92	0,25	3787,54
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3204,06	0,62	1999,33
0009	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria "Acceso o intersección próxima". Vynil Retroreflectivo	u	2,00	115,75	231,50
0010	Barrera de seguridad metálica	m	100,00	0,92	92,00
0011	Pintura vial reflexiva blanca	m2	1263,73	5,27	6659,84
SUBTOTAL					\$ 265.020,51
TRAMO 4					
Señalización vertical y horizontal					
0001	Barrera de seguridad rígida tipo New Jersey prefabricada de hormigón, de 2,00x0,80x0,60 m	u	4,00	56,01	224,04
SUBTOTAL					\$ -
TRAMO 5					
Movimientos de tierras					
0001	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	1551,24	8,00	12416,10
Firme					
0002	Relleno con zahorra y compactación	m3	1034,16	21,83	22573,60
0003	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	594,64	46,80	27829,19
0004	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	5170,79	0,25	1303,04
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	594,64	49,20	29256,33
0006	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	5170,79	0,25	1303,04
0007	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	5170,79	0,25	1303,04
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	2110,31	0,62	1316,83
0009	Láminas de Señalización Vertical Reglamentaria	u	6,00	115,75	694,50
0010	Pintura vial reflexiva blanca	m2	13,78	5,27	72,62
SUBTOTAL					\$ 98.068,29
TOTAL					\$ 363.551,80
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					

Nota. Elaboración propia

Propuesta D

Esta propuesta tiene como objetivo mejorar la sección transversal de la carretera, adaptándola a lo recomendado en la normativa de diseño vigente en Ecuador.

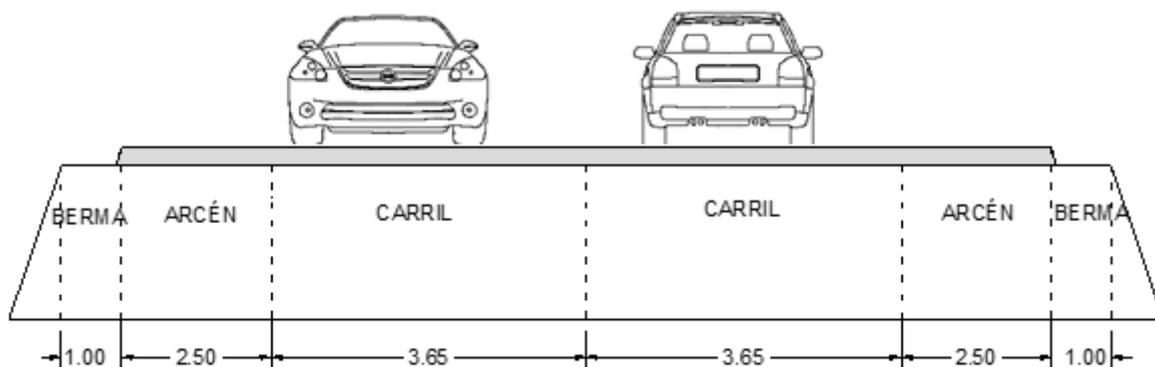
La actual sección transversal de la carretera tiene un ancho de arcén de 1,22 m y carece de berma.

La alternativa de mejora propuesta consiste en modificar la sección transversal de todos los tramos críticos de la carretera, de acuerdo a lo indicado en la normativa, la cual indica que para este tipo de carretera (de mediana capacidad C1), la sección transversal debe estar compuesta de un ancho de calzada de 7.30 m (carriles de 3.65 m), arcén de 2.5 m y berma de 1.0 m.

En este caso, el ancho de carril no variaría ya que actualmente cumple con lo recomendado en la normativa. Los arcenes si serian modificados, aumentando de un ancho de 1.22 m actual a 2.5 m y las bermas que actualmente no existen, sería incorporadas en la sección transversal con un ancho de 1.0 m según lo recomendado en la norma.

Así, la nueva sección transversal sería la mostrada en la siguiente figura.

Figura 48. Nueva sección transversal. Propuesta D



Nota. Elaboración propia

Se propone realizar la modificación de la sección transversal de todos los tramos críticos o tramos de análisis de la carretera.

Categoría de Explanada y Diseño de Firme

Para la ampliación de la plataforma de la carretera se debería tomar en cuenta la clasificación del suelo y materiales que forman actualmente la carretera y así poder escoger los nuevos materiales y mezcla adecuada. Sin embargo, debido a no conocer esta información, para el cálculo se asumirá un suelo existente de tipo 1 y se escogerá la explanada y firme en función de este suelo y del tipo de tráfico.

Por tanto, se considera un tipo de suelo adecuado y se desea conseguir una explanada E3, por lo cual la explanada deberá estar compuesta por 30 cm de suelo estabilizado in situ S-EST3. El diseño de firme se realiza en base a la norma española 6.1– IC: Secciones de Firmes.

Figura 49. Tipo de explanada propuesta



Suelo adecuado (1)

Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la carretera presenta un 1% de vehículos pesados respecto al tráfico total de la vía y que el TPDA min es 3714 vehículos al día y el TPDA máximo es 3985 vehículos al día, por lo cual el número de vehículos pesados por día oscila entre 37 y 40.

Siendo así, la categoría de tráfico pesado de la carretera es una T41 cuyos límites de número de vehículos pesados al día se encuentra entre 25 y 50.

Tabla 47. Categorías de Tráfico Pesado T3 y T4

Categoría de Tráfico Pesado	T31	T32	T41	T42
IMDp	< 200	< 100	< 50	< 25
(vehículos pesados/día)	≥ 100	≥ 50	≥ 25	

Nota. Fuente: Ministerio de Fomento (2003) Norma 6.1 IC: Secciones de Firmes, España

Considerando el tipo de explanada E3 y la categoría de tráfico T41, se puede determinar la sección de firme requerido, de acuerdo al catálogo de secciones de firme expuesto en el anejo de la Norma 6.1 IC: Secciones de firmes. (Ministerio de Fomento, Norma 6.1 IC: Secciones de firmes, 2003)

Figura 50. Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado T3 y T4 en función de la categoría de la explanada

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO											
		T31			T32			T41			T42		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	3111 MB 20 ZA 40	3112 MB 15 SC 30	3114 HF 21 ZA 30	3211 MB 18 ZA 40	3212 MB 12 SC 30	3214 HF 21 ZA 20	4111 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 40	4112 MB 8 SC 30	4114 HF 20 ZA 20	4211 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 35	4212 MB 5 SC 25	4214 HF 18 ZA 20
	E2	3121 MB 16 ZA 40	3122 MB 12 SC 30	3124 HF 21 ZA 25	3221 MB 15 ZA 35	3222 MB 10 SC 30	3224 HF 21 ZA 20	4121 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 30	4122 MB 8 SC 25	4124 HF 20	4221 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 25	4222 MB 5 SC 22	4224 HF 18
	E3	3131 MB 16 ZA 25	3132 MB 12 SC 22	3134 HF 21 ZA 20	3231 MB 15 ZA 20	3232 MB 10 SC 22	3234 HF 21	4131 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 20	4132 MB 8 SC 20	4134 HF 20	4231 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 20	4232 MB 5 SC 20	4234 HF 18

Espesores mínimos en cm

MB Mezclas bituminosas
 HF Hormigón de firme
 SC Suelocemento
 ZA Zahorra artificial

Nota. Fuente: Ministerio de Fomento (2003) Norma 6.1 IC: Secciones de Firmes, España

Así, se tienen 3 opciones de sección de firme, de las cuales se escoge la primera opción (4131) formada por 20 cm de zahorras artificiales y 10 cm de mezcla bituminosa.

Figura 51. Paquete de firme seleccionado

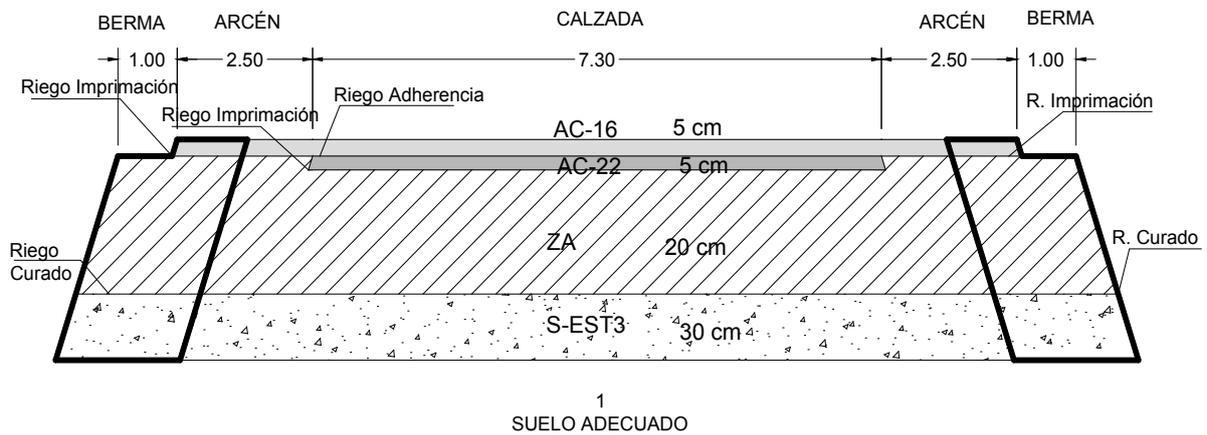


Nota. Fuente: Ministerio de Fomento (2003) Norma 6.1 IC: Secciones de Firmes, España

En cuanto a la mezcla bituminosa, se recurre a la tabla 542.10 de la Orden Circular 24/2008, la cual establece el tipo de mezcla a utilizar en función del tipo y espesor de capa. En este caso se opta por seleccionar una mezcla AC16 de 5 cm en rodadura y una mezcla A22 de 5 cm en capa intermedia. (Ministerio de Fomento, Orden Circular 24/2008 , 2008),

El arcén tendrá una capa de 5cm de mezcla AC-16. Debajo del pavimento del arcén se dispondrá zahorra artificial hasta alcanzar la explanada. La berma a su vez, estará compuesta de zahorra artificial hasta alcanzar la explanada.

Figura 52. Detalle de nueva Sección Transversal. Propuesta D



Nota. Elaboración Propia

Valoración económica

Tabla 48. Valoración económica de la propuesta D

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
TRAMO 1					
Movimientos de tierras					
0001	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	4833,60	8,00	38688,13
Firme					
0002	Relleno con zahorra y compactación	m3	3498,00	21,83	76354,34
0003	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	895,97	46,80	41931,16
0004	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	15264,00	0,25	3846,53
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	1505,47	49,20	74068,88
0006	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	7738,00	0,25	1949,98
0007	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	15794,00	0,25	3980,09
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3180,00	0,62	1984,32
SUBTOTAL					\$ 242.803,43
TRAMO 2					
Movimientos de tierras					
0001	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	4560,00	8,00	36498,24
Firme					
0002	Relleno con zahorra y compactación	m3	3300,00	21,828	72032,40
0003	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	845,25	46,8	39557,70
0004	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	14400,00	0,252	3628,80
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	1420,25	49,2	69876,30
0006	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	7300,00	0,252	1839,60
0007	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	14900,00	0,252	3754,80
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3000,00	0,624	1872,00
SUBTOTAL					\$ 229.059,84
TRAMO 3					
Movimientos de tierras					
0001	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	5152,80	8,00	41243,01
Firme					
0002	Relleno con zahorra y compactación	m3	3729,00	21,83	81396,61
0003	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	955,13	46,80	44700,20
0004	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	16272,00	0,25	4100,54
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	1604,88	49,20	78960,22
0006	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	8249,00	0,25	2078,75
0007	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	16837,00	0,25	4242,92
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3390,00	0,62	2115,36
SUBTOTAL					\$ 258.837,62

TRAMO 4					
Movimientos de tierras					
0001	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	4879,20	8,00	39053,12
Firme					
0002	Relleno con zahorra y compactación	m3	3531,00	21,83	77074,67
0003	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	904,42	46,80	42326,74
0004	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	15408,00	0,25	3882,82
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	1519,67	49,20	74767,64
0006	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	7811,00	0,25	1968,37
0007	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	15943,00	0,25	4017,64
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3210,00	0,62	2003,04
SUBTOTAL					\$ 245.094,03
TRAMO 5					
Movimientos de tierras					
0001	Relleno y compactación con suelo estabilizado S-EST3	m3	4924,80	8,00	39418,10
Firme					
0002	Relleno con zahorra y compactación	m3	3564,00	21,83	77794,99
0003	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-22 en capa de rodadura	ton	912,87	46,80	42722,32
0004	Riego de imprimación sobre capa de zahorra	m2	15552,00	0,25	3919,10
0005	Mezcla bituminosa en caliente tipo AC-16 en capa de rodadura	ton	1533,87	49,20	75466,40
0006	Riego de adherencia sobre capa intermedia	m2	7884,00	0,25	1986,77
0007	Riego de curado sobre capa de suelo S-EST3	m2	16092,00	0,25	4055,18
Señalización vertical y horizontal					
0008	Marca vial reflexiva blanca de 10cm de ancho	m	3240,00	0,62	2021,76
SUBTOTAL					\$ 247.384,63
TOTAL					\$ 1.223.179,55
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					

Nota. Elaboración Propia

Resumen de las Soluciones Elegidas

Con las diferentes propuestas se ha intentado dar solución a cada uno de los aspectos analizados para cada tramo crítico.

Se han planteado 4 propuestas, las cuales incluyen:

- La mejora de trazado mediante la modificación de alineaciones actuales para que cumpla con los valores establecidos en normas.
- Mejora de la señalización mediante colocación de señalización vertical fija en forma de placas y señalización dinámica con avisadores de velocidad, además de señalización de curva peligrosa.
- Mejora de las condiciones del pavimento, en tramos donde se identificaron roturas longitudinales, agrietamiento en piel de cocodrilo, pavimento deslizante, blandones, baches.
- Eliminación de obstáculos en márgenes para mejorar la visibilidad. Se propone la eliminación de árboles, arbustos, y taludes.
- Mejora de los accesos e intersecciones mediante implementación de vías de servicios y canalización de intersecciones.
- Modificación de la sección transversal debido a que actualmente los arcenes no cumplen con el mínimo establecido en la norma ecuatoriana y la carretera no cuenta con bermas.

Se plantean dos opciones de ejecución de las propuestas. La primera opción consiste en la ejecución de cada propuesta como alternativas independientes, dando un orden de prioridad a las mismas, en caso de que la administración correspondiente no cuente con los recursos suficientes para elaborar y ejecutar todas las propuestas como un solo proyecto. Para esto se proporciona un presupuesto referencial por separado de cada propuesta que corresponde a los indicados en el apartado de valoración económica en el desarrollo de cada propuesta.

La segunda opción que se plantea es un presupuesto en conjunto de todas las propuestas, asumiendo que se ejecutarían como un solo proyecto. Para este caso, se han modificado los presupuestos de las propuestas A, B y D al existir rubros que se duplicarían entre si tales como señalización horizontal, señalización vertical, y construcción de firmes. Así, el presupuesto referencial del conjunto de actuaciones no se ve sobredimensionado.

Puntuación y Orden de prioridad de las propuestas

Para establecer el orden de prioridad de las propuestas planteadas, se ha considerado el costo-beneficio de las soluciones. Además se ha valorado cada medida mediante los siguientes indicadores:

- Efectividad de la solución: Determina el grado de efectividad en la seguridad vial que tendrían la ejecución de las medidas propuestas.
- Impacto ambiental: Determina el grado de afección al medio ambiente y al paisaje que resultaría el aplicar cada medida propuesta.
- Impacto en el uso de la vía: Determina la magnitud de la afectación al uso normal de la vía durante la ejecución de las actuaciones propuestas medido en tiempo de cortes de vía hasta su restablecimiento para el paso normal de vehículos.
- Costo: Valoración económica de cada propuesta en relación con las demás propuestas.

Cada indicador tiene un porcentaje propio de importancia del 0 al 100%, siendo 0% el de menor peso de importancia y 100% el de mayor importancia, teniendo como criterio para establecer esta escala de importancia, los objetivos que se desean conseguir. Por lo cual se dan los siguientes pesos a cada indicador:

Efectividad de la solución = 35%

Impacto ambiental = 20%

Impacto en el uso de la vía = 15%

Costo = 30%

Por otro lado, cada propuesta se calificará para cada indicador, con puntuaciones entre 1 a 5 siendo 1 muy mala y 5 muy buena.

1 = Muy mal

2 = Mal

3 = Normal

4 = Bueno

5 = Muy bueno

Finalmente, la puntuación final de la propuesta se obtendrá de multiplicar cada indicador por el peso del mismo.

$$Puntuación\ final = \sum_{i=1}^n Puntuación_i * Peso_i$$

Aplicando la matriz multicriterial para cada propuesta, quedarían establecidas las puntuaciones como se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 49. Análisis multicriterio de las propuestas de mejora planteadas

		Efectividad	Impacto ambiental	Impacto en el uso de vía	Coste	Puntuación Total
Peso del indicador		35%	20%	15%	30%	
Valoración de cada propuesta	Propuesta A	4	2	1	3	2,85
	Propuesta B	4	4	4	4	4,00
	Propuesta C	4	3	3	5	3,95
	Propuesta D	3	3	1	2	2,40

Nota. Elaboración Propia

De esta forma, se propone como primera alternativa la propuesta B que corresponde a mejora de la señalización, obstáculos en márgenes y rehabilitación de firmes. Seguido por la propuesta C correspondiente a mejora de accesos e intersecciones. En tercer lugar la propuesta A que corresponde a la mejora del trazado y finalmente en cuarto lugar la propuesta D correspondiente a la modificación de la sección transversal.

Tabla 50. Presupuesto referencial de propuestas por orden de prioridad

Propuestas por separado

		Precio Final (dólares)	Precio Final (euros)*
Propuesta B	Señalización, obstáculos en márgenes y rehabilitación de firme	\$ 375.317,29	334.032,39 €
Propuesta C	Mejora de accesos e intersecciones	\$ 363.551,80	323.561,10 €
Propuesta A	Mejora de Trazado	\$ 511.065,14	454.847,98 €
Propuesta D	Modificación de sección transversal	\$ 1.223.179,55	1.088.629,80 €

Nota. Elaboración Propia

Tabla 51. Presupuesto referencial de propuestas en conjunto

Propuestas en conjunto

		Precio Final (dólares)	Precio Final (euros)*
Propuesta A	Mejora de Trazado	\$ 199.336,49	177.409,48 €
Propuesta B	Señalización, obstáculos en márgenes	\$ 274.278,36	244.107,74 €
Propuesta C	Mejora de accesos e intersecciones	\$ 363.551,80	323.561,10 €
Propuesta D	Modificación de sección transversal	\$1.213.183,07	1.079.732,93 €
TOTAL		\$ 2.050.349,72	1.824.811,25 €

Nota. Elaboración Propia

**Para la conversión de dólares a euros se ha utilizado la tasa de conversión vigente al momento de la elaboración del presupuesto (Mayo 2019) equivalente a 1 dólar = 0,89 euros*

Conclusiones

La carretera E35/E50 Loja-Catamayo, presenta problemas de seguridad vial referentes a su trazado en planta, señalización horizontal y vertical, peligros en los márgenes, accesos e intersecciones y sección transversal. Por lo cual se han propuesto alternativas orientadas a la corrección de esas deficiencias y así a disminuir el riesgo de ocurrencia de siniestros de tránsito.

Se han propuesto 4 alternativas de mejoras que juntas forman la solución global a los problemas identificados en los tramos críticos de la carretera, sin embargo, tomando en cuenta que la disponibilidad presupuestaria es un aspecto de importancia al momento de tomar una decisión, se ha planteado un orden de prioridades de las propuestas expuestas con la finalidad de facilitar la selección de una u otra a modo de soluciones parciales, en caso de no disponer del presupuesto para ejecutar la solución global.

Las actuaciones consideradas como más efectivas para resolver los problemas de seguridad vial existentes y con una relación costo beneficio adecuada, consisten en la mejora de la señalización actual tanto vertical como horizontal, implementación de guías sonoras laterales y centrales, colocación de avisadores de velocidad en los puntos críticos de cada tramo de análisis, rehabilitación del firme existente, y eliminación de obstáculos en los márgenes como el fin de aumentar y mejorar la visibilidad y contrarrestar las consecuencias en casos de salidas de vía.

Luego de realizar el presente trabajo, una importante conclusión obtenida es que para conocer y contrarrestar un problema de la magnitud que representan los siniestros viales, una herramienta indispensable es contar con datos confiables y de calidad que ayuden a identificar la situación actual y comprender el problema o problemas para así formular las acciones que sirvan para afrontar aquellos problemas de una forma eficiente y también para posteriormente poder evaluar la efectividad de dichas acciones.

Revisando casos prácticos y experiencias de otros países, además de diversa literatura respecto al tema, se puede concluir que la implementación y reforma de la legislación sobre seguridad vial contribuye a mejorar el comportamiento de los usuarios de las vías y así reducir los accidentes de carretera. Esta legislación debe ir acompañada de una aplicación firme de la ley y de campañas de sensibilización pública.

Además, que para lograr cambios positivos es necesario promover estrategias integrales que protejan a todos los usuarios de la vía, tales como aplicar medidas de seguridad tanto en el diseño de la infraestructura vial, como un mantenimiento oportuno y periódico.

Por último, destacar que es importante siempre tener presente que reducir los siniestros de tránsito es una responsabilidad de todos y es necesario realizar un trabajo en equipo para asegurar que las vías se diseñen, construyan y mantengan con las medidas de seguridad requeridas.

Recomendaciones

Al ser la información y los datos una herramienta indispensable para afrontar la seguridad vial de una forma eficiente y sostenible, una principal recomendación es idear mecanismos para contar con una buena gestión de datos tanto de recolección como de análisis, de siniestros viales, seguimiento a actuaciones realizadas con anterioridad y estándares técnicos de la infraestructura vial.

Se recomienda además, tomar en cuenta aspectos de seguridad vial en las diferentes fases de un proyecto de infraestructura vial, esto es tanto en su diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Finalmente, como última recomendación y posibles líneas de investigación y proyectos futuros, me gustaría mencionar la posibilidad del estudio e implementación de carreteras 2+1 en el país en vías convencionales, las cuales actualmente no existen como tales en Ecuador.

Bibliografía

- AEC. (2017). *Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020*. España: AEC.
- Agencia Nacional de Tránsito. (2018). *Estadísticas de transporte terrestre y seguridad vial*. Obtenido de <https://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas>
- BID, & AEC. (2013). *Diagnóstico de Seguridad Vial en America Latina y El Caribe: 2005-2009*. Banco Interamericano de Desarrollo y Asociación Española de la Carretera, New York.
- Camara de Comercio de Guayaquil. (Marzo de 2019). *Revista DOMUS*. Obtenido de <http://fliphtml5.com/ffsd/bpjd/basic>
- Federal Highway Administration. (2009). *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. USA. Obtenido de <http://mutcd.fhwa.dot.gov/>
- García, Y. (2017). *Análisis de los límites de velocidad legales para vehículos livianos en carreteras de Ecuador*. Universidad Técnica Particular de Loja, Observatorio de Ingeniería de Tráfico, Loja.
- Gonzalez, M. (2015). *Elaboración del mapa de tráfico y velocidad correspondiente a las vías E35, E50 y E682 del cantón Loja (tesis de grado)*. Loja, Ecuador: Universidad Particular Técnica de Loja.
- Instituto Geográfico Militar. (2013). *Geoportal*. Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec>
- International Road Assessment Programme. (2014). *Manual de Codificación para la Clasificación por Estrellas de iRAP. RAP-SR-2.2*. Londres, Reino Unido. Obtenido de http://downloads.irap.org/docs/RAP-SR-2-2_Star_Rating_coding_manual_Spanish.pdf
- LOSNIVTT, L. O. (27 de abril de 2017). Registro Oficial Suplemento 998 de 05-may-2017. Quito, Ecuador.
- LOTTTSV, L. O. (25 de junio de 2012). Decreto Ejecutivo 1196. Registro Oficial Suplemento 731 de 25-jun-2012. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Fomento. (2003). *Norma 6.1 IC: Secciones de firmes*. España.

- Ministerio de Fomento. (2008). *Orden Circular 24/2008*. España.
- Ministerio de Fomento. (2016). *Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC*. España.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2015). *Sistema Nacional de Información*. Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12)* (Vol. 2). Quito, Ecuador.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2016). *Organigrama de la Institución*. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Literal_a1_organigrama_de_la_instituci%C3%B3n-septiembre-2016.pdf.
- OMS. (2015). *Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial 2015*. Organización Mundial de la Salud, Francia.
- Pardillo Mayora, J. M. (2004). *Procedimientos de Estudio, Diseño y Gestión de Medidas de Seguridad Vial en las Infraestructuras*. España.
- Ramirez, Y., & Rojas, P. (2017). *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. Loja: UTPL.
- Rojas, P. (2017). *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Particular Técnica de Loja.
- Sabey, B., & Straughton, G. (1975). *Interacting Roles of Road Environment, Vehicle and Road User in Accidents*. Berkshire, Inglaterra.
- Tomás Jover, R., Bañon Blázquez, L., & Ferreiro Prieto, J. I. (2004). La Estabilidad del Vehículo en las Curvas: Aspectos Geométricos y su Influencia en el Coeficiente de Seguridad. *XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Zaragoza: INGEGRAF. doi:ISBN 84-95475-39-1
- Valverde Gonzalez, G. (2013). *Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial*. MOPT y COSEVI. Obtenido de

<https://www.csv.go.cr/documents/10179/20401/SEGURIDADVIAL+Manual+050314.pdf/4d181337-7fce-43bf-b412-8e8ee92eb2ae>

Vásquez, L. (2018). *Obtención de las variables fundamentales de tráfico y cálculo de las variables de segundo orden de la vía Loja-Catamayo, en los tramos km. 4+000 al km. 11+300, km. 11+300 al km. 22+000 y km. 22+000 al km. 33+300 (tesis de maestría)*. Loja, Ecuador: Universidad Particular Técnica de Loja.

Anexos

Anexo 1. Datos de siniestros de tránsito

Anexo 2. Planos

- **Modificación de Trazado en Planta – Tramo 1**
- **Modificación de Trazado en Planta – Tramo 3**
- **Modificación de Trazado en Planta – Tramo 4**
- **Modificación de accesos – Tramo 3**
- **Modificación de accesos – Tramo 5**

Anexo 1. Datos de siniestros de tránsito

Tabla 52. Puntos de siniestros de la vía Loja-Catamayo

Abscisas		Siniestros contabilizados			Total siniestros
		2014	2015	2016	
0+000,00	0+122,40	1			1
0+122,40	0+364,40				0
0+364,40	0+451,81				0
0+451,81	0+490,66				0
0+490,66	0+624,22				0
0+734,22	0+769,24				0
0+829,24	0+904,86				0
0+944,86	1+992,74				0
1+052,74	1+206,50				0
1+206,50	1+240,42				0
1+240,42	1+487,02	1			1
1+487,02	1+669,94	1			1
1+669,94	2+001,49			2	2
2+001,49	2+149,95				0
2+149,95	2+447,45				0
2+507,45	2+626,96				0
2+666,96	2+755,96				0
2+815,96	2+869,03				0
3+019,03	3+331,22		1		1
3+604,07	3+861,87				0
3+861,87	4+077,34				0
4+077,34	4+400,68				0
4+480,68	4+544,43				0
4+584,43	4+628,75				0
4+668,75	4+766,71				0
4+856,71	4+914,20		1		1
4+914,20	5+060,74				0
5+060,74	5+110,54				0
5+270,54	5+448,40				0
5+648,40	5+920,30				0
5+980,30	6+083,11				0
6+163,11	6+318,23	1			1
6+398,23	6+435,10				0
6+555,10	6+661,14				0
6+711,14	6+750,19				0
6+830,19	6+941,84				0
6+941,84	7+086,75				0
7+086,75	7+188,10				0
7+268,10	7+325,12				0

Abscisas	Siniestros contabilizados			Total siniestros
	2014	2015	2016	
7+465,12	7+541,41			0
7+641,41	7+683,85			0
7+783,85	7+975,04			0
8+055,04	8+091,89			0
8+161,89	8+294,40			0
8+394,40	8+452,93	1		1
8+552,93	8+691,28			0
8+771,28	8+815,03			0
8+815,03	8+846,80			0
8+936,80	9+042,72			0
9+192,72	9+225,80			0
9+225,80	9+327,83			0
9+327,83	9+487,81		1	1
9+597,81	9+680,46			0
9+730,46	9+807,70			0
10+057,70	10+207,20		1	1
10+307,20	10+345,57			0
10+345,57	10+525,46			0
10+525,46	10+698,41			0
10+698,41	10+773,65			0
10+773,65	10+867,25			0
10+867,25	11+189,36			0
11+189,36	11+219,70			0
11+219,70	11+301,71			0
11+301,71	11+552,89		1	1
11+552,89	11+604,64			0
11+604,64	11+648,55			0
11+688,55	11+776,77			0
11+816,77	11+901,58			0
11+961,58	11+996,43			0
12+056,43	12+276,62			0
12+276,62	12+350,29			0
12+350,29	12+457,29			0
12+457,29	12+505,01		1	1
12+505,01	12+791,74			0
12+941,74	13+074,15			0
13+114,15	13+145,52			0
13+205,52	13+282,47			0
13+382,47	13+476,15			0
13+526,15	13+612,14			0
13+662,14	13+893,80		1	1

Abscisas	Siniestros contabilizados			Total siniestros
	2014	2015	2016	
13+893,80	14+011,29			0
14+011,29	14+043,69			0
14+093,69	14+147,28		1	1
14+217,28	14+435,78	1		1
14+505,78	14+561,80			0
14+721,80	14+802,56			0
14+852,56	14+895,18			0
14+935,18	15+192,07			0
15+232,07	15+318,26			0
15+418,26	15+821,22			0
15+881,22	15+927,85			0
16+017,85	16+098,20			0
16+138,20	16+298,37			0
16+338,37	16+384,61			0
16+424,61	16+540,49	1	1	2
16+640,49	16+700,89			0
16+700,89	16+774,56			0
16+774,56	16+906,29			0
16+966,29	17+040,96			0
17+100,96	17+335,36			0
17+385,36	17+426,51			0
17+476,51	17+615,60			0
17+660,60	17+761,17	1		1
17+801,17	17+938,12			0
17+978,12	18+041,25			0
18+081,25	18+123,16			0
18+163,16	18+214,53			0
18+244,53	18+273,76			0
18+303,76	18+337,80			0
18+377,80	18+475,35			0
18+475,35	18+519,61			0
18+519,61	18+573,06			0
18+613,06	18+663,29			0
18+663,29	18+683,54			0
18+713,54	18+760,93			0
18+790,93	18+977,50			0
18+977,50	19+061,74			0
19+061,74	19+197,21			0
19+257,21	19+329,42			0
19+509,42	19+912,39			0
19+912,39	19+941,61			0

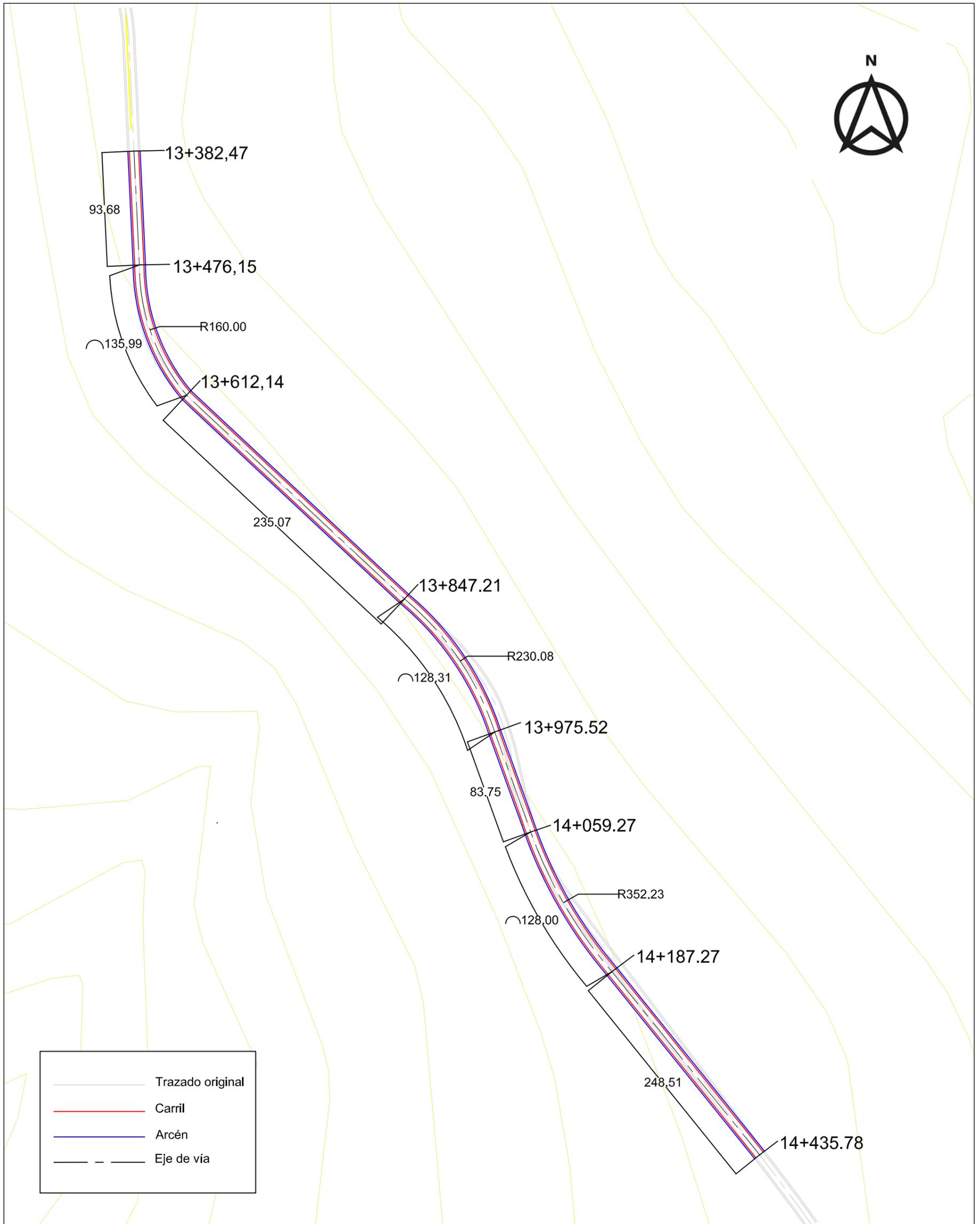
Abscisas		Siniestros contabilizados			Total siniestros
		2014	2015	2016	
19+941,61	19+972,96				0
19+972,96	20+014,65				0
20+014,65	20+035,54				0
20+035,54	20+059,06				0
20+059,06	20+122,03				0
20+162,03	20+271,42				0
20+311,42	20+364,97				0
20+364,97	20+453,50				0
20+453,50	20+498,87				0
20+498,87	20+574,54				0
20+574,54	20+851,61				0
20+891,61	20+927,85				0
20+967,85	21+046,17				0
21+046,17	21+142,45				0
21+142,45	21+187,87		1		1
21+217,87	21+293,26				0
21+323,26	21+365,19				0
21+365,19	21+474,06				0
21+474,06	21+539,49				0
21+539,49	21+616,04				0
21+616,04	21+726,43				0
21+776,43	21+814,35	1			1
21+864,35	21+967,93				0
22+017,93	22+082,50				0
22+132,50	22+177,54				0
22+277,54	22+320,11				0
22+360,11	22+399,18				0
22+399,18	22+525,27				0
22+525,27	22+629,48				0
22+659,48	22+745,62				0
22+775,62	22+843,26			1	1
22+843,26	22+908,29				0
22+908,29	23+081,91				0
23+081,91	23+141,73				0
23+141,73	23+144,61				0
23+144,61	23+204,32				0
23+299,32	23+495,07				0
23+495,07	23+542,26	1			1
23+542,26	23+607,59				0
23+607,59	23+714,31	1			1
23+714,31	23+779,25				0

Abscisas	Siniestros contabilizados			Total siniestros
	2014	2015	2016	
23+779,25	23+894,92	1		1
23+894,92	23+940,09			0
23+995,09	24+019,20			0
24+099,20	24+229,06			0
24+229,06	24+311,82			0
24+311,82	24+412,58			0
24+412,58	24+503,92			0
24+503,92	24+541,50			0
24+581,50	24+689,20			0
24+719,20	24+786,16			0
24+786,16	24+875,01			0
24+875,01	24+930,68			0
24+930,68	24+944,20			0
24+994,20	25+050,92			0
25+050,92	25+116,62			0
25+116,62	25+234,52			0
25+234,52	25+292,78			0
25+292,78	25+332,49			0
25+362,49	25+429,76			0
25+489,76	25+518,36			0
25+558,36	25+660,43			0
25+760,43	25+801,72		1	1
25+841,72	25+913,44			0
25+983,44	26+093,13			0
26+123,13	26+184,48			0
26+214,48	26+252,72			0
26+252,72	26+353,28			0
26+353,28	26+468,53			0
26+498,53	26+566,07			0
26+596,07	26+695,37			0
26+695,37	27+047,94			0
27+047,94	27+183,49			0
27+233,49	27+296,17		1	1
27+346,17	27+389,00			0
27+389,00	27+568,03			0
27+568,03	27+753,24			0
27+883,24	27+928,42	1		1
27+928,42	27+928,46			0
27+958,46	28+039,77			0
28+109,77	28+307,18		1	1
28+307,18	28+429,22			0

Abscisas	Siniestros contabilizados			Total siniestros
	2014	2015	2016	
28+429,22	28+488,89			0
28+488,89	28+533,04			0
28+533,04	28+621,28			0
28+631,28	28+709,36			0
28+719,36	28+754,01			0
28+764,01	28+951,21			0
28+981,21	29+096,78			0
29+156,78	29+241,80		1	1
29+281,80	29+494,07			0
29+564,07	29+635,04			0
29+735,04	29+779,87			0
29+819,87	29+976,21		1	1
30+006,21	30+110,56			0
30+120,56	30+238,84			0
30+268,84	30+501,61			0
30+501,61	30+720,10	1		1
30+720,10	30+784,06			0
30+784,06	30+978,85			0
30+978,85	31+235,90			0
31+235,90	31+452,38			0
31+452,38	31+560,02			0
31+560,02	31+852,72			0
31+852,72	31+958,98			0
32+003,98	32+267,02			0
32+317,02	32+341,78			0
32+361,78	32+395,06			0
32+455,06	32+525,16			0
32+570,16	32+646,16		1	1
32+671,16	32+697,61			0
32+727,61	32+818,78			0
32+818,78	32+930,62			0
32+930,62	33+046,13			0
33+046,13	33+131,30			0
33+131,30	33+263,69			0
33+263,69	33+404,55			0
33+404,55	33+508,63			0
33+508,63	33+600,49			0
33+600,49	33+718,33			0
33+718,33	33+804,78			0
33+804,78	33+897,66		1	1
33+897,66	33+984,93			0

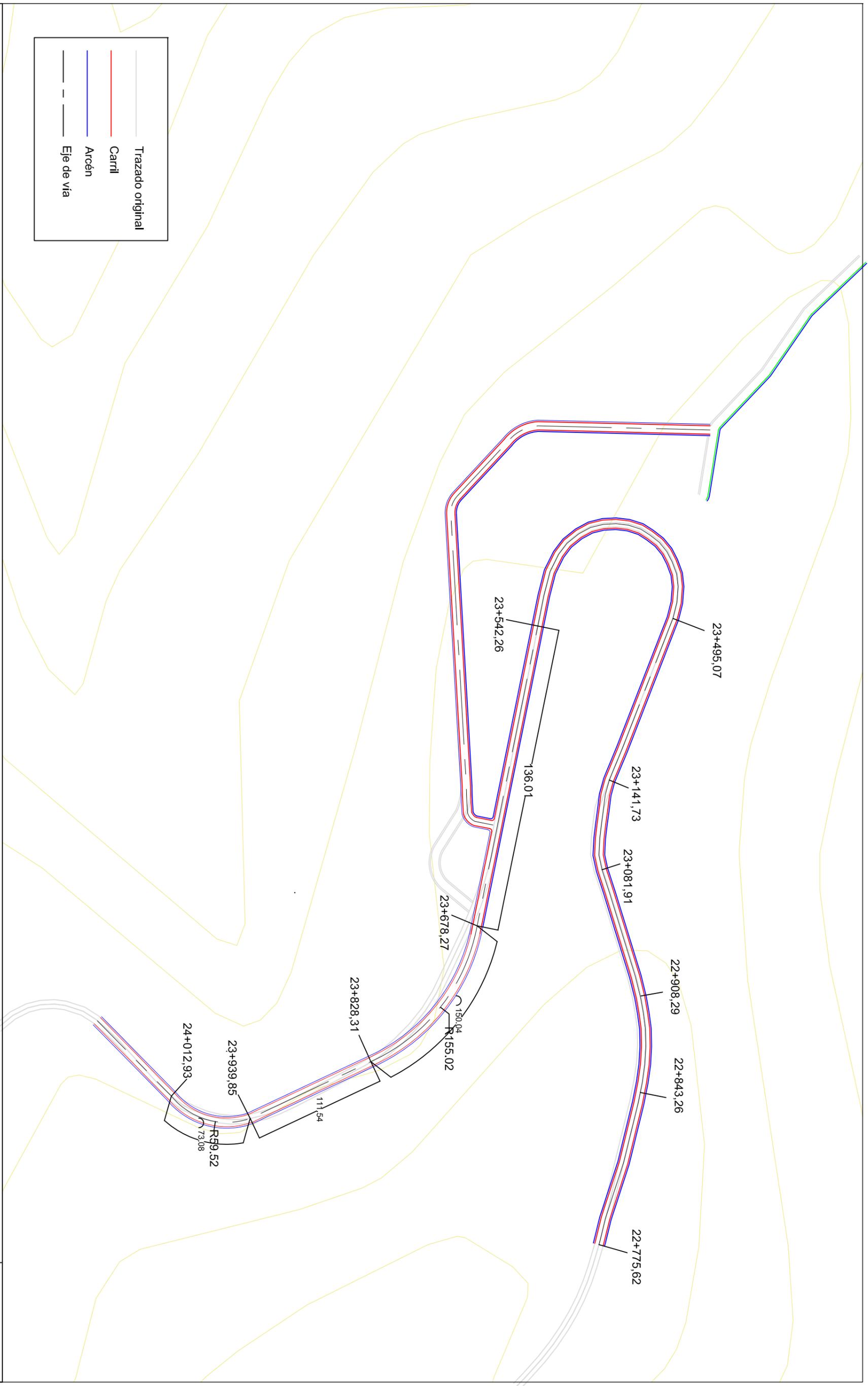
Abscisas	Siniestros contabilizados			Total siniestros
	2014	2015	2016	
33+984,93 34+057,45				0
34+057,45 34+200,84				0
34+200,84 34+890,96				0
34+890,96 35+279,12				0
Total	14	10	9	35

Nota. Fuente: Rojas, P. (2017) *Estimación del factor de calibración del módulo de predicción de accidentes del HSM en carreteras principales del cantón Loja*. UTPL, Ecuador



CONTIENE:
MODIFICACIÓN DEL TRAZADO EN PLANTA - TRAMO 1

PROYECTO:
Estudio de la mejora de la seguridad vial en la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo de la provincia de Loja, Ecuador.



	Trazado original
	Carril
	Arcén
	Eje de vía

CONTIENE:
MODIFICACIÓN DEL TRAZADO EN PLANTA - TRAMO 3

PROYECTO:
 Estudio de la mejora de la seguridad vial en la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo de la provincia de Loja, Ecuador.

POR:
 Roxana Mestanza Rosero



CONTIENE:

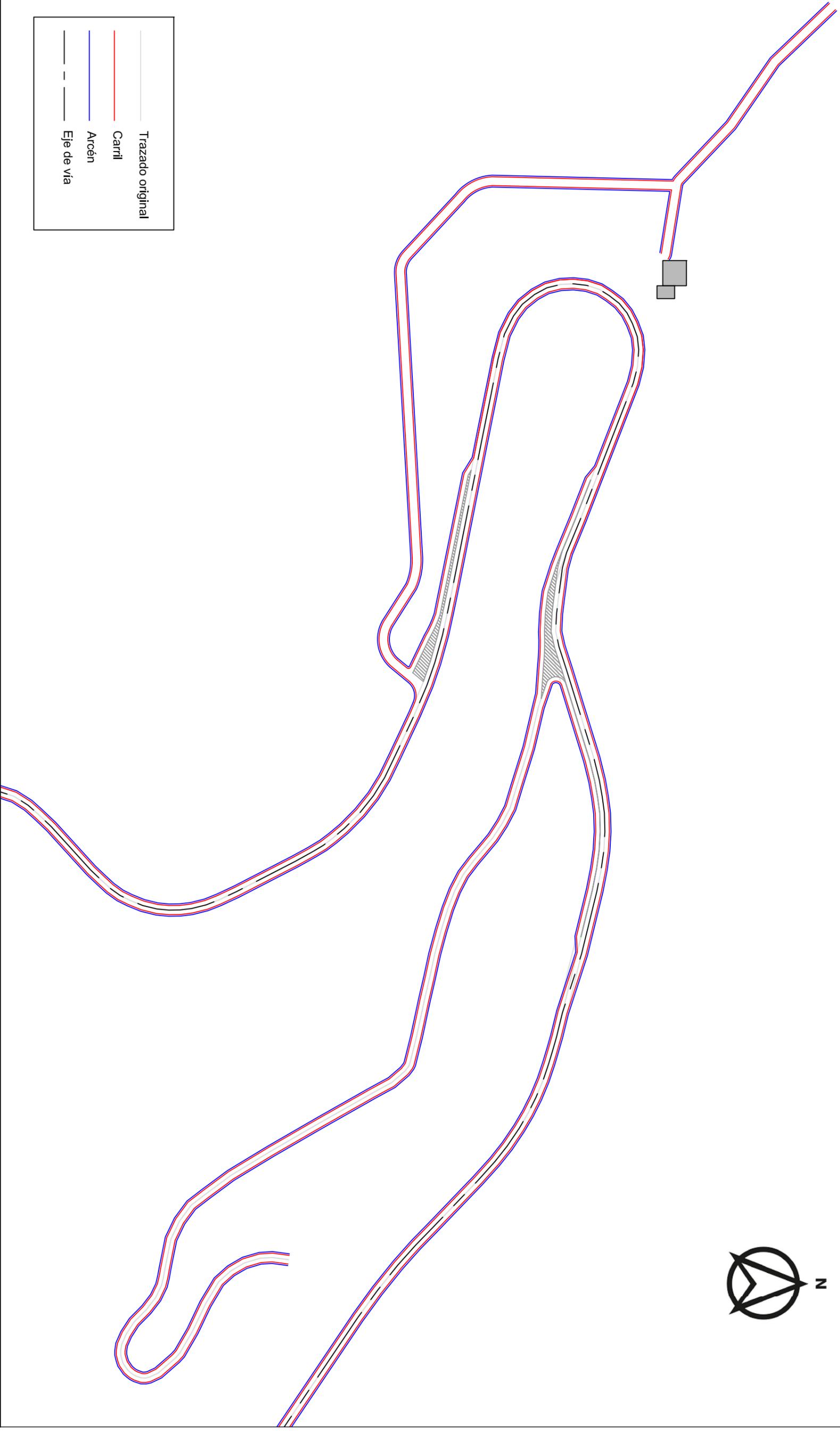
MODIFICACIÓN DEL TRAZADO EN PLANTA - TRAMO 4

PROYECTO:

Estudio de la mejora de la seguridad vial en la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo de la provincia de Loja, Ecuador.

POR:

Roxana Mestanza Rosero



CONTIENE:

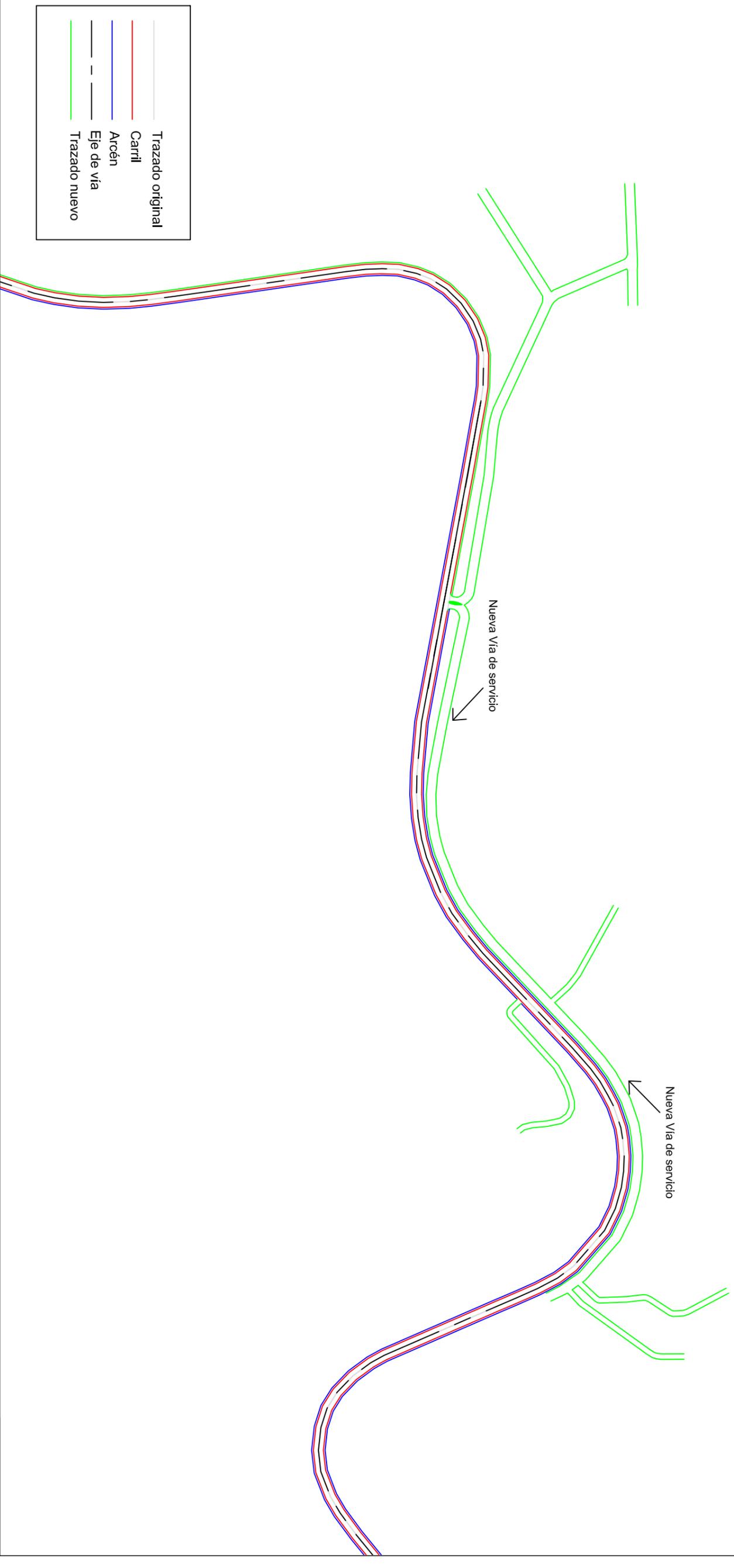
MODIFICACIÓN DE ACCESOS - TRAMO 3

PROYECTO:

Estudio de la mejora de la seguridad vial en la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo de la provincia de Loja, Ecuador.

POB:

Roxana Mestanza Rosero



CONTIENE:

MODIFICACIÓN DE ACCESOS - TRAMO 5

PROYECTO:
Estudio de la mejora de la seguridad vial en la carretera E35/E50, tramo Loja-Catamayo de la provincia de Loja, Ecuador.

POR:
Roxana Mestanza Rosero